راهنمای دیزل ژنراتور

T-030: Liquid-Cooled Generator Set Application Manual

بـخش اول :

معرفی

بـخش دوم :

طراحی اولیه

بـخش سوم :

تأثیرات بار الکتریکی بر سایزبندی ژنراتور

بـخش چهـارم :

انتخاب ابزار آلات

بـخش پـنجم :

طرح الکتریکی

بـخش ششم :

طراحی مکانیکی

بـخش هفـتم :

بررسی دقیق کیفیت نصب

۱ معرفی (Introduction) ۱۵
۱-۱ پیشگفتار (Overview) ۱۵
۱-۲ درباره ی این کتاب (About this Manual) ۱۶
۱-۳ منوال های مرتبط و کاربرد های آن ها (Related Application Manuals) ۱۷
۱-۴ امنیت (Safety) ۱۷

۲ طراحی اولیه (Preliminary Design) ۲۰
۲-۱ پیشگفتار (Overview) ۲۰
۲-۲ پیش نیازهای نیرو (Power Requirements) ۲۰
۲-۲-۱ نیازهای اولیه (General Requirements) ۲۰
۲-۲-۲ نیازهای خاص (Specific Requirements) ۲۰
۲-۲-۳ انواع و دسته بندی های سیستم ها (System Types and Ratings) ۲۱
۲-۲-۴ سیستم های اضطراری (Emergency Systems) ۲۱
۲-۳ نمودار یک خطی (The One-Line Diagram) ۲۴
۲-۴ راهنمایی هایی برای دسته بندی (میزان) نیرو در دستگاه مولد برق (Guidelines for Generator Set Power Ratings) ۲۵
۲-۴-۱ درجه بندی توان در ژنراتورهای استندبای (Standby Power Rating) ۲۵
۲-۴-۲ درجه بندی توان دستگاه های پرایم (Prime Power Rating) ۲۵
۲-۴-۳ درجه بندی توان در دستگاه های بار پایه (درجه بندی توان مداوم) (Base Load Power Rating (Continuous Power Rating)) ۲۸
۲-۵ سایز بندی (Sizing) ۲۸
۲-۶ ملاحظات مکانی (Location Considerations) ۲۹
۲-۶-۱ ملاحظات مربوط به مکان های خارجی (Outdoor Location Considerations) ۳۰
۲-۶-۲ ملاحظات مربوط به مکان های داخلی (Indoor Location Considerations) ۳۱
۲-۷ ملاحظات مربوط به انتخاب سوخت (Fuel Selection Considerations) ۳۳
۲-۷-۱ سوخت دیزل (Diesel Fuel) ۳۳
۲-۷-۲ سوخت بیودیزل (Biodiesel Fuel) ۳۴
۲-۷-۳ گاز طبیعی (Natural Gas) ۳۴
۲-۷-۴ LPG (گاز مایع) (LPG (Liquefied Petroleum Gas)) ۳۵
۲-۷-۵ گازوئیل (Gasoline) ۳۵
۲-۷-۶ سوخت های جایگزین (Substitute Fuels) ۳۵
۲-۸ ملاحظات محیطی (Environmental Considerations) ۳۶
۲-۸-۱ صدا (Noise and Noise Treatment) ۳۶
۲-۸-۲ سطوح صدا و قوانین مربوطه (Noise Levels and Regulations) ۳۷
۲-۸-۳ قوانین مربوط به تخلیه اگزوز موتور (Engine Exhaust Emissions Regulations) ۳۷

۲-۸-۴ قوانین مربوط به ذخیره سازی سوخت (Fuel Storage Regulations) ۳۷
۲-۸-۵ حفاظت در برابر حریق (Fire Protection) ۳۹

۳ تأثیرات بار الکتریکی بر سایزبندی ژنراتور (Electrical Load Impact On Generator Sizing) ۴۳
۳-۱ پیشگفتار (Overview) ۴۳
۳-۲ کاربردها و درجه بندی وظایف (Applications and Duty Ratings) ۴۳
۳-۲-۱ درجه بندی وظیفه دستگاه های مولد نیرو (Generator Set Duty Ratings) ۴۳
۳-۲-۲ کاربردهای اجباری و اختیاری (Mandated and Optional Applications) ۴۳
۳-۳ مفاهیم بارها (Understanding Loads) ۴۵
۳-۳-۱ مقدمات استارت و زیر باررفتن (Load Running and Starting Requirements) ۴۵
۳-۳-۲ متصل کردن تجهیزات به صورت پله ای (Load Step Sequencing) ۴۶
۳-۳-۳ انواع تجهیزات (Load Types) ۴۶
۳-۳-۴ شاخصه های بار (Load Characteristics) ۵۷

۴ انتخاب ابزار آلات (Equipment Selection) ۶۲
۴-۱ مرور (Overview) ۶۲
۴-۲ دینام ها (Alternators) ۶۲
۴-۲-۱ ولتاژ (Voltage) ۶۲
۴-۲-۲ عایق سازی و درجه بندی (Insulation and Ratings) ۶۳
۴-۲-۳ توضیحات مکمل (Additional Guidelines) ۶۳
۴-۲-۴ سیم کشی ها و اتصالات (Windings and Connections) ۶۵
۴-۲-۵ اصول پایه ای و برانگیختگی (Fundamentals and Excitation) ۶۷
۴-۳ موتورها (Engines) ۷۹
۴-۳-۱ دستگاه کنترل سرعت موتور (Governors) ۷۹
۴-۳-۲ سیستم های شروع موتور (Engine Starting Systems) ۸۰
۴-۴ کنترل ها (Controls) ۸۴
۴-۴-۱ پایه رله ای (Relay-Based) ۸۴
۴-۴-۲ پایه الکترونیکی (ریز پردازشگر) (Electronic (Microprocessor) Based) ۸۶
۴-۴-۳ ابزارهای الکترونیکی "اختیار کامل" (“Full Authority” Electronics) ۸۶
۴-۴-۴ گزینه های کنترل (Control Options) ۸۷
۴-۵ لوازم یدکی و گزینه ها (Accessories and Options) ۸۸
۴-۵-۱ ایمنی و اعلام کنترل (Control Safeties and Annunciators) ۸۸
۴-۵-۲ قطع کننده های مدار خط اصلی (Main-Line Circuit Breakers) ۸۹
۴-۵-۳ باتری ها و شارژر های باتری (Batteries and Battery Chargers) ۹۰
۴-۵-۴ سیستم های اگزوز و صداکش (Exhaust Systems and Mufflers) ۹۱

۴-۵-۵ پوشش (سایبان) (Housings (Canopies)) ۹۲
۴-۵-۶ پیکر بندی سرمایشی و خنک کننده جانبی(Alternative Cooling and Ventilating Configurations) ۹۳
۴-۵-۷ سیستم های نگه داری سطح روغن گریس (Lubricating Oil Level Maintenance Systems) ۹۵
۴-۵-۸ ابزارها گرمایشی استندبای برای دستگاه های مولد (Standby Heating Devices for Generator Sets) ۹۵
۴-۵-۹ مخزن های سوخت (دیزل ها) (Fuel Tanks (Diesels)) ۹۸
۴-۵-۱۰ نصب ایزوله کننده های لرزش (Mounting Vibrations Isolators) ۹۹
۴-۵-۱۱ ابزار سوئیچ نیرو (Power Switching Equipment) ۹۹
۴-۵-۱۲ نیازهای ابزار اضافی (Additional Equipment Needs) ۱۰۰

۵ طرح الکتریکی (Electrical Design) ۱۰۲
۵-۱ مرور (Overview) ۱۰۲
۵-۲ طرح های رایج سیستم های الکتریکی (Typical Electrical System Designs) ۱۰۲
۵-۲-۱ راهنمایی های کلی (General Guidelines) ۱۰۳
۵-۲-۲ لازمه ها (Requirements) ۱۰۴
۵-۲-۳ توصیه ها (Recommendations) ۱۰۴
۵-۲-۴ سیستم های ولتاژ پایین معمول (Typical Low Voltage Systems) ۱۰۵
۵-۲-۵ سیستم های ولتاژ عادی یا بالای رایج (Typical Medium or High Voltage Systems) ۱۰۹
۵-۲-۶ انتخاب مبدل مولد(Choosing a Generator Transformer) ۱۱۲
۵-۲-۷ مولد های تکی در برابر مولد های موازی (Single versus Parallel Generators) ۱۱۹
۵-۲-۸ سیستم های ترکیب شده ی مولد و کاربردی (Combined Generator and Utility Systems) ۱۲۳
۵-۲-۹ پخش نیرو (Power Distribution) ۱۲۶
۵-۳ اتصالات الکتریکی (Electrical Connections) ۱۲۹
۵-۳-۱ کلیات (General) ۱۲۹
۵-۳-۲ اتصالات نیروی AC در مولد (AC Power Connections at Generator) ۱۳۰
۵-۳-۳ رساناهای نیروی AC (AC Power Conductors) ۱۳۲
۵-۳-۴ بار عامل نیروی هادی (Leading Power Factor Load) ۱۳۷
۵-۳-۵ اتصال به زمین سیستم و امکانات (System and Equipment Grounding) ۱۳۸
۵-۳-۶ هماهنگ سازی انتخابی (Selective Coordination) ۱۴۲
۵-۴ محافظت در برابر خرابی مدار و جریان بالا با استفاده از دستگاه های مولد (Fault and Overcurrent Protection with Generator Sets) ۱۴۶
۵-۴-۱ اندازه گیری جریان شکن مدار مولد خط اصلی (Sizing a Main-Line Generator Circuit Breaker) ۱۴۶
۵-۴-۲ منابع دستگاه مولد (Generator Set Sources) ۱۴۷
۵-۴-۳ محافظت در برابر بار اضافه در مولدها (Overload Protection of Generators) ۱۴۹
۵-۴-۴ ولتاژ متوسط، تمامی کاربردها (Medium Voltage, All Applications) ۱۵۵

۶ طراحی مکانیکی (Mechanical Design) ۱۵۸
۶-۱ پایه گذاری و سوار کردن (Foundation and Mounting) ۱۵۸
۶-۱-۱ سوار کردن دستگاه مولد و ایزوله گر های لرزش (Generator Set Mounting and Vibration Isolation) ۱۵۸
۶-۱-۲ تدارکات پایه (Foundation Provisions) ۱۵۹
۶-۱-۳ پایه ی ایزوله سازی لرزش (Vibration Isolating Foundation) ۱۶۰
۶-۱-۴ ایزوله ساز های لرزش (Vibration Isolators) ۱۶۲
۶-۱-۵ مقاومت در برابر زلزله (Earthquake Resistance) ۱۶۶
۶-۱-۶ کاهش کشیدگی سیم کشی نیرو و کنترل (Power and Control Wiring Strain Relief) ۱۶۶
۶-۲ سیستم اگزوز (Exhaust System) ۱۶۷
۶-۲-۱ نکات کلی در مورد سیستم اگزوز (Exhaust System General Guidelines) ۱۶۷
۶-۲-۲ محاسبات سیستم اگزوز (Exhaust System Calculations) ۱۷۳
۶-۳ خنک کردن موتور (Engine Cooling) ۱۷۹
۶-۳-۱ لازمه ها (Requirements) ۱۷۹
۶-۳-۲ توصیه ها (Recommendations) ۱۸۳
۶-۳-۳ مرور (Overview) ۱۸۳
۶-۳-۴ انواع سیستم های سرد کننده (Types of Cooling Systems) ۱۸۴
۶-۳-۵ سیستم های خنک کننده ی تعبیه شده در کارخانه (Factory-Supplied Cooling Systems) ۱۸۷
۶-۳-۶ سیستم های خنک سازی تعبیه شده غیر کارخانه ای (Non-Factory Supplied Cooling Systems) ۱۹۲
۶-۳-۷ خنک کننده (Coolant) ۲۱۰
۶-۳-۸ ارتفاع و دمای محیط (Altitude and Ambient Temperature) ۲۱۲
۶-۳-۹ خنک سازی دینام (Alternator Cooling) ۲۱۵
۶-۳-۱۰ آلودگی سیستم خنک سازی (Cooling System Fouling) ۲۱۵
۶-۳-۱۱ قابلیت استفاده (Serviceability) ۲۱۵
۶-۳-۱۲ کاربردهای سیار (Mobile Applications) ۲۱۶
۶-۴ خنک سازی موتور (Engine Cooling) ۲۱۶
۶-۴-۱ رادیاتورهای سوار بر تخته (Skid-Mounted Radiator) ۲۱۷
۶-۴-۲ رادیاتور راه دور (Remote Radiator) ۲۱۹
۶-۴-۳ سیستم رادیاتور راه دور نوع تخلیه (Deaeration Type Remote Radiator System) ۲۲۳
۶-۴-۴ رادیاتور راه دور مجهز به سرد کننده ی یدکی (Remote Radiator with Auxiliary Coolant Pump) ۲۲۳
۶-۴-۵ رادیاتور راه دور مجهز به چشمه ی داغ (Remote Radiator with Hot Well) ۲۲۵
۶-۴-۶ خنک سازی موتور چند دوره-رادیاتورهای راه دور(Multi-Loop Engine Cooling-Remote Radiators) ۲۲۸
۶-۴-۷ رادیاتورها برای کاربردهای رادیاتوری راه دور (Radiators for Remote Radiator Applications) ۲۲۹
۶-۴-۸ خنک سازی سوخت توسط رادیاتور های راه دور (Fuel Cooling with Remote Radiators) ۲۳۴

۶-۴-۹ محاسبات مربوط به اندازه گیری لوله ی سرد کننده (Cooling Pipe Sizing Calculations) ۲۳۵
۶-۵ تهویه (Ventilation) ۲۳۸
۶-۵-۱ مرور کلی (Overview) ۲۳۸
۶-۵-۲ لازمه ها (Overview) ۲۳۹
۶-۵-۳ توصیه ها (Recommendations) ۲۴۰
۶-۵-۴ تعیین الزامات جریان هوا (Requirements) ۲۴۰
۶-۵-۵ الزامات طرح ورودی و خروجی تهویه اتاق (Recommendations) ۲۴۹
۶-۵-۶ محاسبه ی ناحیه ی جریان موثر ورودی/خروجی (Determining Airflow Requirements) ۲۵۱
۶-۵-۷ توصیه هایی در مورد طراحی ورودی و خروجی طرح (Inlet and Outlet Design Guidelines) ۲۵۲
۶-۵-۸ فشار منفی در اتاق دستگاه مولد (Negative Pressure in the Generator Set Room) ۲۵۲
۶-۵-۹ تهویه ی میل لنگ موتور (Engine Crankcase Ventilation) ۲۵۴
۶-۵-۱۰ محدودیت جریان هوا (Airflow Restriction) ۲۵۴
۶-۵-۱۱ تهویه سازی دستگاه های مولد چندگانه (Ventilating Multiple Generator Sets) ۲۵۷
۶-۵-۱۲ عملکرد دریچه (Louver Operation) ۲۵۷
۶-۵-۱۳ دیوارهای حائل (Blocking Walls) ۲۵۹
۶-۵-۱۴ فیلتر کردن هوای تهویه سازی (Ventilation Air Filtration) ۲۵۹
۶-۵-۱۵ دمای ارتفاع و محیط (Altitude and Ambient Temperature) ۲۶۰
۶-۵-۱۶ وارسی سیستم (System Verification) ۲۶۰
۶-۵-۱۷ راهنمایی های کلی (General Guidelines) ۲۶۱
۶-۵-۱۸ محاسبات جریان هوا (Air Flow Calculations) ۲۶۵
۶-۵-۱۹ آزمایش عملی سیستم های تهویه (Field Testing of Ventilation Systems) ۲۶۶
۶-۵-۲۰ تهویه ی رادیاتور سوار بر تخته (Skid-Mounted Radiator Ventilation) ۲۶۶
۶-۵-۲۱ کاربردهای انتقال دهنده تهویه سازی یا رادیاتور از راه دور (Ventilating Heat Exchanger or Remote Radiator Applications) ۲۷۰
۶-۵-۲۲ نمونه ی محاسبه ی جریان هوای تهویه (Example Ventilating Air Flow Calculation) ۲۷۱
۶-۶ ذخیره ی سوخت (Fuel Supply) ۲۷۲
۶-۶-۱ ذخیره ی سوخت دیزلی (Diesel Fuel Supply) ۲۷۲
۶-۶-۲ لوله کشی سوخت دیزلی (Diesel Fuel Piping) ۲۷۹
۶-۶-۳ مخزن سوخت زیر پایه (Sub-Base Fuel Tank) ۲۸۱
۶-۶-۴ مخزن های روز (Day Tanks) ۲۸۱
۶-۶-۵ ذخیره ی سوخت گاز (Gaseous Fuel Supply) ۲۸۲
۶-۶-۶ کیفیت سوخت گازی (Gaseous Fuel Quality) ۲۸۳
۶-۶-۷ طراحی سیستم سوخت دستگاه مولد (Generator Set Fuel System Design) ۲۸۷
۶-۶-۸ طراحی سیستم سوخت منطقه (Site Fuel System Design) ۲۸۷
۶-۶-۹ فشار سوخت محاسبات سیستم سوخت گازی(Gaseous Fuel System Calculations Fuel Pressure) ۲۹۰

۶-۷ کاهش صدا در کاربردهای دستگاه مولد (Reducing Noise in Generator Set Applications) ۲۹۷
۶-۷-۱ علم صدا (The Science of Noise) ۲۹۷
۶-۷-۲ صدای دستگاه مولد (Generator Set Noise) ۳۰۱
۶-۷-۳ کاهش صدای فرستاده شده از سازه (Reducing Structure - Transmitted Noise) ۳۰۲
۶-۷-۴ کاهش صدای هوایی (Reducing Airborne Noise) ۳۰۲
۶-۷-۵ محفظه های کاهش دهنده ی صدا (سایبان) ((Sound Attenuated Enclosures (Canopies) ۳۰۳
۶-۷-۶ عملکرد صداگیر اگزوز (Exhaust Silencer Performance) ۳۰۴
۶-۸ محافظت در برابر آتش سوزی (Fire Protection) ۳۰۵
۶-۹ طرح اتاق امکانات (Equipment Room Design) ۳۰۶
۶-۹-۱ ملاحظات کلی (General Considerations) ۳۰۶
۶-۹-۲ نصب های روی سقف (Roof-top Installations) ۳۰۷

۷ بررسی دقیق کیفیت نصب (Installation Quality Audits) ۳۰۹

۷-۱ لیست بررسی شروع به کار مسکونی و صنعتی سبک (Residential and Light Commercial Startup Checklist) ۳۰۹
۷-۱-۱ اطلاعات عمومی (General Information) ۳۰۹
۷-۱-۲ نصب (Installation) ۳۱۰
۷-۱-۳ کار مزد (Commissioning) ۳۱۱
۷-۱-۴ شروع تضمین CPG (CPG Warranty Imitiation) ۳۱۲
۷-۲ لیست های بررسی بازرگانی (Commercial Checklists) ۳۱۳
۷-۲-۱ سلامتی، امنیت، و محیط (Health, Safety, and Environment) ۳۱۳
۷-۲-۲ جزئیات پروژه (Project Details) ۳۱۴
۷-۲-۳ تهویه سازی، ساختمان، یا اتاق (Ventilation, Building, or Room) ۳۱۶
۷-۲-۴ پایه گذاری، سوار کردن، و محفظه (Foundation, Mounting, and Enclosure) ۳۱۹
۷-۲-۵ سیستم سوخت (Fuel System) ۳۲۰
۷-۲-۶ سیستم روغن روان سازی (Lubrication Oil System) ۳۲۳
۷-۲-۷ آژیر های هشدار و حسگر ها (Alarms and Sensors) ۳۲۴
۷-۲-۸ سیستم اگزوز (Exhaust System) ۳۲۵
۷-۲-۹ سیستم شروع به کار (Starting System) ۳۲۹
۷-۲-۱۰ سیستم خنک کننده (Cooling System) ۳۳۱
۷-۲-۱۱ قابلیت سرویس دهی (Serviceability) ۳۳۶
۷-۲-۱۲ سیستم الکتریکی (Electrical System) ۳۳۷
۷-۲-۱۳ محافظت الکتریکی (Electrical Protection) ۳۴۲
۷-۲-۱۴ قابلیت سرویس دهی (Serviceability) ۳۴۴
۷-۲-۱۵ تصاویر (Pictures) ۳۴۵

۷-۲-۱۶ ترسیم ها (Drawings) ۳۴۷
۷-۲-۱۷ خلاصه (Summary) ۳۴۸

ضمیمه ی A. اندازه گیری دستگاه های مولد با استفاده از "جن سایز(Appendix A. Sizing Generator
(™ Sets with GenSize **۳۵۰**
A.1 مرور (Overview) ۳۵۱
A.1.1 برنامه ها (Applications) ۳۵۲
A.1.2 نصب Power Suite (Installing Power Suite) ۳۵۲
A.2 شاخصه های پروژه (Project Parameters) ۳۵۳
A.2.1 تعداد دستگاه های مولد در موازات در حال کار (Number of Generator Sets Running In Parallel) ۳۵۳
A.2.2 ظرفیت/بار حداقلی دستگاه مولد (Minimum Genset Load/Capacity) ۳۵۴
A-2-3 انحراف حداکثر ولتاژ (راه اندازی و نقطه اوج) ((Maximum Voltage Dip (Starting and Peak ۳۵۵
A.2.4 افت فرکانس حداکثری (Maximum Frequency Dip) ۳۵۵
A.2.5 ارتفاع و دمای محیط (Altitude and Ambient Temperature) ۳۵۵
A.2.6 کاهش صدا (Sound Attenuation) ۳۵۵
A.2.7 حداکثر افزایش دمای دینام (Maximum Alternator Temperature Rise) ۳۵۵
A.2.8 سوخت (Fuel) ۳۵۶
A.2.9 فرکانس (Frequency) ۳۵۶
A.2.10 فاز (Phase) ۳۵۶
A.2.11 کارایی (Duty) ۳۵۶
A.2.12 ولتاژ (Voltage) ۳۵۷
A.3 وارد کردن بارها (Entering Loads) ۳۵۷
A.4 تعریف عبارات (Definition of Terms) ۳۵۸
A.4.1 الزامات بار در حال کار (بار انفرادی در حال کار یکنواخت) (Load Running Requirements
(Individual Load Steady-State Running ۳۵۸
A.4.2 الزامات شروع به کار بار (شروع به کار بار تکی) (Load Starting Requirements
(Individual Load Starting ۳۵۹
A.4.3 الزامات بار گام ناپایدار(بار ترکیب شده در هر گام کاربرد بار) (Transient Step Load Requirements
((Combined Load in Each Step Load Application) ۳۵۹
A.4.4 الزامات بار فراتاخت ناپایدار (بار ترکیب شده برای تمامی بارهایی که به بیشینه ی تصادفی نیروی در
حال کار نیاز دارند) Transient Surge Load Requirements (Combined Load for all Loads that Require
((Random Peak Operating Power ۳۵۹
A.5 محاسبات دقیق بار (Detailed Load Calculations) ۳۶۰
A.5.1 محاسبات بار سبک (Light Load Calculations) ۳۶۰
A.5.2 محاسبات بار تهویه هوا (Air Conditioner Load Calculations) ۳۶۲

A.5.3 محاسبات مربوط به بار شارژر باتری (Battery Charger Load Calculations) ۳۶۳
A.5.4 محاسبات بار عکسبرداری پزشکی (Medical Imaging Load Calculations) ۳۶۳
A.5.5 محاسبات بار موتور (Motor Load Calculations) ۳۶۴
A.5.6 محاسبات بار پمپ آتش (Fire Pump Load Calculations) ۳۶۶
A.5.7 محاسبه ی بار UPS (UPS Load Calculations) ۳۶۷
A.6 محاسبات بار متفرقه (Miscellaneous Load Calculations) ۳۶۸
A.6.1 محاسبات بار جوشکاری (Welder Load Calculations) ۳۶۸
A.6.2 محاسبات بار مخزن عمومی (General Receptacle Load Calculations) ۲۶۹
A.6.3 محاسبات بار تعریف شده توسط کاربر (User Defined Load Calculations) ۳۶۹
A.7 وارد کردن بارها به گام ها (Entering Loads into Steps) ۳۷۰
A.8 ملاحظات مربوط به گام بار (Load Step Considerations) ۳۷۱
A.9 راهنمایی های مربوط به ترتیب گام (Step Sequence Guidelines) ۳۷۱
A.10 توصیه ها و گزارشات (Recommendations and Reports) ۳۷۲
A.10.1 استندبای (اصلی) درجه بندی شده ی محل کارkW (Site Rated Standby (Prime) kW) ۳۷۳
A.10.2 بیشینه دینام درجه بندی شده ی محل کار (افزایش دما)kW (Site Rated Alternator Max kW) ((Temperature Rise)) ۳۷۳
A.10.3 بیشینه دینام درجه بندی شده ی محل کار (افزایش دما)kVA (Site Rated Alternator Max kVA ((Temperature Rise)) ۳۷۳
A.10.4 بیشینه ی SkW و بیشینه ی SkVA درجه بندی شده در محل کار (Site Rated Max SkW and Max SkVA) ۳۷۶
A.10.5 افزایش دما در بار کامل (Temperature Rise At Full Load) ۳۷۶
A.10.6 برانگیختگی (Excitation) ۳۷۷
A.11 گزارش ها (Reports) ۳۷۹

ضمیمه ی B. شروع به کار موتور ولتاژ کاهش یافته (Reduced Voltage Motor Starting) ۳۸۰
B.1 مقایسه ی بین روش های شروع به کار موتور(A Comparison of Motor Starting Methods) ۳۸۱
B.2 شروع به کار موتور ولتاژ کامل (Full Voltage Motor Starting) ۳۸۲
B.3 شروع به کار موتور مبدل خودکار، انتقال آزاد (Autotransformer Motor Starting, Open Transition) ۳۸۲
B.4 شروع به کار موتور مبدل خودکار، انتقال بسته (Autotransformer Motor Starting, Closed Transition) ۳۸۳
B.5 شروع به کار سیم پیچ استارت، انتقال بسته (Reactor Motor Starting, Closed Transition) ۳۸۴
B.6 شروع به کار موتور مقاومت، انتقال بسته (Resistor Motor Starting, Closed Transition) ۳۸۴
B.7 شروع به کار موتور استار–دلتا، انتقال بسته(Star-Delta Motor Starting, Closed Transition) ۳۸۵

B.8 شروع به کار موتور سیم کشی بخشی، انتقال بسته (Part Winding Motor Starting, Closed Transition) ۳۸۶
B.9 شروع به کار موتور پروانه ی چرخنده (Wound Rotor Motor Starting) ۳۸۶
B.10 شروع به کار موتور همگام سازی شده (Synchronous Motor Starting) ۳۸۷
B.11 نکات مربوط به استفاده ی عمومی (General Application Note) ۳۸۷

ضمیمه ی C. ولتاژ ها و ذخیره های جهانی (Appendix C. World Voltages and Supplies) ۳۸۹

ضمیمه ی D. فرمول های مفید (Appendix D. Useful Formulas) ۳۹۸

ضمیمه ی E. نگهداری و سرویس (Appendix E. Maintenance and Service) ۴۰۱
E.1 روزانه (Daily) ۴۰۲
E.2 هفتگی (Weekly) ۴۰۲
E.3 ماهانه (Monthly) ۴۰۲
E.4 نیم ساله (Semi-Annually) ۴۰۲
E.5 سالانه (Annually) ۴۰۲

ضمیمه ی F. مقررات و استانداردها (Appendix F. Codes and Standards) ۴۰۶
F.1 استانداردهای قابل اجرای عملکرد مربوط به دستگاه های مولد (Related Product Standards)–۴۰۷
F.2 اصلاح محصولات (Modification of Products) ۴۰۷

ضمیمه ی G. واژه نامه (Appendix G. Glossary) ۴۰۸

بخش اول

معرفی

۱ معرفی (Introduction)

۱-۱ پیشگفتار (Overview)

جهان روز به روز به انرژی الکتریکی وابسته تر می شود. منابع نیروی الکتریکی تقریباً برای تمام دستگاه ها حیاتی هستند و یک منبع الکتریکی قابل اعتماد برای اماکن و تجهیزاتی رو به رشد امروزه ضروری است. اماکنی همانند ساختمان های بزرگ اداری و کارخانه ها، تأسیسات ارتباط از راه دور، مراکز داده و اطلاعات، وا ارائه دهندگان سرویس های اینترنتی نیازمند انرژی الکتریکی ۲۴ ساعته در هفت روز هفته بدون قطعی هستند.

ازدیاد مداوم کامپیوتر در پردازش داده ها، کنترل پروسه ها، سیستم های حمایتی حیاتی و ارتباطات جهانی که همگی نیاز به جریان الکتریکی لاینقطع دارند به این نیاز روز افزون دامن می زند.

علاوه بر ضرورت قابل اعتماد بودن انگیزهای اقتصادی فراینده ای نیز ضرورت نصب مولدهای انرژی ثابت را ایجاب می کند. در نتیجه شاهد نصب شدن دستگاه های مولد انرژی در ساختمان های جدید و نیز به روز کردن تجهیزات می باشیم. این مولدها برق اضطراری را در شرایط قطعی برق تأمین کرده و نیز در صورتی که قوانین محلی منطقه اجازه دهند باعث کاهش هزینه ی برق خواهند شد.

به دلیل نقش پر اهمیت شان مولدهای الکتریکی باید شخصی سازی شده و به شیوه ای به کار بروند که انرژی الکتریکی را به میزان کیفیت و کمیت مورد نیاز تأمین کنند.

تأمین انرژی الکتریکی برای جوامعی که قابلیت دسترسی به شبکه ی برق سراسری را ندارند و نیز سایت هایی که به دلایلی در برحه ای از زمان دسترسی به این شبکه را ندارند امروزه به جای یک امر تجملی تبدیل به یک ضرورت شده است.

هدف از استفاده از نیروی برق در سایت (ژنراتور ثابت) on–site powerهر چه که باشد قابل اعتماد بودن تجهیزات ژانراتور و هزینه ی تولید نیرو از نخستین دغدغه های مصرف کنندگان است. هدف از این کتاب راهنمایی کردن طراحان سیستم در انتخاب تجهیزات مناسب برای تأسیسات مشخص و طراحی تأسیسات به گونه ای است که نیازهای سیستم را برآورده کند.

۱-۲ درباره ی این کتاب (About this Manual)

این کتاب به بحث در مورد مشخصات و کاربردهای دیزل ژنراتورهای احتراق جرقه ای ثابت، خنک شونده با مایع می پردازد. این کتاب شامل هفت فصل اصلی: طراحی اولیه، تأثیر بار الکتریکی بر سایزبندی ژنراتور، انتخاب تجهیزات، طراحی الکتریکی، طراحی مکانیکی و ضمایم می باشد.

فصل طراحی اولیه به بحث در مورد الزامات اولیه برای یک پروژه ی دستگاه مولد برق می پردازد. نیازهای تجهیزاتی و تأسیساتی بر طبق دلایل نیاز به ژنراتور و کاربرد مورد نظر آن متفاوت است. در هنگام طراحی تأسیسات یک دستگاه مولد برق بازبینی و فهم درست این دلایل به عنوان نقطه ی آغازی در طراحی و انتخاب تجهیزات مفید است.

فصل تأثیر بار الکتریکی بر سایزبندی ژنراتور به بحث در مورد انواع مختلف بار الکتریکی ویژگی هایشان و تأثیرشان در سایزبندی دستگاه مولد برق، عملکرد و انتخاب تجهیزات می پردازد و همچنین شامل موضوع مفاهیم بار می باشد.

فصل انتخاب تجهیزات به بحث در مورد اجزای اصلی یک دستگاه مولد برق و تجهیزات مرتبط، عملکردها و ارتباط متقابل آن ها و معیارهای انتخابشان می پردازد. همچنین به طور مفصل به ویژگی های کاربردی، معیارهای انتخاب و تجهیزات اختیاری مورد نیاز می پردازد.

طراحی الکتریکی شامل مباحثی در طراحی تأسیسات ژنراتور و سیستم های الکتریکی مرتبط، وجه مشترکشان با تأسیسات و نیز بارها و موضوعات مرتبط با محافظت از ژنراتور می باشد. طراحی الکتریکی سیستم ژنراتورهای ثابت برای عملکرد مناسب سیستم و قابلیت اعتماد آن حیاتی است.

طراحی مکانیکی شامل مباحثی در طراحی مکانیکی دستگاه مولد برق و سیستم های مکانیکی مرتبط و وجه مشترکشان و یا تأسیسات می باشد. طراحی مکانیکی سیستم های مولد برق ثابت برای عملکرد مناسب سیستم و قابل اعتماد بودنش ضروری است. موضوعات این بخش شامل فونداسیون و پایه، سیستم های اگزوز، سیستم های خنک کاری، تهویه، سیستم های سوخت رسانی، کاهش صدا محافظت در برابر آتش سوزی و اتاق تجهیزات می باشد.

بخش ضمایم شامل موضوعات مفید متعددی از جمله نگاهی کلی به Gensize می باشد.

این کتاب نحوه ی استفاده از ژنراتورهای ثابت را توضیح می دهد. این کتاب کاربرد ژنراتورهای ثابت را برای مقاصدی که نیاز به ژنراتورهای متحرک هست که عموماً برای این نوع مقاصد تولید نشده اند توضیح نمی دهد. شرکت کامینز CPG هیچگونه استفاده متحرک از محصولات خود را مگر در مواردی که به صورت خاص برای این مقاصد تهیه و تست شده اند را توصیه نمی کند. در صورت تمایل توزیع کنندگان و یا مشتریان شرکت کامینز برای استفاده از ژنراتوزهای ثابت در مقاصد متحرک دیگر، این عمل باید پس از آنالیزهای گسترده، آزمایشات و گفتگو با مصرف کننده ی نهایی و با در نظر گرفتن محدودیت ها در طراحی، استفاده و عمر مفید ژنراتور انجام شود. به این دلیل که شرکت کامینز ویژگی های محصولاتش را در مواجهه با شرایط متحرک تأیید نمی کند این تصمیم با مسئولیت و رضایت خود مشتری گرفته می شود. مشتری ها در قبال طراحی و عملکرد تأسیسات خود مسئول هستند.

۱-۳ منوال های مرتبط و کاربرد های آن ها (Related Application Manuals)

تأسیسات هر دستگاه مولد برق نیاز به تجهیزاتی برای انتقال نیرو دارد که عبارتند از سوئیچ های انتقال و یا جعبه تقسیم موازی. سیستم مناسب برای کار و به کار بردن صحیح آن برای عملکرد ایمن و مطمئن ضروری است. کتاب پیش رو جنبه های مرتبط با سیستم های برق اضطراری و استندبای را مورد بحث قرار می دهد. به این دلیل که کتاب پیش رو تصمیاتی را که در مراحل اولیه ی پروسه ی طراحی گرفته می شوند را نیز در بر دارد این مراحل باید همگام با مراحل این کتاب مورد بازنگری قرار گیرد.

کتابچه ی راهنمای T-O11 (سیستم های انتقال نیروی اتوماتیک) – بسیاری از سیستم ها از چند منبع نیرو برای افزایش ضریب اطمینان سیستم نیروی الکتریکی استفاده می کنند. این منابع شامل سرویس های تأمین برق اصلی و سرویس های مولد جریان برق برای مواقع بحران می شوند. کتابچه ی T-O11 انواع متفاوتی از سیستم های انتقال نیروی قابل دسترس و چگونگی استفاده از آن ها را توضیح می دهد. توجه دقیق به سیستم های سوئیچ نیرو در ابتدای یک پروژه طراح را قادر به انتخاب با صرفه ترین و مطمئن ترین نوع سرویس برای تجهیزات می سازد.

کتابچه ی راهنمای T-O16(جعبه تقسیم موازی) – تجهیزات موازی باعث می شود دو یا چند دستگاه مولد نیرو با همدیگر همانند یک مجموعه ی بزرگتر عمل کنند. این عمل از لحاظ اقتصادی به صرفه تر است به ویژه هنگامی که بار کلی از 1000 KW بیشتر باشد.

تصمیم در مورد موازی کردن دستگاه ها باید در مراحل اولیه گرفته شود. مخصوصاً اگر فاکتور فضای مورد نیاز و طرح توسعه از فاکتورهای تأثیرگذار باشند.

کتابچه ی راهنمای T-O30 – (مولدهای نیروی خنک شونده ی با مایع) – تجهیزات مولد نیرو برق اضطراری را در موارد قطعی تأمین می کنند و باعث کاهش هزینه ی برق در مناطقی که سیاست های محلی اجازه می دهند می شود. به دلیل نقش با اهمیت شان مولدهای نیرو باید دارای ویژگی ها و کاربردهایی باشند به گونه ای که توانایی تأمین نیروی الکتریی را با کیفیت و میزان مورد نیاز داشته باشند.T-O30 اطلاعات مورد نیاز را به طراحان سیستم و تجهیزات در انتخاب تجهیزات متناسب با یک کاربرد خاص می دهد.

۱-۴ امنیت (Safety)

امنیت باید از موضوعات ابتدایی مورد توجه مهندسین باشد. امنیت دو جنبه دارد:

عملکرد ایمن خود دستگاه و ملحقاتش و عملکرد قابل اعتماد سیستم. عملکرد قابل اعتماد سیستم به امنیت مرتبط است زیرا تجهیزاتی که بر زندگی و مرگ افراد تأثیرگذار هستند (همانند سیستم های کنترل علایم حیاتی در بیمارستان، چراغ های خروجی اضطراری، تهویه ساختمان ها، آسانسورها، پمپ های حریق، امنیت و ارتباطات)وابسته به دستگاه مولد نیرو می باشند.

برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد قانون های حریق در آمریکای شمالی، مرکزی و اروپا به بخش مرجع تکنیکال مراجعه کنید. استانداردها و قوانین این مرجع مرتباً در حال به روز شدن می باشد و همواره نیاز به بازبینی مداوم دارد. پیروی از تمام قوانین کاربردی وظیفه ی مهندس طراح تجهیزات می باشد. ابتدائاً از پیروی از تمام قوانین محلی و دولتی اطمینان حاصل کنید.

نکته: با وجود اینکه اطلاعات موجود در این کتاب و کتاب های مشابه دقیق و مفید هستند، اما جایگزین تشخیص حرفه ای یک مهندس طراح با تجربه نمی شوند. مصرف کننده شخصاً باید تشخیص دهد که آیا سیستم اضطراری / استندبادی انتخاب شده مطابق نیازهایش هست یا نه.

بخش دوم

طراحی اولیه

۲ طراحی اولیه (Preliminary Design)

۲-۱ پیشگفتار (Overview)

در طراحی تأسیسات برای یک دستگاه مولد برق باید تجهیزات و تأسیسات را مد نظر قرار داد. این تجهیزات بنابر دلایل نیاز به دستگاه ژنراتور تولید برق و استفاده ی مورد نظر آن دستگاه متغیرند.

بازبینی و فهم این دلایل نقطه ی شروع مناسبی برای طراحی سیستم و انتخاب تجهیزات می باشد.

۲-۲ پیش نیازهای نیرو (Power Requirements)

۲-۲-۱ نیازهای اولیه (General Requirements)

نیاز به تولید برق اضطراری و استندبای معمولاً توسط نصب اجباری دستگاه

تولید نیروی برق برآورده می شود تا یا ملزومات (پیش نیازهای) قانونی ساختمان اجرا شود و یا ریسک های اقتصادی منوط به قطع برق از بین برود.

نصب اجباری برق اضطراری و استندبای از قوانین ساختمانی فدرال یا قوانین حکومتی تبعیت می کند. توجیه نصب دستگاه های مولد بر طبق این قوانین، جلوگیری از خطرهای جانی برای ساکنین می باشد. ضرورت نصب داوطلبانه ی دستگاه های استندبای برای مقاصد اقتصادی و یا به دلیل از ترس از دست دادن سرویس ها، داده ها و یا سایر دارایی های با ارزش توجیه می شود.

نصب داوطلبانه و اجباری معمولاً به دلیل کاهش هزینه های استفاده از شبکه ی برق رسانی می باشد.

۲-۲-۲ نیازهای خاص (Specific Requirements)

بسیاری از مصارف خاص نیاز به نصب مولد جریان برق دارند، بعضی از این مصارف عبارتند از: روشنایی: روشنایی چراغ های خروجی در موارد تخلیه ی اضطراری ساختمان، علایم خروجی نورانی، چراغ های امنیتی، روسنایی اتاق عمل، چراغ های گرم کن، روشنایی ماشین بالابر، روشنایی اتاق ژنراتور و غیره.

کنترل نیرو: کنترل نیرو برای دیگ های بخار، کمپرسورهای هوا، و تجهیزات دیگری که عملکردهای حساس دارند.

حمل و نقل: بالابرهای مورد استفاده آتش نشانی.

سیستم های مکانیکی: فن های کنترل دود و فشار و سیستم تخلیه ی فاضلاب و غیره...

گرمایش: گرمایش در پروسه های حساس

سرمادهی: بانک های خون، نگهداری مواد غذایی و غیره...

تولید: تأمین نیرو در پروسه های حساس در آزمایشگاه ها و پروسه های تولید دارو و ...

تهویه ی فضا: خنک سازی در اتاق تجهیزات کامپیوتر، سرمادهی و گرمایش برای افراد آسیب پذیر، تهویه ی فضاهای پر خطر، تخلیه ی آلاینده ها یا آلودگی های بیولوژیکی و ...

محافظت در برابر حریق: پمپ های آتش نشانی ، آلارم های هشدار و آگاهی دهنده.

پردازش داده ها: سیستم های UPS و خنک کننده برای جلوگیری از دست دادن داده ها، از دست دادن حافظه و نقص در برنامه.

سیستم های مراقبتی حیاتی: بیمارستان ها، اتاق های پرستاری، و تجهیزات مراقبتی دیگر

سیستم های ارتباطی: سرویس های تلفن اورژانس، پلیس، آتش نشانی و غیره.

۲-۲-۳ انواع و دسته بندی های سیستم ها (System Types and Ratings)

سیستم های تولید نیروی در سایت توسط نوع و دسته بندی تجهیزات تولید کننده طبقه بندی می شوند. تجهیزات تولید کننده به استندبای، ثابت و مداوم (کانینیوس) دسته بندی می شوند. تعریف این دسته بندی ها برای درک اینکه چه هنگام از این تجهیزات استفاده می شود مهم است. لطفاً به راهنمای دسته بندی ها در ادامه مراجعه کنید. نوع سیستم تولید کننده ی جریان در سایت و دسته ی مناسب برای استفاده بر طبق کاربرد مشخص می شود. جدول ۲ در صفحه ی ۳۶ و توضیحات زیر را ببینید.

۲-۲-۴ سیستم های اضطراری (Emergency Systems)

سیستم های اضطراری معمولاً برای امنیت جامعه مورد نیاز است و نصب آن توسط قانون اجباری است. این سیستم ها عموماً برای تأمین نیرو و روشنایی برای مدت کوتاه بوده و سه هدف را دنبال می کنند: تخلیه ی ایمن ساختمان ها، سیستم های مراقبتی حیاتی بیمارستان ها و تجهیزات حساس برای افراد آسیب پذیر، تجهیزات و سیستم های حساس ارتباطی.

معمولاً الزامات قانونی حداقل بار مورد نیاز تجهیزات را مشخص می کند.

۲-۲-۴-۱ سیستم های استندبای قانوناً مورد نیاز (اجباری) (Legally-Required Standby)

نصب اینگونه سیستم ها جهت حفظ امنیت مردم اجباراً توسط قانون انجام می شود.

مقصود اینگونه سیستم ها عموماً تأمین نیرو و روشنایی برای مدتی کوتاه در مکان هایی است که نیاز به جلوگیری از خطر یا تسهیل عملیات مقابله با آتش می باشد.

معمولاً الزامات قانونی حداقل بار مورد نیاز تجهیزات را مشخص می کند.

۲-۲-۴-۲ سیستم های استندبای اختیاری (Optional Standby)

اینگونه سیستم ها معمولاً در مکان هایی نصب می شود که امنیت مردم در مخاطره نیست اما قطع شدن برق سبب آسیب های اقتصادی یا بازده، وقفه در یک پروسه ی حساس، دردسر یا زحمت می شود. اینگونه سیستم ها معمولاً در مراکز داده، مزارع، ساختمان های صنعتی یا تجاری، یا ساختمان های مسکونی نصب می شوند. مالک سیستم اجازه ی انتخاب بار سیستم را دارد.

در اینگونه مصارف علاوه بر مولدهای جریان برق استندبای جهت تأمین برق در مواقع قطعی گهگاه از سیستم های تولید برق ثابت نیز استفاده می شود.

۲-۲-۴-۳ پرایم پاور (Prime Power)

تأسیسات پرایم پاور از مولدهای در سایت (ثابت) در نبود خطوط انتقال الکتریسیته استفاده می کند عموماً در محل هایی که خطوط انتقال قابل دسترس نیستند. یک سیستم پرایم پاور ساده حداقل از دو دستگاه مولد نیروی برق و یک سوئیچ انتقال برای جابه جایی زیر بار رفتن دستگاه ها استفاده می کند. یکی از دستگاه ها دائماً زیر بار است و دیگری به عنوان دستگاه جایگزین در صورت نقص یا تعمیر و نگهداری استفاده می شود.

یک زمان سنج تغییر دهنده درون سوئیچ انتقال، ژنراتور زیر بار را در فاصله های زمانی از پیش تعیین شده تغییر می دهد.

۲-۲-۴-۴ کاهش اوج مصرف (peak shaving)

تأسیسات کاهش اوج مصرف از مولدهای در سایت (ثابت) برای کاهش استفاده از جریان الکتریسیته با هدف کاهش هزینه های انرژی الکتریکی بهره می برد. سیستم های کاهش اوج مصرف برای استارت و کار کردن در زمان های مقتضی نیاز به یک کنترل کننده دارد، هدف این سیستم ها برطرف کردن نیاز مصرف کننده در زمان اوج مصرف است. مولدهایی که برای اهداف استندبای نصب می شوند نیز همچنین ممکن است برای کاهش اوج مصرف به کار روند.

۲-۲-۴-۵ کاهش بهای انرژی (rate curtailment)

تأسیساتی که در جهت کاهش بهای انرژی کار می کنند از مولدهای در سایت (ثابت) مطابق با توافقات انجام شده در مورد نرخ بهای انرژی الکتریکی با شبکه ی برق رسانی کابلی استفاده می کنند. در جهت مبادله ی انرژی، مصرف کننده توافق می کند که ژانراتورهای خود را با میزان بار **(KW)** مشخص در زمان مشخص استارت کرده و به شبکه برق بدهد. این میزان نباید از زمان مشخصی در سال تجاوز کند. تأسیسات استندبای نیز گهگاه برای این مقاصد استفاده می شوند.

۲-۲-۴-۶ تأسیسات تولید نیروی دائمی (Continuous base load)

تأسیسات تولید نیروی دائمی از مولدهای در سایت (ثابت) برای تولید میزان ثابتی از نیرو **(kw)** عمدتاً از طریق ارتباط متقابل با شبکه ی برق رسانی کابلی استفاده می کنند. اینگونه تأسیسات معمولاً تحت مالکیت یا کنترل شبکه ی برق رسانی کابلی عمل می کنند.

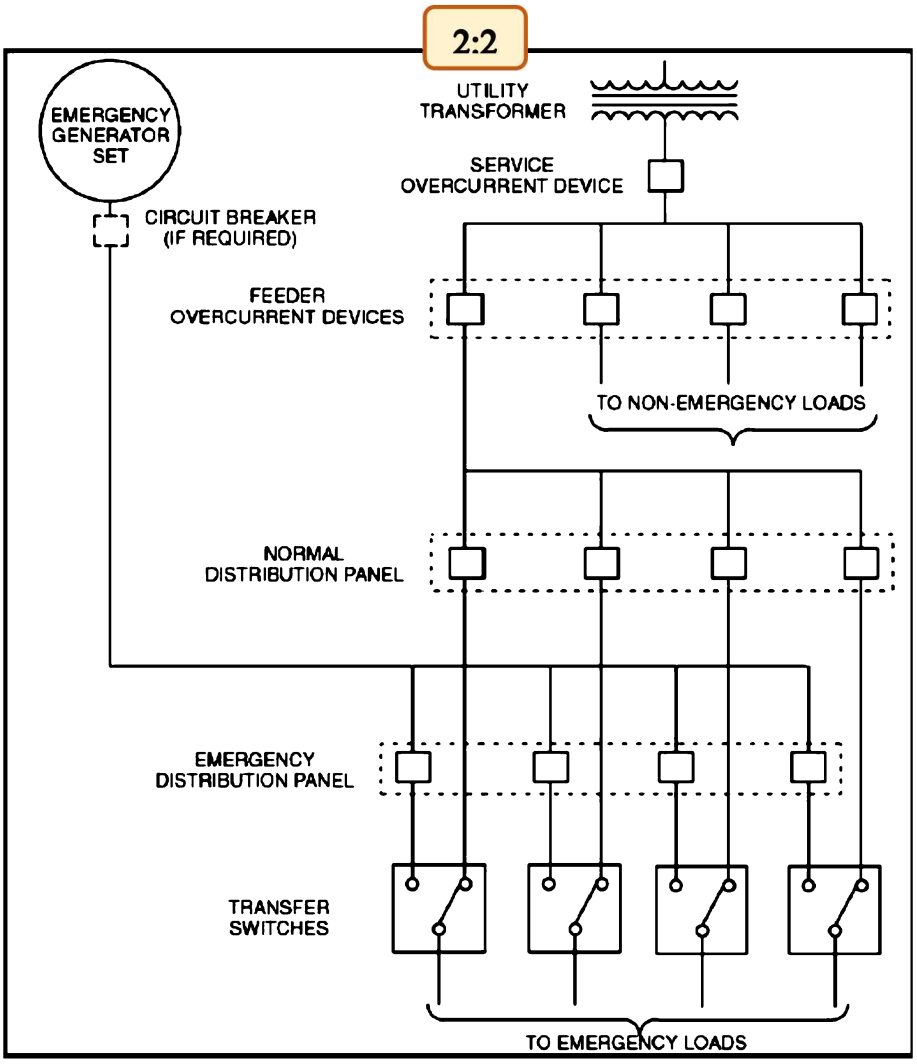
۲-۲-۴-۷ تولید نیروی مشارکتی (co – Generation)

در تولید نیروی مشارکتی اغلب از تأسیسات تولید نیروی دائمی استفاده می شود. به بیان ساده تولید نیروی مشارکتی استفاده کردن از هر دو تولید نیروی مستقیم و گرمای تلف شده برای جایگزینی انرژی تأمین شده توسط شبکه ی برق رسانی کابلی است. گرمای تلف شده گرفته می شود و یا مستقیماً استفاده می شود و یا تبدیل به الکتریسیته می شود.

جدول شماره ۱- دسته بندی و انواع سیستم

2:1

	Generator set rating		
	standby	**prime**	**continuous**
System type	Emergency	Prime power	Base load
	Legally-required standby	Peak shaving	Co-Gen
	Optional standby	Rate curtailment	



شکل ۱- نمودار یک خطی یک سیستم توزیع الکتریکی متداول

۲-۳ نمودار یک خطی (The One-Line Diagram)

یک نمودار سیستم الکتریکی یک خطی عنصر مهمی برای درک کردن سیستم و ترتیب اتصالات است. این نمودار به ویژه می تواند برای انتقال دادن اطلاعات مربوطه در زمان برنامه ریزی، نصب، استارت (شروع به کار دستگاه) و سرویس کردن دستگاه ضروری و حیاتی باشد.

اینگونه نمودارها اجزای اصلی همانند ژنراتورها، تجهیزات انتقال نیرو ، رله های محافظ، حفاظت در برابر جریان بیش از حد و شمای کلی اتصالات را به تصویر می کشند.

نمودار یک خطی باید در اولین فرصت ممکن در طول پروسه ی برنامه ریزی برای پروژه آماده شود تا به طراحی سیستم کمک کند. شکل ۱ در صفحه ی ۲۴ نمونه ی متداولی از نمودار یک خطی از یک سیستم تولید نیروی ابتدایی است.

۲-۴ راهنمایی هایی برای دسته بندی (میزان) نیرو در دستگاه مولد برق (Guidelines for Generator Set Power Ratings)

دسته بندی های نیرو برای مولدهای جریان برق توسط سازنده ی مطابق با استاندارد ISO 8528انتشار می یابند. این دسته بندی ها حداکثر شرایط بار مجاز در یک دستگاه مولد نیرو را مشخص می کنند. در صورتی که ژنراتور بر طبق این دسته بندی ها مورد استفاده قرار گیرد عملکرد و عمر (زمان بین تعمیرات (اورهال ها)) قابل قبولی خواهد داشت. برای به دست آوردن دمای نرمال و احتراق مناسب سوخت مهم است که دستگاه مولد برق با حداقل بار قابل قبول برای سیستم کار کند. شرکت کامینز توصیه می کند که دستگاه مولد برق با حداقل ۳۰٪ از توان نامی اش کار کند.

جداول ذیل انواع دسته بندی های نیروی مورد استفاده توسط مولدهای برق کامینز را توضیح می دهد شکل ۲ صفحه ۲۶ تا شکل ۵ صفحه ۲۸ سطوح بار (P1,P2,P3, etc) و زمانی را در سطوح بار (T1,T2,T3, etc) قابل قبول تحت دسته بندی های مختلف نشان می دهد.

۲-۴-۱ درجه بندی توان (میزان نیرو) در ژنراتورهای استندبای (Standby Power Rating)

دسته بندی نیرو در ژنراتورهای استندبای برای تجهیزات تولید نیروی اضطراری در مواردی که نیرو برای زمانی مشخص از قطع برق تأمین می شود استفاده می شود. این گونه ژنراتورها توانایی کارکرد اورلود مداوم را ندارند.

این دسته بندی برای تجهیزاتی که توسط یک منبع قابل اعتماد نیرودهی می شوند کاربرد دارد.

این دسته بندی کاربرد دارد برای بارهای متغیر با ضریب بار متوسط ۷۰ درصد در ۲۴ ساعت و درجه بندی استندبای برای حداکثر ۲۰۰ ساعت کارکرد در هر سال.در تجهیزاتی که عملکرد دستگاه از ۲۰۰ ساعت در سال تجاوز کند از درجه بندی های پرایم پاور باید استفاده گردد.

درجه بندی استندبای تنها برای موارد اضطراری و در دستگاه های استندبای که ژنراتور به عنوان پشتیبان نیروی برق کابلی استفاده می شود کاربرد دارد.

هیچگونه عملکرد موازی مداوم در این درجه بندی ها مجاز نیست. برای تجهیزاتی که نیاز به عملکرد موازی و مداوم دارند استفاده از درجه بندی های پرایم پاور یا بار پایه (Base Load) توصیه می گردد.

۲-۴-۲ درجه بندی توان دستگاه های پرایم (Prime Power Rating)

درجه بندی پرایم پاور برای تأمین نیروی الکتریکی در نبود نیروی الکتریکی کابلی کاربرد دارد.

میزان ساعت مجاز کار کرد در سال برای تجهیزات بار متغیر نامحدود است اما برای تجهیزات بار ثابت همانگونه که در پایین توضیح داده شده محدود می باشد (مطابق استاندارد ISO 8528)

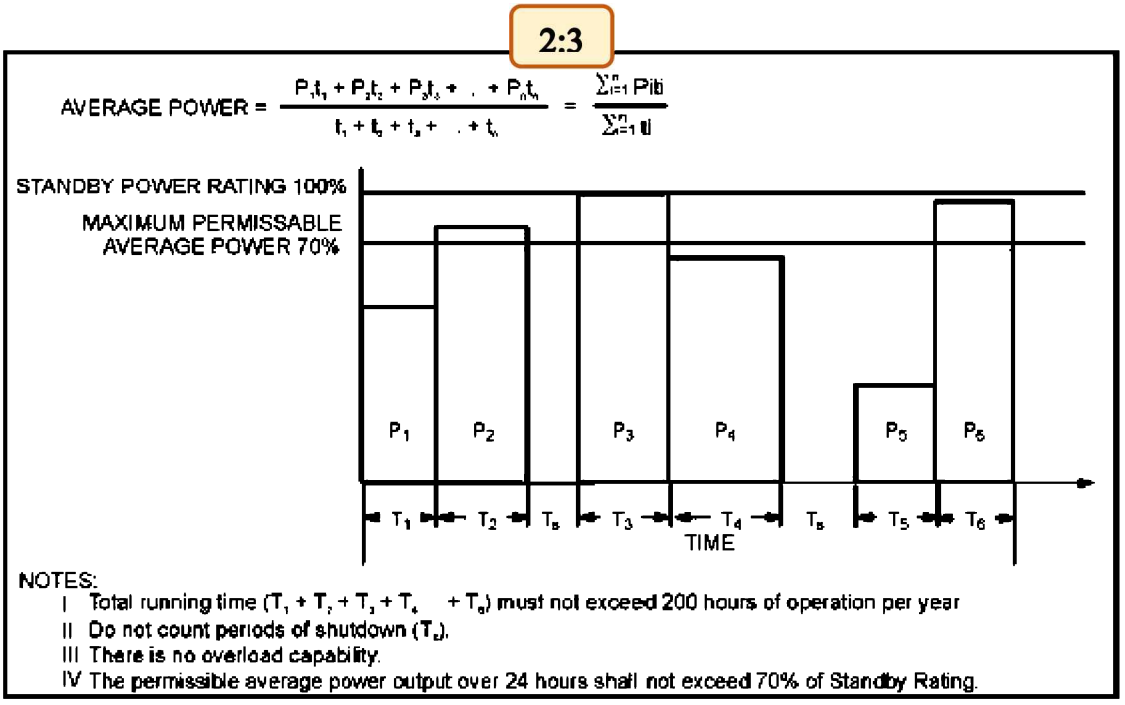
۱-۲-۴-۲ توان دستگاه های پرایم با زمان کارکرد نامحدود
(Unlimited Running Time Prime Power)

دستاه های پرایم پاور برای زیر بار بودن در سال برای ساعت های نامحدود با بار متغیر قابل استفاده است. تجهیزاتی که نیاز به هر گونه عملکرد موازی با بار ثابت دارند تابع محدودیت زمان کارکرد می باشند. در تجهیزات با بار متغیر میانگین ضریب بار نباید از ۷۰ درصد درجه بندی (میزان) پرایم پاور تجاوز کند.

۲-۲-۴-۲ توان دستگاه های پرایم با زمان کار کرد محدود
(Power Limited Running Time Prime)

پرایم پاور برای ساعت کارکرد محدودی در سال در تجهیزات بار ثابت همانند موارد وقفه، قطع بار، کاهش مصرف و کارکردهای (تجهیزات) دیگری که شامل عملکرد موازی می باشند قابل استفاده است.

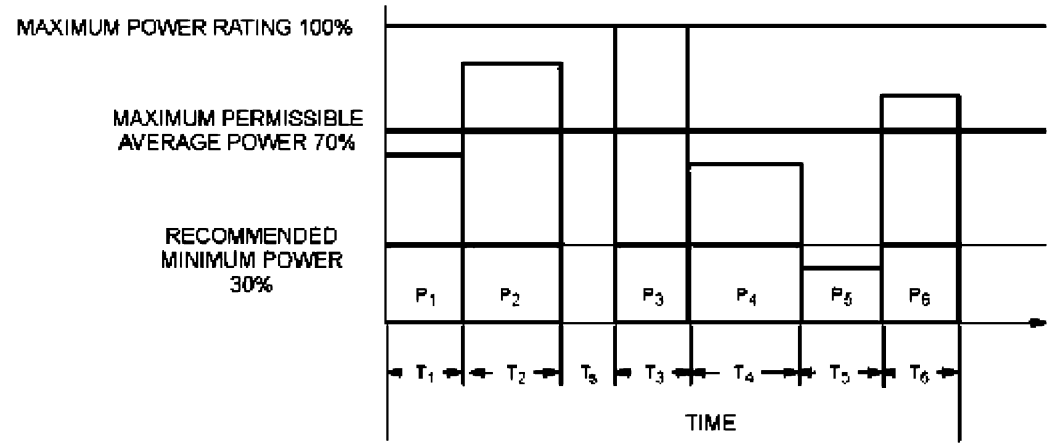
زمان کارکرد کلی در پرایم پاورهای با زمان کارکرد محدود نباید از ۵۰۰ ساعت در سال تجاوز کند. هر گونه تجهیزی که نیاز به عملکرد ژنراتور بیش از ۵۰۰ ساعت در سال را دارد باید از ژنراتور Base Load(بار پایه) استفاده کند.



شکل ۲. ارزیابی قدرت در حالت Standby

2:4

$$\text{AVERAGE POWER} = \frac{P_1t_1 + P_2t_2 + P_3t_3 + \ldots + P_nt_n}{t_1 + t_2 + t_3 + \ldots + t_n} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Piti}{\sum_{i=1}^{n} ti}$$



NOTES:

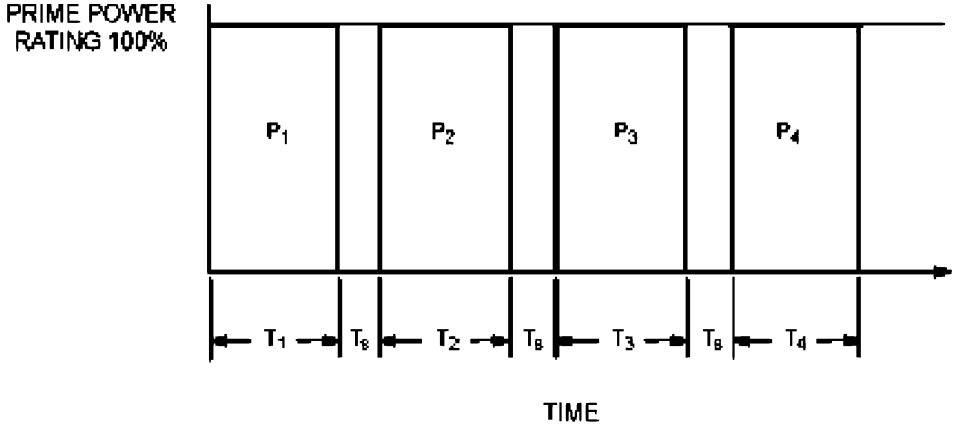
I Count loads of less than 30 percent as 30 percent (P_s).

II Do not count periods of shutdown (T_s).

III The permissible average power output over 24 hours shall not exceed 70% of Prime Rating.

شکل ۳. قدرت اصلی برای زمان در حال اجرای نامحدود

2:5

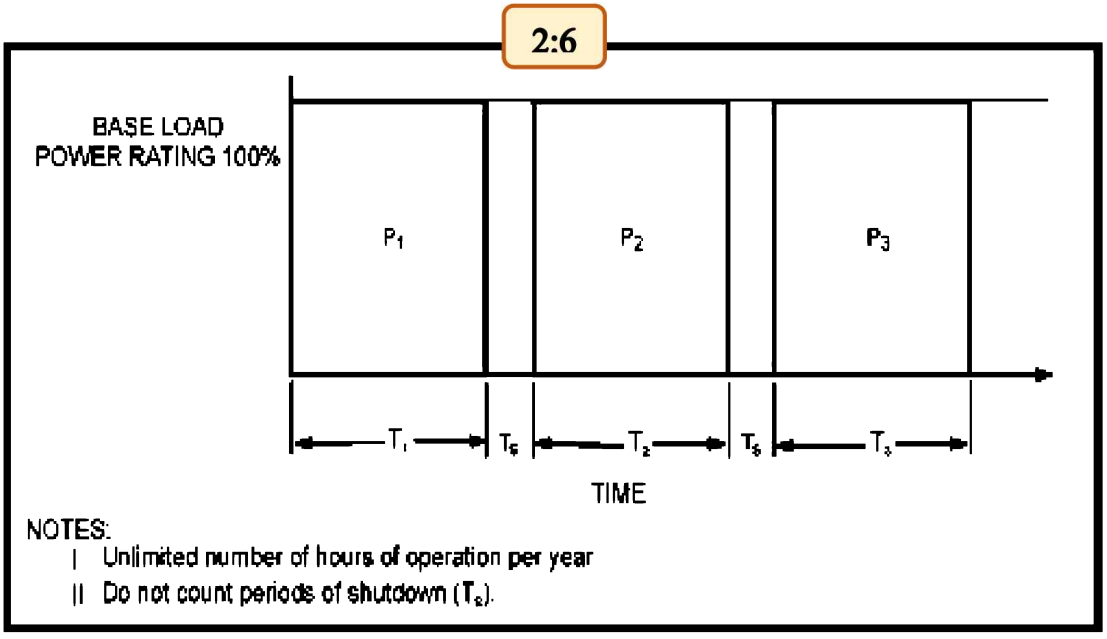


NOTES:

I Total running time ($T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + \ldots + T_n$) must not exceed 500 hours of operation per year.

II Do not count periods of shutdown (T_s).

شکل ۴.قدرت اصلی برای زمان در حال اجرای محدود



شکل ۵. قدرت بار الکتریکی اصلی

۲-۴-۳ درجه بندی توان در دستگاه های بیس لود (بار پایه) (درجه بندی توان مداوم) (Base Load Power Rating (Continuous Power Rating))

درجه بندی توان دستگاه های بیس لود برای تأمین توان مداوم و کارکرد دستگاه با توان ۱۰۰٪ در طول مدت نامحدود قابل استفاده است.

دستگاه ها در این درجه بندی توانایی کارکرد با بار بیش از حد (اورلود) به مدت طولانی را ندارند. ژنراتورهای بیس لود به صورت موازی با منابع نیروی کاملی با میزان بار ثابت برای زمان طولانی عمل می کنند.

۲-۵ سایز بندی (Sizing)

ضروری است که جدولی از میزان بار مورد نیاز در اسرع وقت جهت برآورد میزان بودجه ی پروژه تهیه شود. اگر میزان بار تمامی دستگاه ها در ابتدا در پروژه مشخص نباشد می توان بارها را تا زمانی که اطلاعات دقیق تر به دست آید تخمین زد. بار موتورهای بزرگ، UPS (منابع تولید نیروی مداوم) ها، VDF (درایو فرکانس متغیر)ها، پمپ های آتش نشانی و تجهیزات تصویربرداری تشخیص پزشکی تأثیر قابل توجهی در سایزبندی ژنراتور دارند و باید به دقت بررسی شوند. مشخصات دقیق عملکرد گذرا، شیب ولتاژ و فرکانس و زمان های ریکاوری، در طی استارت موتور و پذیرش قطع بار نیز تأثیر قابل توجهی در سایزبندی دارند. فصل ۳ در صفحه ۴۳ در این منوال که مربوط به محاسبات سایزبندی و انواع اطلاعات مورد نیاز برای گونه های مختلف تجهیزات می باشد را ببینید.

برای تخمین های اولیه یک حساب سرانگشتی محتاطانه کفایت می کند:

- موتورها – ۱/۲ اسب بخار در کیلووات.
- (منبع تغذیه برای وقفه) UPS – ۴۰٪ بزرگتر برای ۱Ø و ۶ پالس، یا ۱۵٪ بزرگتر برای ۶ پالس با فیلتر ورودی و ۱۲ پالس UPS.
- (درایو فرکانس متغیر) VFD – ۱۰۰٪ بزرگتر، در صورتی که پهنای باند مدوله سازی شده باشد ۴۰٪ بزرگتر.

هنگام زیر بار بردن ژنراتور، تقسیم بارها به مراحل مجزا یا بلوک های بار می تواند تأثیر مطلوبی در سایر ژنراتور مورد نیاز داشته باشد. استفاده از سوئیچ های انتقال متعدد یا ابزارهای دیگر (رله های تأخیری، PLC و غیره...) ضروری است تا اجازه دهد ولتاژ و فرکانس ژنراتور بین مراحل ثابت شود.

بر طبق بار کل (معمولاً بالاتر از ۵۰۰ kw)، موازی کردن ژنراتورها سودمند خواهد بود.

اگر چه عملاً ممکن می باشد اما معمولاً از لحاظ اقتصادی معقول نیست که هنگامی که بار کل ۳۰۰kw یا کمتر است ژنراتورها را موازی کنیم.

۶-۲ ملاحظات مکانی (Location Considerations)

یکی از اولین تصمیمات طراحی مشخص کردن این موضوع است که آیا مکان ژنراتور درون ساختمان است و یا خارج از ساختمان و در یک پناهگاه یا محفظه می باشد.

هزینه های کلی و راحتی نصب سیستم تولید نیرو بستگی مستقیم به چارچوب کلی موقعیت و مکان فیزیکی تمام اجزای سیستم اعم از ژنراتور، مخازن سوخت، داکتهای تهویه و دودکش ها و لوازم دیگر دارد.

برای مکان های داخلی و خارجی به مسائل زیر توجه نمائید:

- حمل و نقل ژنراتور
- موقعیت و مکان تابلوی برق و سوئیچ های انتقال
- مدارهای تقسیم برای گرم کننده ی موتور، شارژ باتری و غیره
- امنیت در برابر سیل، آتش، یخ زدگی و خرابکاری
- جلوگیری از نشت تصادفی سوخت و یا مایعات خنک کننده
- احتمال آسیب همزمان به سرویس های اضطراری و نرمال
- دسترسی آسان جهت تعمیر و نگهداری و یا بازرسی های احتمالی
- دسترسی و فضای مناسب جهت تعمیرات اساسی همانند اورهال یا تعویض قطعات
- دسترسی به (منبع نیرو) load bank جهت تست در صورت نیاز به تعمیرات، آزمایشات دقیق و یا کد (Code).

۱-۶-۲ ملاحظات مربوط به مکان های خارجی (Outdoor Location Considerations)

- صدای منتشر شده در محیط – ممکن است نیاز به سپرهای (موانع) صوتی باشد. به علاوه افزایش فاصله بین ژنراتور و مناطق حساس به اصوات مزاحم باعث کاهش دریافت اینگونه اصوات می شود. محفظه های صوتی (آکوستیک) اغلب قابل استفاده و در دسترس هستند و ممکن است مورد نیاز باشند برای برآورده کردن انتظارات مشتریان و با رعایت آیین نامه های محلی مربوط به ایجاد اصوات مزاحم.
- ممکن است محفظه های محافظت در برابر شرایط جوی همانگونه که از نامشان پیداست برای محافظت از ژنراتورها در برابر شرایط نامساعد جوی مورد نیاز باشد که علاوه بر این دیزل ژنراتور را در خود جای داده و باعث زیبایی ظاهری نیز می شوند.
- استارت و پذیرش بار در طول بازه ی مشخصی از زمان در دمای محیطی پایین نیز ممکن است مسئله ساز باشد. سیستم های اضطراری همانگونه که توسط قوانین (codes) مشخص شده نیاز دارند که دمای محیطی اطراف ژنراتور در سطح پایین نگه داشته شود.
- نمونه های این کدها NFPA 110است که نیاز دارد تا حداقل دمای محیطی اطراف ژنراتور $40°F(4°C)$ باشد و کد CSA 282 که نیاز دارد تا این دمای حداقل محیطی $50°F(10°C)$ باشد. برآورده کردن ضروریات مربوط به دمای پایین توسط یک محفظه ی چسبیده به ژنراتور غیر ممکن یا بسیار دشوار است. به همین دلیل نیاز به یک محفظه ی عایق در برابر صدا و نیز احتمالاً گرما می باشد. محفظه ای که تنها برای مقاصد صوتی تهیه شده شامل مواد عایق در برابر صداست اما ممکن است مشکل دما را برطرف نکند. پکیج های محفظه ی عایق در برابر صدا، دودکش و گرم کننده ها در صورت نیاز، قابل استفاده و در دسترس هستند.
- سیستم های گرمایشی کمکی متعددی ممکن است مورد نیاز باشد برای استارت و یا بهبود پذیرش بار حتی اگر کاربرد ژنراتور برای موارد اضطراری نباشد. ممکن است گرم کننده هایی برای باطری، موتور و یا حتی روغن مورد نیاز باشد. برای اطلاعات دقیق تر به بخش ۸-۵-۴ در صفحه ی ۹۵ مراجعه کنید.
- گرمایش و بهبود وضعیت سوخت:
- در دمای محیطی پایین سوخت دیزل ممکن است جریان مناسب نداشته باشد، ابری شود (CP نقطه ی ابر در یک مایع دمایی است که در آن ذرات جامد حل شده در مایع دیگر محلول نیستند)، و یا فیلتر هوا پمپ ها را مسدود نمایند. سوخت های مخلوط برای رفع این مشکل استفاده می شوند اما گرمایش سوخت ممکن است برای عملکرد مطمئن مورد نیاز باشد.
- نمک موجود در هوا در مناطق ساحلی ممکن است سبب خوردگی فلز در ژنراتورها، مخازن سوخت و پایه های حایل که در محوطه های خارجی نصب شده اند شود. استفاده از محافظ های آلومینیومی مانع از خوردگی و سبب افزایش مقاومت تجهیزات در مناطق ساحلی با فاصله ی تا ۶۰ مایل از آب های شور می شود.
- دسترسی برای سرویس در موارد تعمیرات اساسی، تعویض قطعات (مثلاً رادیاتور یا آلترناتور) و یا اورهال در طراحی محفظه و محل قرارگیری ژنراتور باید مد نظر قرار گیرد.

- اگر انجام این تعیمرات اساسی به دلیل ساعات کارکرد بالای دستگاه باشد، آنگاه دسترسی اهمیت بیشتری می یابد و باید دقت بیشتری در زمینه ی طراحی انجام داد. که شامل در پوش ها، دیوارهای قابل جداسازی از محفظه، فضا و تجهیزات لازم در ساختمانی در نزدیکی دیزل ژنراتور برای اورهال می باشد.
- فنس های امنیتی و موانع دید.
- دود اگزوز باید به سمت دیگری از ورودی های ساختمان و دستگاه های تهویه هدایت شود.
- رینگ یا الکترود برق گیر ممکن است مورد نیاز باشد برای هر سیستم.
- حفاظت در برابر رعد و برق

۲-۶-۲ ملاحظات مربوط به مکان های داخلی (Indoor Location Considerations)

- اتاق اختصاص داده شده – برای سیستم های تولید نیروی اضطراری: طبق قوانینی مشخص اتاق ژنراتور تنها باید به همین منظور اختصاص داده شود. همچنین باید به تأثیر جریان هوای مربوط به تهویه بر روی تجهیزات دیگر در همین اتاق همانند تجهیزات گرمایشی ساختمان توجه شود.
  - میزان محافظت در برابر حریق – قوانین به صورت مشخصی حداقل ۱ یا ۲ ساعت مقاومت در برابر آتش سوزی را توصیه می کنند – با مقامات محلی جهت تهیه ی ملزومات مورد نیاز مشورت کنید.
- فضای کاری – فضای کار در اطراف تجهیزات الکتریکی معمولاً توسط قوانین خاصی مشخص شده است. در عمل حداقل باید فاصله ی ۳ فوت (۱ متر) ی خالی در اطراف هر ژنراتور باشد. آلترناتور باید بدون جابجایی کل دستگاه یا اجزایش قابل تعویض باشد. همچنین قابلیت دسترسی برای تعمیرات اساسی (همانند اورهال یا تعویض قطعات همانند رادیاتور) باید وجود داشته باشد.
- انواع سیستم های خنک کاری – توصیه می شود از رادیاتور تهیه شده توسط کارخانه استفاده شود .پروانه ی رادیاتور می تواند در اتاق تولید فشار منفی بالایی کند. بنابراین درهای دسترسی به دستگاه باید به سمت داخل باز شوند یا بادگیر باشند تا در هنگام کار کردن پروانه قابل باز شدن باشند. برای اطلاعات بیشتر بخش ۳-۶ صفحه ۱۷۹ را ببینید.
- تهویه نیاز به حجم بالایی از هوا دارد. یک طراحی بهینه ی اتاق، هوای ورودی را مستقیماً از خارج گرفته و در جهت دیوار مقابل مستقیماً به خارج از اتاق هدایت می کند. ممکن است به پروانه های تهویه اضافی به عنوان یکی از تجهیزات اختیاری در ژنراتورهایی که دارای مبادله کننده ی گرما یا رادیاتورهای دور از دستگاه ژنراتور می باشند نیاز باشد.
- دود موتور – خروجی دود اگزوز باید در حد مقدور بالا باشد تا از بادهای شایع در اطراف ساختمان مصون باشد و نیز به سمت مخالف هوای مکشی ورودی تهویه و نیز ورودی های ساختمان هدایت شود.
- ذخیره ی سوخت و لوله کشی – آیین نامه ها و مقررات محلی شیوه های ذخیره ی سوخت در داخل ساختمان را مشخص می کنند و محدودیت هایی برای میزان ذخیره سوخت وضع می کنند. در این زمینه با فروشنده ی محلی ژنراتور کامینز تماس گرفته یا از مقامات محلی اطلاع کسب کنید. برای پر کردن مجدد مخزن سوخت باید دسترسی های لازم در نظر گرفته شود. بخش سوخت در پایین را ببینید.

- توصیه می شود که در سیستم توزیع الکتریکی منبع نیروی موقتی تدارک دیده شود.
- مکان درون ساختمان باید اجازه ی تحویل اولیه ی دستگاه، نصب و سرویس و تعمیرات بعدی را بدهد. مکان مناسب برای ژنراتور در داخل ساختمان با توجه به ملاحظات بالا باید بر روی زمینی در نزدیکی پارکینگ یا دسترسی جاده ای یا یک رمپ سرباز باشد.
- دقت کنید که تجهیزات سنگین ممکن است نیاز به جابجایی یا تعمیرات اساسی داشته باشند. همچنین تهیه و تحویل سوخت، روغن و غیره را در نظر بگیرید.
- سیستم سوخت رسانی اغلب به همراه مخازن سوخت پمپ ها و خطوط انتقال و غیره طراحی می گردند اما تعویض روانکارهای صنعتی و خنک کننده ها ممکن است دشوار شود اگر مواد ذکر شده درون بشکه تحویل شود.
- تجهیزات نصب شده روی سقف – نیاز به ملاحظات ساختاری دارند. لرزش و ذخیره / تحویل سوخت در اینگونه تجهیزاتی ممکن است مشکل ساز شوند.
- مکان های درونی عموماً نیاز به اتاق اختصاص داده شده ای دارند که ضد حریق باشد.
- تأمین جریان هوا برای اتاق داخلی ممکن است مشکل باشد. خفه کننده های آتش در داکت های اتاق های داخلی عموماً مجاز نیستند. اتاق ها دارای دو دیواره ی خارجی روبروی هم هستند که جریان هوای ورودی از روی ژنراتور عبور کرده و پس از برخورد با رادیاتور در انتهای مقابل اتاق از محوطه تخلیه می شود.
- تأسیسات ژنراتور اغلب باید شرایط آب و هوایی مختلفی را تجربه کنند. اگر چه ژنراتورها طوری طراحی شده اند که در شرایط مختلف آب و هوایی عملکرد بهینه ای داشته باشند ملاحظات خاصی را برای شرایط بد جوی باید در نظر گرفت.

۲-۶-۲-۱ محیط های ساحلی (Coastal Environment)

- نمک موجود در هوا و میعان به دلیل رطوبت بالا نیاز به توجه و دقت بیشتری دارد.
- گرم کننده های آلترناتور در محیط های مرطوب ضروری است. لازم به تذکر است که کار گرم کننده های آلترناتور دور نگه داشتن رطوبت از آلترناتور است و تنها وظیفه شان تنها تأمین هوای خنک نیست.
- جلوگیری از انباشته شدن آب در اطراف ژنراتور ضروری است. طراحی تجهیزات منحرف کننده انباشت آب برای عملکرد مطمئن و عمر ژنراتور ضروری است.
- لطفاً به بخش ۱-۳-۲-۴ در صفحه ی ۶۳ مراجعه کنید.

۲-۶-۲-۲ محیط های خشک و غبار آلود (Arid/Dusty Climates)

- اتاق ژنراتور باید در مقابل شن و گرد و خاک محافظت شود. گرد و خاک و ذرات شن تهدیدی برای عملکرد و نگهداری ژنراتور محسوب می گردند. اقدامات احتیاطی همانند فیلترهای غربال گری برای هوای سیستم تهویه توصیه می گردد. این عمل مانع از تأثیر سند بلاست "Sand blast"که علتش وجود ذرات شن موجود در هوای عبوری از روی ژنراتور و رادیاتور است می گردد. لازم به ذکر است که چنین فیلترهایی باعث محدودیت هایی در میزان جریان هوا می گردد و به همین جهت به منافذ بزرگتری برای جریان هوای ورودی و خروجی نیاز می باشد.

محدودیت های کلی، که شامل فیلترها هم می شود، باید پایین تر از سطح کلی محدودیت ها که در اطلاعات تکنیکی دستگاه ذکر شده باشد. بخش ۱۰-۵-۶ در صفحه ی ۲۵۴ را ببینید.

- در صورت نصب فیلتر بر روی سیستم های تهویه سیستم ای برای تشخیص فیلترهای مسدود شده و مانیتور کردن شرایط باید موجود باشد. نشانگرهای افت فشار را برای این منظور می توان بر روی سیستم تهویه نصب کرد. راه حل های دیگر نیز قابل قبول می باشد.
- فاصله و تعداد تیغه های رادیاتور در محیط های پر گرد و غبار مهم می باشد. تعداد زیاد تیغه در هر اینچ برای هوای پر گرد و غبار و دارای شن و ماسه غیر قابل قبول است. ذرات شن و ماسه به راحتی در رادیاتورهای با فضای کم بین تیغه ها گیر کرده و باعث تأثیر منفی بر عملکرد رادیاتور می شود. فاصله ی بیشتر بین تیغه ها به ذرات شن و گرد و غبار اجازه می دهد تا بدون به دام افتادن عبور کنند.
- سیستم باید طوری طراحی شود که قابلیت ۱۱۵٪ خنک کاری برای جبران افت عملکرد را دارا باشد. پس از تمیز کردن بر طبق توصیه ی سازنده باید ۱۰۰٪ ظرفیت رادیاتورها قابل استفاده شود، این امر به ویژه در محیط های با گرد و خاک و غبار زیاد اهمیت دارد.

۳-۲-۶-۲ ارتفاع (Altitude)

- ارتفاع بالا سبب کاهش چگالی هوا می شود. این چگالی کم تر باعث کاهش عملکرد موتور آلترناتور، سیستم خنک کاری و غیره ... می شود.
- آلترناتورهای با ولتای متوسط یا بالا ممکن است محدودیت استفاده تا ارتفاع خاصی برای جلوگیری از تخلیه ی کرونا داشته باشند.
- برای اطلاع بیشتر از شرایط در محل نصب دستگاه خود با توزیع کننده ی محلی شرکت کامینز تماس بگیرید.

۲-۷ ملاحظات مربوط به انتخاب سوخت (Fuel Selection Considerations)

انتخاب گاز طبیعی، دیزل یا LPG در سایزبندی و قابل استفاده بودن ژنراتور تأثیر می گذارد .

۱-۷-۲ سوخت دیزل (Diesel Fuel)

- سوخت دیزل برای تجهیزات استندبای و اضطراری توصیه می گردد. استاندارد ASTM D975 NO.2-D در رتبه بندی سوخت دیزل برای عملکرد خوب استارت و افزایش طول عمر موتور توصیه می گردد.
- ذخیره سازی سوخت در سایت باید فراهم گردد ولی در هر حال مخزن ذخیره ی سوخت نباید بیش از اندازه بزرگ باشد. سوخت دیزل حداکثر تا ۲ سال در مخزن دوام می آورد بنابراین مخزن باید براساس گردش سوخت بر طبق جدول زمان بندی و آزمایش سوخت در طی این مدت سایزبندی شود. ممکن است نیاز به افزودن میکروب کش باشد در صورتی که گردش سوخت پایین است و یا شرایط رطوبتی بالا سبب رشد میکروب های سوخت می شود.
- میکروب های موجود در سوخت می توانند سبب مسدود شدن فیلتر سوخت و یا آسیب موتور شوند.

- شرایط آب و هوایی سرد – از استاندارد سوخت Premium NO. 1-Dباید مورد استفاده قرار گیرد در هنگامی که دمای محیطی زیر دمای انجماد می باشد. گرم کردن سوخت ممکن است ضروری باشد برای جلوگیری از مسدود شدن فیلترهای سوخت در دماهای زیر نقطه ی ابر سوخت. تقریباً $20°F(-6°C)$ برای استاندارد NO. 2-D و $-15°F(-26°C)$برای استاندارد NO. 1-D
- ممکن است شرایط تخلیه قابل استفاده باشد. بخش ۸-۲ در صفحه ۳۶ را ببینید.

۲-۷-۲ سوخت بیودیزل (Biodiesel Fuel)

- سوخت بیودیزل از انواع منابع مختلف مثل روغن گیاهان، چربی حیوانات و روغن های خوراکی تولید می شود. به همه ی این سوخت ها اسید متیل استرهای چرب FAME می گویند.هنگامی که در موتورهای دیزل استفاده می شوند دود، توان و هزینه ی سوخت کاهش پیدا می کند. با وجود کاهش دود تأثیر استفاده این نوع سوخت در انتشار آلاینده های دیگر متفاوت است و سبب کاهش بعضی آلاینده ها و در مقابل افزایش بعضی آلاینده های دیگر می شود.سوخت بیودیزل یک سوخت جایگزین است بدین معنی که عملکرد و سطح آلاینده های موتور در هنگام استفاده از این سوخت تضمین نمی گردد.
- مخلوط حداکثر ۵٪ حجم سوخت بیودیزل با سوخت دیزل با کیفیت سبب مشکلات اساسی نمی شود. در صورتی که این میزان بالاتر از ۵٪ باشد می توان انتظار مشکلات جدی را داشت. شرکت کامینز استفاده از مخلوط سوخت بیودیزل را تأیید و یا رد نمی کند.

۲-۷-۳ گاز طبیعی (Natural Gas)

- برای اکثر سایت ها نیاز به ذخیره سوخت در – سایت نمی باشد.
- گاز طبیعی در صورت در دسترس بودن و دارا بودن جریان و فشار مناسب انتخابی با صرفه ی اقتصادی است.
- یک مخزن سوخت LPG حمایتی برای موارد اضطراری می باشد.
- گاز طبیعی در دستگاه های خاصی قابل استفاده است. در هر حال آنالیز سوخت و مشاوره با سازنده ی موتور برای تعیین کاهش احتمالی توان یا آسیب به موتور به دلیل احتراق ضعیف، بد سوزی به دلیل احتراق انفجاری و یا خوردگی ضروری است.
- احتراق انفجاری و آسیب به موتور ممکن است به دلیل افزودن موقتی بوتان برای حفظ فشار خط باشد. موتورهای گاز طبیعی نیاز به گاز تمیز، خشک و با کیفیت برای تولید نیرو و اطمینان از طول عمر مفید موتور دارند.
- پایداری فرکانس ژنراتورهای احتراق جرقه ای به خوبی ژنراتورهای دیزل نیست. پایداری فرکانس مناسب در هنگام تولید نیروی مداوم UPSاهمیت دارد.
- شرایط آب و هوایی سرد – در دماهای محیطی زیر $20°F(-7°C)$موتورهای احتراق جرقه ای نسبت به موتورهای دیزل معمولاً راحت تر استارت شده و سریع تر زیر بار می روند.

تذکر: شرکت کامینز پاور لوله کشی گاز طبیعی با فشار بالا را به درون ساختمان توصیه نمی کند. (۵Psig [۳۴KPa] یا بیشتر)

۲-۷-۴ LPG (گاز مایع) (LPG (Liquefied Petroleum Gas))

- دسترسی محلی به LPG قبل از انتخاب ژنراتور LPG باید مورد بررسی قرار گیرد.
- ذخیره ی سوخت در سایت باید تأمین گردد. LPG را می توان به صورت نامحدود ذخیره کرد.
- پایداری فرکانس موتورهای احتراق جرقه ای به خوبی موتورهای دیزل ژنراتور نیست. این مسأله در هنگام تولید بارهای UPS اهمیت دارد.
- شرایط آب و هوایی سرد – یا مخزن ذخیره ی LPGباید طوری سایزبندی شود که میزان تبخیر مورد نیاز را در پایین ترین شرایط دمای محیطی محتمل بدهد و یا هیتر تبخیر کننده باید تهیه شود.

تذکر: شرکت کامینزپاور لوله کشی کردن LPG فشار بالا (۲۰ Psig [۱۳۸Kpa] یا بیشتر) چه به صورت مایع یا گاز را به درون ساختمان توصیه نمی کند.

۲-۷-۵ گازوئیل (Gasoline)

سوخت گازوئیل به دلیل فراریت و زمان مجاز نگهداری برای ژنراتورهای

استندبای ثابت مناسب نیست.

۲-۷-۶ سوخت های جایگزین (Substitute Fuels)

به طور کلی موتورهای دیزل امکان کار کردن با سوخت های جایگزین دیگر به شرط دارا بودن روانکاری مناسب را در هنگامی که تأمین سوخت با استاندارد NO.2-Dموقتاً امکان پذیر نباشد را داراست. استفاده از سوخت های جایگزین ممکن است بر روی پوشش گارانتی عملکرد موتور و تخلیه تأثیر بگذارد.سوخت های جایگزین زیر عموماً در محدوده های توصیه شده قابل قبول می باشند.

- سوخت دیزل 1-D و 3-D
- سوخت روغن NO.2 (سوخت گرمایشی)
- سوخت توربین هواپیما درجه ی Jet A و Jet A-1 (سوخت جت تجاری)
- سوخت های توربین های گازی غیر از هواپیما. درجه های NO.1 GT و NO.2 GT
- درجه های NO.1-K و NO. 2-K از کروزین (نفت سفید)

۲-۸ ملاحظات محیطی (Environmental Considerations)

مطالب زیر در رابطه با اندازه گیری مسائل محیطی مرتبط با صدا، تخلیه ی اگزوز و ذخیره ی سوخت می باشد. برای کسب اطلاعات بیشتر به فصل ۶ صفحه ی ۱۵۸ مراجعه کنید.

۲-۸-۱ صدا (Noise and Noise Treatment)

رفع صداهای مزاحم در صورت مورد نیاز بودن باید در طراحی اولیه مد نظر قرار گیرد. عموماً شیوه های رفع صدای مزاحم هزینه های قابل توجه ای نیاز دارد و فضای مورد نیاز برای تأسیسات را افزایش می دهد. یک سیستم ژنراتور منابع ایجاد صدای بسیاری دارد که شامل فن های خنک کننده صدای موتور، و صدای اگزوز می شود. برای رفع مؤثر صداهای مزاحم تمامی این منابع تولید صدا باید مد نظر قرار گیرند. در اکثر موارد شیوه ی توصیه شده برای رفع این صداها هدایت صدا به سمتی است که افراد آن را نمی شنوند. استفاده از مافلر (صدا خفه کن) به تنهایی ممکن است در یک موقعیت مکانی مشخص منجر به کاهش صداهای مزاحم نشود. به دلیل ماهیت صدا که در جهت های مختلف پخش می شود، موقعیت جهت و فاصله ی ژنراتور نسبت به لاین ها و مکان هایی که صدا ژنراتور در آن ها مزاحم محسوب می شود باید مورد توجه قرار گیرد.

جدول شماره ۲ – لول ها (سطوح) صدا

2:7

NOISE ZONES	PEAK DAYTIME DB(A)	PEAK NIGHTTME DB(A)	CONTINUOUS DAYTIME DB(A)	CONTINUOUS NIGHTTIME DB(A)
Urben-Residential	62	52	57	47
Suburban-Residential	57	47	52	42
Very Quiet Suburban or Rural Residential	52	47	52	37
Urban-Nearby Industry	67	57	62	52
Heavy Industry	72	68	67	57

۲-۸-۲ سطوح صدا و قوانین مربوطه (Noise Levels and Regulations)

در آمریکای شمالی، قوانین ایالتی و محلی حداکثر سطوح صدا برای مناطق مختلف را مشخص می کند

جدول ۲ در صفحه ی ۳۶ بعضی قوانین مربوط به سطح صدا را نشان می دهد.

برای تطبیق با این قوانین نیاز به آگاهی از سطح صدای محیط و نیز سطح صدای تولید شده توسط ژنراتور در حالت زیر بار بودن کامل در آن محیط می باشد.

قوانین مربوط به سطح صدا همچنین برای محافظت از شنوایی کارگران می باشد. افرادی که در اتاق های ژنراتور کار می کنند باید در هنگام کار کردن ژنراتور از محافظ گوش استفاده کنند.

۲-۸-۳ قوانین مربوط به تخلیه ی اگزوز موتور (Engine Exhaust Emissions Regulations)

ژنراتورها فارغ از موارد مصرف ممکن است بر طبق قوانین محلی یا ملی تحت شرایط قوانین مربوط به تخلیه ی اگزوز قرار گیرند. جهت مطابقت با این قوانین اغلب نیاز به کسب مجوزهای خاصی می باشد.

بعضی مناطق خاص ممکن است شرایط ویژه ای در استفاده از موتورهای گاز سوز و یا تخلیه ی گازهای اگزوز داشته باشند. حتماً در مرحله ی طراحی این قوانین را چک کنید.

شکل ۶ در صفحه ی ۳۸ قوانین تخلیه ی اگزوز EAPرا برای تجهیزات غیر جاده ای نشان می دهد. لطفاً توجه کنید که این ارقام ماکزیمم محدوده بوده و براساس یک تست ۵ سیکلی اندازه گیری شده اند و نمایانگر گازهای خروجی در تمامی سطوح بار نیستند. برای آگاهی از میزان گاز خروجی دستگاه تحت بارهای ۲۵٪ ۵۰٪ ۷۵٪ و ۱۰۰٪ با توزیع کننده تماس بگیرید. همچنین توجه کنید که مقادیر گاز خروجی از اگزوز بر طبق شرایط سایت همانند دما، رطوبت،کیفیت سوخت و غیره متغیر است. فاکتورهای اصلاحی مرتبط ممکن است برای پیش بینی گازهای خروجی مورد نیاز باشد.

۲-۸-۴ قوانین مربوط به ذخیره سازی سوخت (Fuel Storage Regulations)

طراحی مخزن ذخیره ی سوخت و تأسیسات در مکان های مختلف توسط قوانینی که معمولاً به دو دلیل متفاوت نوشته شده اند کنترل می شود: حفاظت های محیطی و حفاظت در برابر حریق به دلیل وجود این قوانین (ملزم شدن به اجرا و یا معاونت از اجرای این قوانین در مناطق مختلف متفاوت است) ضروری است که از الزامات محلی آگاه شوید.

در آمریکای شمالی، قوانین حفاظت محیطی معمولاً در هر دو سطح فدرال و ایالتی وجود دارد. قوانین متفاوتی برای مخازن ذخیره سوخت در بالا و زیر سطح زمین وجود دارد.

این قوانین شامل طراحی، استانداردهای ساخت، ثبت، تست مخزن و تشخیص نشتی می شود. و همچنین شامل بودجه های مالی تأمین خسارت و جلوگیری از ریخته شدن سوخت در طبیعت می گردد. به صورت کلی معافیت از این قوانین در ۲ صورت به مخازت سوخت بالا و زیر سطح زمین اعطا می گردد. ۱) ظرفیت مخزن ذخیره ۱۳۲۰ گالن (۵۰۰ لیتر) و یا کمتر

باشد. ۲) هیچکدام از مخازن ظرفیتی بیش از ۶۶۰ گالن (۲۵۰ لیتر) نداشته باشد. ۳) سوخت در تأسیسات مصرف شود (بدون مصرف در مخازن باقی نماند)

2:8

Requirements in **black** are same as nonroad; requirements in red are unique for stationary.

NOx / NMHC / CO / PM (g/kW-hr)
(NOx+NMHC) / CO / PM (g/kW-hr) [Conversion: (g/kW-hr) x 0.7457 = g/bhp-hr]

kW	(HP)	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0 - 7	(0 - 10)		(7.5) / 6.6 / 0.40									
8 - 18	(11 - 24)											
19 - 36	(25 - 48)		(7.5) / 5.5 / 0.30					(4.7) / 5.0 / 0.03 Emergency: Stay at previous tier				
37 - 55	(49 - 74)		Opt T4i 0.30 PM: 37-55 kW				Note 6					
56 - 74	(75 - 99)		(4.7) / 5.0 / 0.40: 37-74 kW				3.4 / 0.19 / 5.0 / 0.02 Emergency: Tier 3			0.40 / 0.19 / 5.0 / 0.02 Emergency: Tier 3		
75 - 129	(100 - 173)	(4.0) / 5.0 / 0.30										
130 - 224	(174 - 301)	(4.0) / 3.5 / 0.20				2.0 / 0.19 / 3.5 / 0.02 Emergency: Tier 3			0.40 / 0.19 / 3.5 / 0.02 Emergency: Tier 3			
225 - 449	(302 - 602)	(4.0) / 3.5 / 0.20										
450 - 560	(603 - 751)	(4.0) / 3.5 / 0.20										
>560	(>751)	(6.4) / 3.5 / 0.20 Stationary >3000 hp: Tier 1				3.5 / 0.40 / 3.5 / 0.10 *0.67 / 0.40 / 3.5 / 0.10*[a] Emergency: Tier 2				3.5 / 0.19 / 3.5 / 0.04 *0.67/0.19/3.5/0.03*[b] Emergency: Tier 2		
		T2	Tier 3			Tier 4 Interim			Tier 4 Final			

a. Applies to non-emergency power gen engines >900kW (>1207hp).
b. Applies to non-emergency power gen engines >560kW (>751hp).

(1) Compliance with optional 'Option 1' 0.30 g/kW-hr PM limit in 2008 allows 1-year delay of T4 until 2013.
Option 1 engines in 2008 are T4i engines, not T3 engines.
(2) Fire pump requirements for 2007+ generally delayed three years.
(3) Engines ≥ 10 L/cyl must meet T2 marine requirements of 40 CFR 94.8.
(4) There is NO TPEM program for engines in stationary applications.

Rev 14 April 2009

شکل۶ : EPA CI NSPS برای موتورهای استیشنری استانداردهای (۶۰/۴۲۰۵ و ۶۰/۴۲۰۴ و ۶۰/۴۲۰۲ و ۶۰/۴۲۰۱)

حتی هنگامی که تأسیسات از رعایت این قوانین معاف می شود باید توجه کرد که مخارج پاکسازی ممکن است بسیار بالا باشد حتی برای مقادیر پایین ریخته شدن سوخت در طبیعت که معمولاً به دلیل نشتی، سرریز سوخت و غیره می باشند.

گرایش عمده در ذخیره سوخت دیزل برای ژنراتورست های در سایت داخلی و خارجی استفاده از مخازن دو جداره با تشخیص نشتی و سیستم حفاظت در برابر سرریز شدن است.

۵-۸-۲ حفاظت در برابر حریق (Fire Protection)

در منطقه ی آمریکای شمالی قوانین حفاظت در برابر حریق عمدتاً از یکی از استانداردهای سازمان ملی حفاظت در برابر حریق NFPA استفاده می کند.

این استاندارها شامل الزاماتی برای ظرفیت ذخیره ی سوخت در مکان های سربسته سیستم های لوله کشی سوخت، طراحی و تولید مخازن سوخت، موقعیت مخازن سوخت، خاکریزسازی و تدارک شیر تخلیه ی ایمنی می شوند. به استاندارد شماره NFPA ۳۷ بخش نصب موتورهای استیشنری مراجعه کنید. مقامات محل ممکن است قوانین محدود کننده ی بیشتری نیز در این مورد وضع کرده باشند.

چک لیست طراحی اولیه

نوع سیستم

- اضطراری
- استندبای (قانوناً اجباری)
- استندبای (اختیاری)
- استندبای (اختیاری)
- پرایم پاور
- سیستم های کاهش اوج مصرف
- سیستم های کاهش بهای انرژی
- بیس لود (سیستم های تولید نیروی دائمی)

درجه بندی ژنراتورها

- درجه بندی استندبای
- درجه بندی پرایم پاور
- درجه بندی کانتیتیوس (دائم کار)

سایزبندی ژنراتورها

- تک واحد PF ------ KVA -------- KW --------
- واحدهای موازی PF ------- KVA ------- KW ------ # --------

ولتاژ و فرکانس ژنراتور

ولتاژ ---------- فرکانس ---------

- تک فاز
- سه فاز

موقعیت

- داخلی
- همسطح زمین
- بالاتر از سطح زمین
- پایین تر از سطح زمین
- خارجی
- همسطح زمین
- بر روی پشت بام

آیا دسترسی مستقیم برای نصب / سرویس وجود دارد ؟ بله ---- خیر -----

سوخت

- دیزل
- گاز طبیعی
- LPG

سوخت دیزل

- مخازن روزانه
- مخازن زیرزمینی
- مخازن خارجی

سوخت LPG

- گاز
- مایع

هوزینگ (محفظه)

- محافظت در برابر شرایط جوی
- آکوستیک
- محافظت در برابر ورود غیر مجاز
- Drop over
- مناطق ساحلی

تجهیزات جانبی

- جعبه تقسیم موازی
- سوئیچ انتقال اتوماتیک
- شارژر باتری
- Network interface
- آلارم ها و مونیتورهای از راه دور
- کلید قطع کننده ی مدار
- واحدهای کنترل موازی
- لرزه گیر

الزامات خاص آلترناتور

- درجه بندی کاهش دما 80 C 150 C
- RTDS یا مقاومت گرمایی Thermistor←

سیستم خنک کاری

- رادیاتور در محل دستگاه قرار دارد
- رادیاتور در محل دیگری قرار دارد

بخش سوم

تأثیرات بار الکتریکی بر سایزبندی ژنراتور

۳ تأثیرات بار الکتریکی بر سایزبندی ژنراتور
(Electrical Load Impact On Generator Sizing)

۳-۱ پیشگفتار (Overview)

این بخش بر روی تأثیرات بار الکتریکی بر سایز بندی دستگاه مولد نیروی الکتریکی تمرکز دارد. اهمیت دارد که جدول دقیقی از میزان بار در فاز اولیه ی طراحی پروژه های تولید نیرو تهیه شود زیرا میزان بار مهم ترین فاکتور در سایزبندی ژنراتور می باشد. در صورتی که اطلاعات بار تمام تجهیزات در ابتدای پروژه مشخص نیست می توان سایزبندی را براساس تخمین بار انجام داد. این عمل سپس باید با محاسبه مجدد هنگامی که اطلاعات دقیق تر قابل دسترس شوند همراه شود. انواع بارهای مختلف از قبیل موتورها، UPS ها، VFD ها، ابزارهای تصویر برداری پزشکی و پمپ های آتش نشانی تأثیرات قابل توجه و متفاوتی در سایزبندی ژنراتوردارند.

۳-۲ کاربردها و درجه بندی وظایف (Applications and Duty Ratings)

۳-۲-۱ درجه بندی وظیفه دستگاه های مولد نیرو (Generator Set Duty Ratings)

تعیین میزان باری که باید توسط دستگاه مولد نیروی الکتریکی تأمین شود تابعی از نوع کاربرد و وظیفه ی تعیین شده می باشد. به طور عمده سه نوع وظیفه برای استفاده ی از دستگاه های مولد برق وجود دارد: استندبای، پرایم، کانتینیوس. این طبقه بندی ها در فصل ۲ صفحه ی ۲۰ تعریف شده اند. درجه بندی های دستگاه مولد برق بر طبق این سه نوع طبقه بندی متغیر است. دستگاه مولد نیرویی که در مصارف استندبای استفاده می شود عمدتاً به عنوان سیستم پشتیبان برق رسانی اصلی مورد استفاده قرار می گیرد و انتظار می رود که مداوماً مورد استفاده قرار گیرد، بنابراین درجه بندی استندبای بالاترین در بین مولدها است. از دستگاه های پرایم انتظار می رود تا برای زمانی نامحدود کار کنند و این نوع مولدها منبع اصلی نیرو برای بارهای مختلف می باشند، بنابراین درجه بندی پرایم معمولاً ۹۰٪ درجه بندی استندبای می باشد. در کاربرد ژنراتورهای با وظیفه ی کانتینیوس، از دستگاه انتظار می رود تا خروجی برای ساعات نامحدود با میزان بار ثابت داشته باشد (کاربردهایی که در آن عمدتاً دستگاه به صورت موازی با یک سیستم برق رسانی دیگر و به صورت بیس لود (بار پایه) عمل می کند)، بنابراین درجه بندی کانتینیوس معمولاً در حدود ۷۰٪ درجه بندی استندبای می باشد. ظرفیت حمل بار دستگاه ژنراتور تابعی از عمر مورد انتظار یا فواصل بین اورهال می باشد.

۳-۲-۲ کاربردهای اجباری و اختیاری (Mandated and Optional Applications)

اساساً کاربردهای دستگاه های مولد نیرو در دو گروه پایه طبقه بندی می شود، آن هایی که توسط کدها و ضوابط قانونی اجباری هستند و آن هایی که توجیهات اقتصادی دارند (معمولاً مرتبط با قابلیت دسترسی یا اعتماد). این طبقه بندی باعث ایجاد انتخاب هایی کاملاً متفاوت در هنگام تصمیم گیری در مورد میزان بار می شود.

۳-۲-۲-۱ ملزم شده از طریق قانون (Code Mandated)

این کاربردها معمولاً آن هایی هستند که معمولاً توسط افراد مسئول، استندبای اورژانسی یا قانوناً اجباری تشخیص داده می شوند و معمولاً در مواردی که امنیت یا حمایت جانی از اهمیت بالایی برخوردارند مورد استفاده هستند. این گونه از کاربردها ممکن است ذکر شوند در قوانین ساخت و ساز و یا قوانین مرتبط با امنیت جانی افراد و عموماً شامل تجهیزاتی همانند تجهیزات مراقبت سلامت (بیمارستان ها، کلینیک ها) سازه های مرتفع و مکان های تجمع (تئاترها، سالن های اجتماعات، مکان های ورزشی، هتل ها). معمولاً دستگاه ژنراتور نیروی پشتیبان برای بارهایی همانند چراغ های خروج اضطراری، تهویه، تشخیص حریق وسیستم های هشدار، آسانسورها، پمپ های آتش نشانی، سیستم های ارتباطی امنیت عمومی، و حتی پروسه های صنعتی که قطعی نیرو بر آن سپس به خطر افتادن جان افراد می شود تأمین می کند.

هنگامی که تشخیص داده می شود از دست دادن جریان برق معمول سبب به مخاطره انداختن یا دشوار ساختن عملیات نجات یا مقابله با آتش شود سیستم های قانونی مورد نیاز دیگری اجباری می شوند. برای تشخیص حداقل بار مورد نیاز که توسط ژنراتور تأمین می شود از مقام های مسئول محلی و استانداردهای مربوطه کمک بگیرید.

۳-۲-۲-۲ استندبای اختیاری (Optional Standby)

این نوع از تأسیسات به دلیل حیاتی تر شدن موضوع دسترسی به نیرو رایج تر شده است. اینگونه تأسیسات در ساختمان های تجاری و صنعتی معمولند و نیرو را در جهت مواردی از قبیل گرمایش، سرمایش، پروسه های رد و بدل داده و پروسه های حساس صنعتی تأمین می کنند. استفاده از ژنراتورها اغلب هنگامی که قطعی برق سبب اختلال در پروسه های حساس می شود قابل توجیه است.

۳-۲-۲-۳ پرایم و کانتینیوس (Prime and Continuous)

کاربرد دستگاه های ژنراتوری که وظایف پرایم و یا کانتینیوس دارند در کشورهای رو به رشد برای مصارف توزیع نیروی متنوع در حال شایع تر شدن است.

فرصت های بسیار زیادی برای مصرف کنندگان و نیز تنوع در دستگاه ها به وجود آمده. قوانین زیست محیطی سخت تر و تغییر و تفاوت در قوانین باعث شده تا منابع تولید نیرو در سدد تولید بارهای متنوع و توزیع متنوع نیرو برای پاسخ به نیازهای مختلفی از قبیل کاهش اوج مصرف و غیره برآیند. مصرف کنندگان منابع نیرو در حال استفاده از تولید نیروی در سایت برای اوج مصرف هستند و فرصت های بدست آمده در تولید نیروی اشتراکی را با هر دو هدف نیرو و گرما دنبال می کنند.

در هر صورت باید این مورد را مد نظر قرار داد که مولدهای نیروی الکتریکی در مقایسه با برق کابلی جزء کوچکی از سیستم تولید نیرو را تشکیل می دهند و خصوصیات تولید بار این ژنراتورها چنانچه سایز ژنراتور به درستی انتخاب نشده باشد تأثیر عمیقی در کیفیت توان تولیدی دارد. با توجه به این که دستگاه های تولید نیرو جزء کوچکی از سیستم تولید نیرو را تشکیل می دهند باید انتظار اختلال در ولتاژ و فرکانس را داشت.

به علاوه هنگامی که بارهای غیرخطی ای که تولید جریان های هارمونیک می کنند متصل شوند سبب اختلال ولتاژ خروجی می شوند.

این اختلالات هنگامی که از مولدهای برق استفاده می شود نسبت به زمانی که از جریان شبکه ی کابلی استفاده می شود بیشتر است و در صورتی که مورد بررسی قرار نگیرد سبب ایجاد گرمای اضافی در ژنراتور و تجهیزات بار می شود.

در نتیجه هنگام تأمین نیرو برای بارهای غیر خطی شبیه کامپیوترها UPS هاو VFD ها ژنرارتورهایی بزرگتر از ژنراتور مورد نیاز برای تأمین بار باید تهیه کرد تا از اختلالات ولتاژ و فرکانس جلوگیری شود و اختلالات هارمونیک کاهش داده شود. امروزه نرم افزارهای سایزبندی ژنراتور امکان انتخاب دقیق ژنراتور برای خرید سیستمی که به اندازه ی کافی برای نیازهای مشتریان بزرگ باشد و از نیازشان بزرگتر نباشد را می دهد.

اگر چه وجود این نرم افزارها (مثلاً Gensize شرکت کامینز) و کمک گرفتن از نماینده ی شرکت فروشنده به خوبی نیازهای مشتریان را مرتفع می کند اما آگاهی از پروسه ی انتخاب ژنراتور مطمعناً سودمند خواهد بود (ضمیمه ی A را ببینید)

علاوه بر میزان بار، فاکتورهای بسیار دیگری نیز در انتخاب سایر مناسب ژنراتور تأثیرگذار هستند: الزامات استارت بارها همانند موتورها و بارهای مکانیکی آن، عدم توازن بارهای تک فاز، بارهای غیر خطی همانند تجهیزاتUPS، محدودیت های افت ولتاژ، بارهای سیکلیک و غیره...

۳-۳ مفاهیم بارها (Understanding Loads)

۳-۳-۱ مقدمات استارت و زیر بار رفتن (Load Running and Starting Requirements)

نیروی مورد نیاز بسیاری از انواع بارها (تجهیزات) به صورت قابل توجهی در هنگام استارت بار (تجهیز) نسبت به حالت کار مداوم یکنواخت بیشتر است. (در اکثر بارهای (تجهیزات) موتوری که از نوعی از تجهیزات استارت نرمsoft starter استفاده نمی کنند). با این حال بارهای دیگر (بارهای غیر خطی همانند UPS ها کامپیوترها، VFDها و بارهای الکترونیک دیگر) باعث اختلافات بیش از حد ژنراتور می شود مگر اینکه ژنراتور با سایز بزرگتری برای تأمین نیروی مورد نظر استفاده شود.

تحت شرایط استارت یا عملکرد در حالت ماکزیمم بار، ناپایایی های ناگهانی بار می تواند سبب اختلاف فرکانس و ولتاژ مضر برای دستگاه های زیر بار شود این اختلاف ولتاژ و فرکانس در بعضی موارد می تواند آنچنان شدید باشد که از استارت موفق دستگاه جلوگیری کند. در حالی که بعضی از تجهیزات توانایی تحمل ناپایایی های کوتاه مدت ولتاژ و فرکانس را دارند، تجهیزات دیگری هستند که نسبت به این اختلالات حساسند.

در بعضی موارد تجهیز ممکن است دستگاه های کنترل محافظتی داشته باشد که باعث خاموش شدن تجهیز در این گونه شرایط شود. تأثیراتی شبیه کم سویی لامپ ها و یا از کار افتادن موقتی بالابرها اگر بحرانی نیست ولی حداقل سبب اختلال موقتی در عملکرد سیستم می شود. یک تجهیز تولید نیروی الکتریکی علی رغم نوع سیستم القا با توجه به نیروی موتور

KWو ولت آمپر ژنراتور KVA ،منبع محدودی از انرژی محسوب می شود. به این دلیل تغییرات بار سبب ایجاد ناپایایی در ولتاژ و فرکانس می شود. شدت و طول این ناپایایی تأثیرپذیر از ویژگی های تجهیز و سایز ژنراتور می باشد. یک دستگاه مولد نیرو نسبت به منابع برق کابلی، منبعی با امپدانس (مقاومت ظاهری) نسبتاً بالا محسوب می شود. برای کسب اطلاعات بیشتر به فصل ۴ صفحه ۶۲ مراجعه کنید.

۳-۳-۲ متصل کردن تجهیزات به صورت پله ای (Load Step Sequencing)

در بسیاری از کاربردها توصیه می شود که تعداد تجهیزاتی که به ژنراتور متصل می شود و یا باید توسط نیروی تولید شده توسط ژنراتور استارت شود را محدود کرد. این تجهیزات عموماً به صورت پله ای به ژنراتور متصل می شوند تا نیازهای استارت و در نتیجه سایز ژنراتور مورد نیاز کاهش یابد. این عمل نیاز به تجهیزات کنترل بار و سوئیچ هایی برای انتقال بار ژنراتور دارد. معمولاً برای این هدف از سوئیچ های انتقال چندگانه استفاده می شود. برای متصل کردن تجهیزات در زمان های مختلف با استفاده از تنظیمات استاندارد زمان تأخیر انتقال می توان از سوئیچ های انتقال تکی تنظیم شده استفاده کرد.

وجود چند ثانیه تأخیر توصیه می شود تا به ژنراتور اجازه دهیم ولتاژ و فرکانس را ثابت کند.

این بدان معناست که تجهیزات اورژانسی باید قبل از بقیه تجهیزات به ژنراتور متصل شوند. تجهیزاتی که نیاز به نیروی استارت بیشتری دارند پس از آن متصل می شوند. تجهیزات UPS جزو آخرین تجهیزاتی هستند که به ژنراتور متصل می شوند. چون اینگونه تجهیزات از باطری استفاده می کنند.

با توجه به این پیش زمینه ابتدایی خصوصیات عملکرد تجهیزات در زیر توضیح داده می شود.

۳-۳-۳ انواع تجهیزات (Load Types)

۳-۳-۳-۱ تجهیزات روشنایی (Lighting Loads)

محاسبه ی تجهیزات روشنایی نسبتاً ساده است. مجموع توان لامپ ها یا تجهیزات روشنایی به وات ، یا وات مورد نیاز برای مدارهای روشنایی به اضافه ی وات مورد نیاز برای بالاست ها (تعدیل کننده ی جریان در لامپ به ویژه لامپ های فلورسنت). انواع معمول روشنایی ها عبارتند از لامپ التهابی – لامپ حبابی که عموماً از رشته های تنگستن استفاده می کند، فلورست – لامپی که توسط بالاست به کار می افتد و از گازهای یونیزه شده استفاده می کند – همچنین برای روشنایی تخلیه گاز و تخلیه مورد استفاده قرار می گیرد – سدیم با فشار پائین و سدیم با فشار بالا و غیره ... جدول ۳ و ۴ صفحه ۴۷ شامل اطلاعات مفیدی در این مورد می باشند.

جدول ۳- ضرایب توان تجهیزات روشنایی (استارت و کارکرد)

3:1

نوع روشنایی	ضریب توان استارت	ضریب توان کارکرد
فلورسنت	0/95	0/95
التهابی	1/00	1/00
تخلیه با شدت بالا	0/85	0/90

جدول ۴- توان بالاست

3:2

LAMP	BALLAST
48 inch T-12, 40 W, Rapid start	10 W
48 inch T-12, 40 W Fluorescent	14 W
High output 40 w Fluorescent	25 W
Mercury, 100 w	18-35 W
Mercury, 400 w	25-65 W

۲-۳-۳-۳ تجهیزات تهویه ی هوا (Air Conditioning Loads)

بارهای تجهیزات تهویه ی هوا عمدتاً با واحد ton بیان می شود. برای تخمین میزان توان مورد نیاز به کیلووات مقدار 2 HP/ton به عنوان میزان تقریبی بار کلی برای یک واحد کوچک محاسبه می شود. در صورتی که نیاز به محاسبه ی دقیق تر سایز و اجزای موتور مورد نیاز در تجهیزات A/C باشد باید تک تک این تجهیزات را به صورت مجزا جمع زده و دیماند فاکتور تجهیزاتی را که باید به صورت همزمان استارت شوند را به دست آورد.

F Demand (t) =Demand/Maximum possible demand

۳-۳-۳-۳ تجهیزات موتور (Motor Loads)

انواع گوناگونی از موتورها و تجهیزاتی که به آن ها متصل می شوند وجود دارد که هر کدام از این تجهیزات بر روی ویژگی های استارت و کارکرد موتور تأثیر می گذارد. مباحث بعدی در مورد این تفاوت ها و خصوصیات و تأثیرشان در انتخاب سایز ژنراتور می باشد.

۱-۳-۳-۳-۳ اینرسی پایین و بالا (Low- and High-Inertia)

لحظه ی اینرسی یک جرم دوار، همانند موتور و تجهیزاتش (بارهایش)، میزان مقاومتش در برابر شتاب ایجاد شده توسط گشتاور استارت موتور می باشد. گشتاور استارت موتور نیاز به قدرت موتور بیشتری نسبت به بار عملکرد دارد. به جای انجام محاسبات معمولاً در همین حد کافی است که تجهیزات را به دو بخش تجهیزات با اینرسی بالا و پایین برای تعیین نیروی مورد نیاز موتور جهت استارت و شتاب دادن به تجهیزات موتور تقسیم کرد.

بنابراین، تجهیزات دارای اینرسی پایین آن هایی هستند که می توانند شتاب داده شوند هنگامی که سرویس فاکتور ۱/۵ یا کمتر فرض شود، در حالی که تجهیزات با اینرسی بالا آن هایی هستند که سرویس فاکتور بیش از ۱/۵ در آن ها باید مفروض شود. سرویس فاکتورهای بالاتر همچنین باید برای بارها (تجهیزات) ضربه ای که به صورت مکانیکی نامتعادل هستند مفروض شود. جدول ۵ صفحه‌ی ۴۸ طبقه بندی تجهیزات معمول را نشان می دهد.

جدول ۵.خلاصه اینرسی چرخش

3:3

تجهیزات با اینرسی بالا	تجهیزات با اینرسی پایین
بالابرها پمپ های تک و چند سیلندر کمپرسورهای تک و چند سیلندر سنگ خرد کن ها کانوایر – ناقل ها (تسمه نقاله)	فن ها و بلوئرهای سانتریفیوژ کمپرسورهای چرخشی پمپ های چرخشی و سانتریفیوژ

به طور خاصی پره های بزرگ یا پمپ هایی که در مقابل هد های بالا کار می کنند ممکن است به عنوان بارهای اینرسی پایین واجد شرایط نباشند.در صورتی که شک دارید ،اینرسی بالا را در نظر بگیرید.بارها با اینرسی بالا از نظر مکانیکی بارهای نامتعادل و ضربه ای را در بر می گیرند.

۲-۳-۳-۳-۳ بیش از ۵۰ اسب بخار (Over 50 HP)

نتیجه ی یک موتور بزرگ که در خط استارت شده و ژنراتوری که مقاومت ظاهری (امپدانس) پایینی را نشان می دهد،(هنگامی که رتور قفل شده یا در شرایط اولیه ی مقاومت قرار دارد). هجوم بالای جریان، معمولاً ۶ برابر جریان کارکرد (رانینگrunning) می باشد. هجوم بالای جریان منجر به افت ولتاژ ژنراتور می شود. این افت ولتاژ متشکل از افت ولتاژ ناپایای لحظه ای و افت ولتاژ ریکاوری می باشد.

افت ولتاژ ناپایای لحظه ای در لحظه ای اتفاق می افتد که موتور به خروجی ژنراتور متصل می شود و تابعی از مقاومت ظاهری نسبی ژنراتور و موتور است. افت ولتاژ لحظه ای، افت ولتاژی است که توسط منحنی های افت ولتاژ که در دیتا شیت آلترناتور چاپ شده پیش بینی شده است. این منحنی های افت پیش بینی می کنند که با فرض ثابت بودن فرکانس باید انتظار چه افت لحظه ای را داشت. در شرایطی که سرعت موتور به دلیل کیلووات سنگین استارت کاهش یابد، افت ولتاژ ناپایا ممکن است بیشتر به نظر بیاید (هنگامی که خصوصیت هماهنگ ساز گشتاور که از خصوصیات رگلاتور ولتاژ است، جریان القایی آلترناتور را برای بهبود سرعت موتور افزایش می دهد.)

پس از تشخیص افت ولتاژ ناپایای لحظه ای، سیستم القای ژنراتور، با افزایش القا برای ریکاور کردن ولتاژ واکنش می دهد(این عمل با افزایش دور موتور (با فرض اینکه موتور گشتاور مناسب تولید می کند) انجام میشود. گشتاور موتور برای موتورهای القایی متناسب با محذور ولتاژ به کار برده شده است.

شتاب موتور تابعی از تفاوت بین گشتاور موتور و نیازهای گشتاوری بار است. برای جلوگیری از زمان های شتاب بیش از حد و یا استال (Stall) کردن، موتور ژنراتور باید با بیشترین سرعت ممکن به ولتاژ مورد نظر برسد.

شیوه ریکاور شدن ولتاژ ژنراتور تابعی از سایز ژنراتور و موتور، توان موتور (ظرفیت به KW) و میزان نیروی القایی ژنراتور دارد. چند میلی ثانیه پس از افت ولتاژ ناپایا، رگولاتور ولتاژ نیروی ولتاژ زیادی را به القا کننده ی ژنراتور تحمیل می کند که باعث به وجود آمدن میدان جریان ژنراتور عمده ای متناسب با القا کننده می شود.

اجزای ژنراتور طوری طراحی شده اند که کمترین زمان واکنش ممکن را برای ثابت نگه داشتن ولتاژ و جلوگیری از اورلود شدن موتور بدهند. (سیستم های القایی ای که سریع واکنش می دهند یا Stiff هستند در هنگام استارت موتورهای بزرگ ممکن است باعث اوور لود شدن موتور شوند).

بر طبق شدت بار، ژنرتور باید ولتاژ را در سیکل های مختلفی و حداکثر در چند ثانیه ریکاور کند.

برای استارت موتور هم افت ناپایای لحظه ای و هم ریکاوری ولتاژ باید مد نظر قرار گیرند. سایزبندی ژنراتور باید به صورتی باشد که از افت فشار ناپایای اولیه ای که برای پروژه تعریف شده تجاوز نکند و اینکه بتواند به حداقل ۹۰ درصد ولتاژ خروجی هنگامی که روتور کاملاً قفل شده ریکاور کند.

بنابراین موتور می تواند تقریباً ۸۱٪ گشتاور نامی اش را در هنگام شتاب تولید کند که برای به کار انداختن اکثر تجهیزات کافی است ($0.9\times0.9=0.81$).

در نبود خصوصیات منحصر به فرد هر پروژه، ۳۵٪ افت ولتاژ استارت برای موقعیت های استارت موتور در نظر گرفته می شود.

انواع گوناگونی از استارترهای کاهنده ی ولتاژ موتور برای کاهش دادن KVA استارت موتور در مواردی که کاهش گشتاور مد نظر باشد قابل استفاده هستند.

کاهش KVA استارت موتور می تواند افت ولتاژ و سایز ژنراتور را کاهش دهد و باعث استارت نرم تری شود.

۳-۳-۳-۳-۳ شیوه های استارت سه – فاز (Three-Phase Starting Methods)

چندین متد برای استارت موتورهای سه – فاز همانگونه که در جدول ۶ صفحه ۵۱ و ضمیمه ی B توضیح داده شده است وجود دارد. معمول ترین شیوه، استارت مستقیم از طریق خط (ولتاژ کامل) است. الزامات استارت موتور می تواند کاهش یابد ،با بکار بردن کاهنده ی ولتاژ یا استارتر حالت جامد که نتیجه اش نیاز به دستگاه ژنراتور کوچکتر است. از آنجایی که گشتاور موتور تابعی از ولتاژ ورودی است، هر متدی که ولتاژ موتور را کاهش دهد باعث کاهش گشتاور موتور در حین استارت می شود. این متدهای استارت باید تنها برای بارهای موتور با اینرسی پایین استفاده شود. مگر اینکه مشخص شود که موتور گشتاور مناسب برای شتاب در حین استارت تولید می کند. به علاوه این شیوه های استارت می تواند سبب تولید جریان ورودی بالا در هنگام انتقال از حالت استارت به حالت کارکرد گردد (چنانچه انتقال قبل از رسیدن موتور به سرعت کار کرد صورت پذیرد).

در صورتی که موتور قبل از انتقال به سرعت نزدیک سرعت کار کرد نرسد ممکن است با افت ولتاژ و فرکانس مواجه شویم.

۳-۳-۳-۳-۴ درایو فرکانس متغیر (Variable Frequency Drives (VFDs))

از تمامی دسته های بار غیر خطی، درایو فرکانس متغییر که برای کنترل کردن سرعت القای موتورها به کار برده می شوند،خرابی بیشتری را در ولتاژ خروجی ژنراتور موجب می شوند. برای جلوگیری از افزایش دمای متناوب بر اساس جریان های هارمونیک که از درایو فرکانس متغییر ناشی شده است،از متناوب های بزرگتری استفاده می شود و با پایین اوردن واکنش مقاومت متناوب تخریب ولتاژ سیستم را محدود می کند. برای مثال ،نوع معکوس منبع جریان معمولی از بارهای در یک ژنراتور می بایست برای محدود کردن کل تخریب هارمونیک تا کمتر از ۱۵ درصد حدودا کمتر VFD به طور فزاینده ای از لحاظ اقتصادی با صرفه تر PWM از VFD ز ۵۰٪ گنجایش ژنراتور باشد. اخیرا نوع و رایج تر می باشد و به طور قابل توجهی همساز های پایین تری را ناشی می شود.برای این درایوها تناوب گری با حدود ۴۰ درصد افزایش سایز مورد نیاز است.

جدول ۶- شیوه های استارت ولتاژ پایین

3:6

STARING MEYHOD	% FULL VOLTAGE APPLIED (TAP)	% FULL VOLTAGE KVA	% FULL VOLTAGE TORQUE	SKVA MULTIPLYING FACTOR	SPF
Full voltage	100	100	100	1.0	-
Reduced Voltage Autotransformer	80 65 50	64 42 25	64 42 25	0.64 0.42 0.25	- - -
Series Reactor	80 65 50	80 65 50	64 42 25	0.80 0.65 0.50	- - -
Series Resistor	80 65 50	80 65 50	64 42 25	0.80 0.65 0.50	- - -
Star Delta	100	33	33	0.33	-
Part winding (typical)	100	60	48	0.6	-
Wound Rotor Motor	100	160	100	1.6	-
اعداد فوق الذکر درصدها و یا عوامل جریان پویا می باشند که به ارزش مجموعه هایی از مقاومت ها که به روتورهای مارپیچ اضافه شده است ، بستگی دارد.					

۳-۳-۳-۳-۵ کد موتورهای NEMA (NEMA Motor Code Letter)

در آمریکای شمالی برای موتورها در میزان قابل قبولی طراحی شده اند MG1 برای موتورها و ژنراتورها NEMA استاندارد نشان داده می شوند.طراحی موتور می بایست راه اندازی (روتور قفل شده) V تا A از کد KVA که با که در موتور نشان داده شده است محدود کند.برای Code Letter را به ارزشی با میزان خاصی برای KVA اسب بخار موتور را در ارزش داده شده در جدول ۷ صفحه ۵۲ که با KVA محاسبه راه اندازی موتور مطابقت دارد ضرب نمایید.Code Letter ارزش های جدول ۷ صفحه ۵۲ میانگین های میزان خاصی از ارزش های Code Letter می باشند.

جدول ۷- فاکتورهای ضریب NEMA

3:7

Code letter	Factor	Code letter	Factor	Code letter	Factor
A	2	H	6.7	R	15
B	3.3	J	7.5	S	16
C	3.8	K	8.5	T	19
D	4.2	L	9.5	U	21.2
E	4.7	M	10.6	V	23
F	5.3	N	11. 8		
G	5.9	P	13.2		

۳-۳-۳-۶ طراحی موتور سه فاز (Three-Phase Motor Design)

در امریکای شمالی، موتورهای طرح b، c، یا d موتورهای انگیزشی سه فازه ی قفس سنجابی هستند که توسط NEMA (انجمن ملی سازندگان الکتریکی) با توجه به مقدار حداکثری جریان گردش قفل شده و مقدار حداقلی برای گشتاور پروانه ی قفل شده، گشتاور بالابرنده و گشتاور از کار افتادگی طبقه بندی شده اند. موتور هایی از نوع بازده بالا موتورهای انگیزشی جعبه سنجابی سه فازه ی راندمان ممتازی هستند که مقادیر گشتاوری حداقل آن ها مشابه با موتورهای طرح نوع B می باشد، اما جریان پروانه ی قفل شده ی حداکثری و راندمان بار کامل سطحی بالاتری دارند. برای اطلاع از مقادیر سطحی استاندارد برای موتورهای طرح B، C، D، و موتورهای راندمان بالا به جدول ۸ در صفحه ی ۵۴ مراجعه شود.

۳-۳-۳-۷ طراحی موتور تک فاز (Single-Phase Motor Design)

جدول ۹ صفحه ۵۵ را برای مقادیر سطحی استاندارد برای موتورهای انگیزشی تک فاز ببینید

۳-۳-۳-۴ بارهای ذخیره ی نیروی قطعی ناپذیر (Uninterruptible Power Supply Loads)

ذخیره ی نیروی قطعی ناپذیر ایستا (UPS) از یکسو کننده های کنترل توسط سیلیکون (SCR) یا دیگر ابزارهای ایستا جهت تبدیل ولتاژ AC به DC استفاده می کند. ولتاژ DC برای تولید ولتاژ AC از طریق مدار وارون ساز در خروجی UPSاستفاده می شود. ولتاژ DC برای شارژ باتری هایی که به عنوان واسطه ی ذخیره سازی انرژی برای UPS نیز مورد استفاده واقع می شود .SCR های سوئیچ کننده در ورودی جریان هایی هماهنگ را در دینام دستگاه مولد به وجودمی آورد. تاثیر جریان ها شامل گرمایش اضافی سیم پیچی، کاهش راندمان، و اختلال در شکل موج AC می شود. در نتیجه نیاز به دینامی بزرگ تر برای خروجی kW داده شده از دستگاه مولد است.

دستگاه های UPS میتوانند به افت ولتاژ و انحراف فرکانس نیز حساس باشند. هنگامی که فعالیت یکسو کننده بیشتر شود، ممکن است موج های نسبتا وسیعی در فرکانس و ولتاژ بدون مختل کردن عملیات رخ دهد. با این وجود، زمانی که جریان فرعی فعال می شود، ولتاژ و فرکانس هر دو باید ثبات کامل داشته باشند وگرنه شرایط اخطار رخ می دهد.

در گذشته مشکلات عدم سازگاری بین دستگاه های مولد و دستگاه های UPS ایستا منجر به بسیاری از تصورات اشتباه در مورد اندازه گیری دستگاه مولد برای این نوع بار می شد. در گذشته، سازندگان UPS اندازه های بزرگتری از دستگاه های مولد، در حدود دو تا پنج برابر درجه بندیUPS ، را پیشنهاد می دادند، اما باز هم در آن شرایط مشکلاتی پدیدار می شد. از آن پس اکثر سازندگان UPS مشکل عدم سازگاری را حل کرده اند و اکنون الزام به سازگاری دستگاه های UPS با دستگاه های مولد در مقایسه با بزرگ تر اندازه گرفتن دستگاه مولد مقرون به صرفه تر است.

هنگام اندازه گیری دستگاه مولد از درجه بندی روی دستگاه UPS استفاده کنید، حتی در صورتی که خود UPS کاملا بار گذاری نشده باشد. در اندازه گیری از درجه بندی شارژ باتری نیز استفاده کنید UPS .معمولا گنجایش شارژ باتری ای در حدود ۱۰ تا ۵۰ درصد درجه بندیUPS اش را داراست. اگر باتری ها در زمان کارکرد UPS در دستگاه مولد جدا شوند، دستگاه مولد باید قادر باشد بار خروجی و شارژ باتری را تامین کند. اکثر UPS ها محدودیت جریان قابل تنظیمی دارند. اگر این محدودیت در ۱۱۰ تا ۱۵۰ درصد درجه بندی UPS قرار گیرد، این محدودیت بار بیشینه ای است که دستگاه مولد باید در صورت قطع برق شهری تامین کند. دلیل دوم برای استفاده از درجه بندی کامل UPS این است که ممکن است بارهای اضافی تا درجه بندی روی دستگاه در آینده به UPS اضافه شود. این مساله در مورد سیستم های UPS مازاد نیز صدق می کند. در کاربردهایی که در آن یک UPS برای حمایت از دیگر UPS نصب شده است و هر دوی آن ها در کل مدت زمان با باری ۵۰ درصدی یا کمتر در حال کار می باشند، دستگاه مولد را مطابق با درجه بندی روی دستگاه ترکیبی هر کدام از این دستگاه های UPS اندازه گیری کنید.

به دلیل غیر خطی بودن بارها، دستگاه UPS در خروجی مولد جریان های هماهنگ ایجاد می کند. دستگاه های UPS مجهز به فیلتر های ورودی هماهنگ در مقایسه با UPS های فاقد این فیلتر ها جریان های هماهنگ کمتری دارند. فیلتر های هماهنگ باید در زمانی که بار در UPS کم است کاهش پیدا کرده یا خارج شوند. در غیر این صورت، ممکن است این فیلتر ها عامل نیروی هادی در دستگاه مولد ایجاد کنند. به بخش ۴-۳-۵ در صفحه ی ۱۳۷ مراجعه شود. تعداد یکسو کننده ها (پالس ها) درجه ی مورد نیاز افزایش اندازه ی دینام را نیز معین می کند. حاصل یکسو کننده ای ۱۲ پالسی با فیلتر هماهنگ، کوچک ترین دستگاه مولد توصیه شده است.

اکثر دستگاه های UPS عملکرد محدود کننده جریان دارند که جهت کنترل حداکثر باری استفاده می شود که می توان در ذخیره ی نیروی آن اعمال کرد. این محدودیت به عنوان درصدی از درجه بندی بار کامل UPS ابراز می شود. بار کاملی که UPS به ذخیره ی نیرو اعمال می کند با محدود کردن درجه شارژ باتری آن کنترل می شود. لذا اگر بار بیشینه به ۱۲۵ درصد محدود شود و UPS در ۷۵ درصد گنجایش درجه بندی شده در حال کارکرد باشد، شارژ باتری به ۵۰ درصد درجه بندی UPS محدود می شود. بعضی دستگاه های UPS درجه بندی شارژ باتری را هنگام نیرودهی دستگاه مولد به UPSبه مقداری کمتر کاهش می دهند.

جدول ۸ - مقادیر پیش فرض موتور سه فازه : NEMA CODE، EFF، SPF، RPF

3:8

HP	DESIGN B, C &D MOTORS		HIGH EFFICIENCY MOTORS		FOR ALL MOTORS	
	NEMA COD ELETTER*	EFFICIENCY (%)	NEMA CODE LETTER*	EFFICIENCY (%)	STARTING PF (SPF)	RUNNING PF (RPF)
1	N	73	N	86	0.76	0.70
1-1/2	L	77	L	87	0.72	0.76
2	L	79	L	88	0.70	0.79
3	K	83	L	89	0.66	0.82
5	J	84	L	90	0.61	0.85
7-1/2	H	85	L	91	0.56	0.87
10	H	86	K	92	0.53	0.87
15	G	87	K	93	0.49	0.88
20	G	87	K	93	0.46	0.89
25	G	88	K	94	0.44	0.89
30	G	88	K	94	0.42	0.89
40	G	89	K	94	0.39	0.90
50	G	90	K	95	0.36	0.90
60	G	90	K	95	0.36	0.90
75	G	90	K	95	0.34	0.90
100	G	91	J	96	0.31	0.91
125	G	91	J	96	0.29	0.91
150	G	91	J	96	0.28	0.91
200	G	92	J	96	0.25	0.91
250	G	92	J	96	0.24	0.91
300	G	92	J	96	0.22	0.92
350	G	93	J	97	0.21	0.92
400	G	93	J	97	0.21	0.92
500& UP	G	94	J	97	0.19	0.92

جدول ۹. مقادیر پیش فرض موتور تک فازهNEMA CODE :، EFF، SPF، RPF

3:9

HP	NEMA CODE LETTER*	EFFICIENCY (%)	STARTING PF (SPF)	RUNNING PF (RPF)
SPLIT-PHASE				
1/9	U	70	0.8	0.66
1/4	T	70	0.8	0.69
1/3	S	70	0.8	0.70
1/2	R	70	0.8	0.70
PERMANENT SPLIT CAPACITOR (PSC)				
1/6	G	70	0.8	0.66
1/4	G	70	0.8	0.69
1/3	G	70	0.8	0.70
1/2	G	70	0.8	0.72
CAPACITOR START/INDUCTION RUN				
1/6	R	40	0.8	0.66
1/4	P	47	0.8	0.68
1/3	N	51	0.8	0.70
1/2	M	56	0.8	0.73
3/4	L	60	0.8	0.75
1	L	62	0.8	0.76
1-1/2	L	64	0.8	0.78
2	L	65	0.8	0.78
3 TO 15	L	66	0.8	0.79
CAPACITOR START/CAPACITOR RUN				
1/6	S	40	0.8	0.66
1/4	R	47	0.8	0.68
1/3	M	51	0.8	0.70
1/2	N	56	0.8	0.73
3/4	M	60	0.8	0.75
1	M	62	0.8	0.76
1-1/2	M	64	0.8	0.78
2	M	65	0.8	0.78
3 TO 15	M	66	0.8	0.79

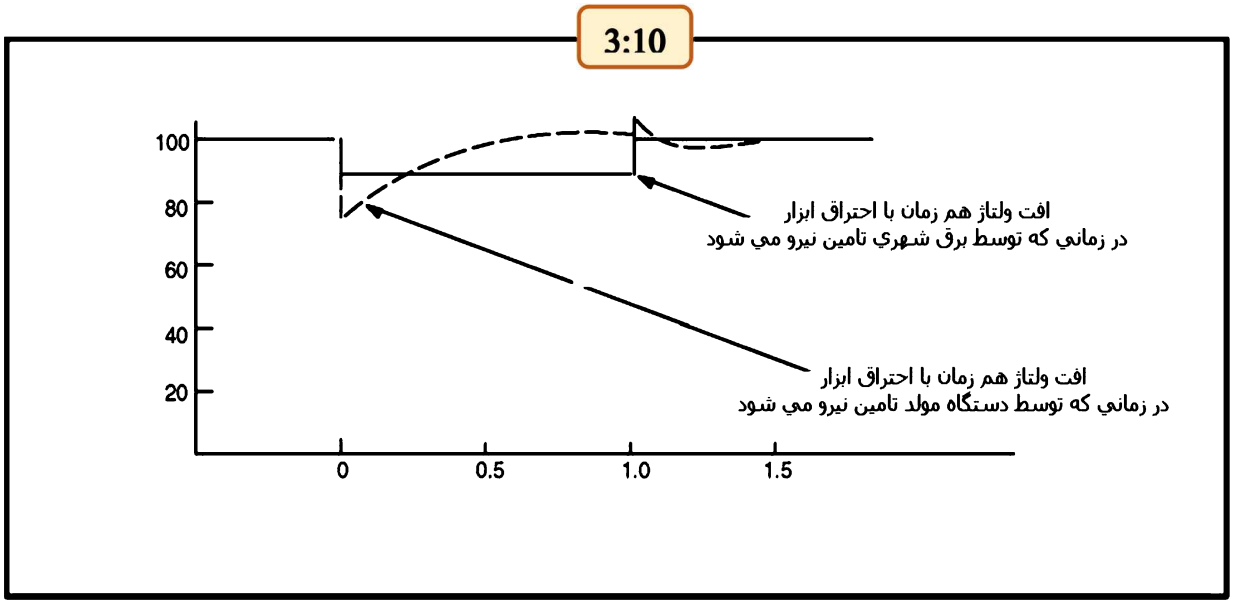
۳-۳-۳-۵ بارهای شارژر باتری (Battery Charger Loads)

شارژرهای باتری معمولا از یکسو کننده های کنترل سیلیکونی (SCR) استفاده می کنند. شارژر باتری باری غیر خطی است که به دینامی با اندازه ی بیشتر نیاز دارد تا گرمایش اضافی را تعدیل داده و اختلال ولتاژ ایجاد شده توسط جریان های هماهنگ به وجود آمده توسط شارژر باتری را به حداقل برساند. تعداد یکسو کننده ها (پالس ها) میزان افزایش اندازه ی دینام را مشخص می کند. حاصل یکسو کننده ای ۱۲ پالسی با فیلتر هماهنگ، کوچک ترین دستگاه مولد توصیه شده است.

۷-۳-۳-۳ کاربردهای پمپ احتراق ۵ (Fire Pump Applications)

به دلیل وضعیت حساس آن ها و الزامات خاصی که دارند، توجه خاصی باید به پمپ های احتراق معطوف شود. مقررات الکتریکی ملی (NEC) امریکای شمالی شامل الزاماتی می شود که افت ولتاژ را هنگام شروع به کار پمپ احتراق به ۱۵ درصد محدود می کند. این محدودیت اعمال شده است تا شروع کننده های موتور گشتاور کافی را به منظور شتاب دهی به پمپ ها برای رسیدن به سرعت درجه بندی شده برای دستیابی به فشارها و جریان های پمپ درجه بندی شده تامین کنند. دستگاه مولد لازم نیست به گونه ای اندازه گیری شود که kVA پروانه قفل شده ی موتور پمپ احتراق را به طور دائم تامین کند. این مساله منجر به دستگاه مولدی با اندازه ی بزرگ می شود که باعث نگه داری و قابلیت اطمینان نشات گرفته از دستگاه مولدی می شود که کمتر از قابلیت واقعی آن به کار گرفته شده است.

5 تفسیر تولید نیروی کامینز از ویرایش سال ۱۹۹۶ قوانین استاندارد NFPA شماره ی ۲۰، پمپ های احتراق گریز از مرکز. مهندسین طراح باید خود استاندارد را نیز بررسی کنند.



شکل ۷. افت ولتاژ در کاربردهای عکسبرداری پزشکی

جدول ۱۰. الزامات دستگاه مولد برای کاربردهای عکسبرداری پزشکی

3:11

IMAGING EQUIPMENT RATING		PEAK KVA*	MINIMUM GENERATOR KVA
Ma	KVP		
15	100	1.5	3.8
20	85	1.7	4.3
40	125	5.0	12.5
50	125	6.3	15.8
100	125	12.5	31.3
200	125	25.0	62.5
300	125	37.5	93.8
300	150	45.0	112.0
500	125	62.5	156.0
500	150	75.0	187.0
700	110	77.0	192.0
1200	90	108.0	270.0
*برای به دست اوردن اوج KW ،اوج KVA را توسط عامل نیرو (PF) ضرب کنید.اگر PF ناشناخته بود، 1.0 را مد نظر قرار دهید.			

هر گاه که شروع کننده ی ولتاژ کاهش یافته ای برای موتور پمپ احتراق استفاده شود، بدون توجه به نوع آن، گنجایش مولدی برای شروع به کار در راستای خط ایجاد کنید. کنترل کننده ی پمپ احتراق برای به کار انداختن پمپ در راستای خط در زمان کارکرد ناقص کنترل کننده شامل یکی از ابزارهای دستی–مکانیکی، دستی–الکتریکی، یا خودکار می شود.

گنجایش تولید اضافی را در صورت عملی بودن می توان با فراهم سازی کنترل های بیرون ریز بار در بارهای متصل دارای الویت پایین مدیریت کرد تا گنجایش دستگاه مولد بلااستفاده برای پمپ احتراق در مورد همان بار ها استفاده شود. کنترل ها باید به گونه ای مرتب شوند که بارها را قبل از به کار انداختن پمپ احتراق بیرون کنند.

مساله ی دیگر استفاده از پمپ احتراق موتور دیزلی به جای پمپ موتور الکتریکی است. ملاحظات اقتصادی به کارگیری پمپ های موتور الکتریکی را توصیه می کند، اما مهندس محافظت از احتراق ممکن است موتور دیزلی را ترجیح دهد. در آن صورت، سیستم محافظت از احتراق و سیستم نیروی اضطراری کاملا از هم جدا می گردند. بعضی مهندسین و شرکت های بیمه بر این تصور هستند که این مساله قابلیت اطمینان هر دو سیستم را بالا می برد. از هزینه ی سوئیچ انتقال برای پمپ احتراق اجتناب می شود. دستگاه مولد لازم نیست به گونه ای اندازه گیری شود که Kva پروانه ی قفل شده ی موتور پنپ را به طور متداوم تامین کند. این مساله منجر به دستگاه مولدی با اندازه ی بزرگ می شود که باعث نگه داری و قابلیت اطمینان نشات گرفته از دستگاه مولدی می شود که کمتر از قابلیت واقعی آن به کار گرفته شده است.

۳-۳-۴ شاخصه های بار (Load Characteristics)

۳-۳-۴-۱ ولتاژ بار و دامنه تغییرات فرکانس
(Tolerances Load Voltage and Frequency)

جدول ۱۱ در صفحه ی ۵۹ دامنه ی تغییرات بازه های مختلف در تغییرات ولتاژ و فرکانس را به طور خلاصه ارائه کرده است.

۳-۳-۴-۲ نیروی باز زایشی (Regenerative Power)

در استفاده از دستگاه های مولد بار، مثل آسانسور، جرثقیل، و بالابر، که محرک های مولد موتوری دارند، به بررسی نیروی باز زایشی نیاز است. در این استفاده ها، سرعت پایین آمدن اتاقک آسانسور و یا بالابر توسط مولد موتوری کاهش پیدا می کند که نیروی الکتریک را جهت جذب به منبع "پمپاژ" می کند. منبع کارور معمول به این دلیل که به طور ذاتی منبع نیروی نامحدودی است به آسانی نیروی باز زایشی را جذب می کند. نیروی تولید شده توسط بار به سادگی دیگر بارها که بار واقعی کارور (اصلی) را کاهش می دهند تحت پوشش قرار می دهد. از سوی دیگر، یک دستگاه مولد منبع نیروی ایزوله ای است که گنجایش محدودی جهت جذب نیروی باز زایشی دارد. جذب نیروی باز زایشی تابعی از اصطکاک موتور اسب بخار در سرعت تعیین شده، اسب بخار پروانه، اصطکاک مولد، و اتلاف اصطکاک هوا و هسته (یعنی نیرویی که برای تثبیت میزان ولتاژ خروجی مولد لازم است) می باشد. میزان نیروی باز زایشی دستگاه در برگه ی مشخصات توصیه شده ی دستگاه مولد آورده شده است و به طور معمول ۱۰ تا ۲۰ درصد از میزان نیروی دستگاه مولد است. (مولد موتور را به حرکت در می آورد، و انرژی را از طریق اتلاف اصطکاکی جذب می کند.)

جدول ۱۱. دامنه ی تغییرات معمول ولتاژ و فرکانس

3:12

EQUIPMENT	VOLTAGE	FREQUENCY	COMMENTS
Induction Motors	+/_10%	+/-5%	ولتاژ پایین منجر به کاهش گشتاور نیرو و افزایش دما می شود.ولتاژ بالا منجر به افزایش گشتاور نیرو و شروع به کار کردن تقویت کننده می شود.
Coils, Motor Starters%	+/_10%	N/A	نیروی بازدارنده سیم پیچ و زمان ثابت کاهش متناسب با گردش آمپر سیم پیچ می باشد.سیم پیچ های کوچک تر ممکن است در طی این مقاومت برای کاهش ناپایدار کاهش یابد.کاهش ولتاژ ناپایدار تا ۳۰ الی ٤۰ درصد بیشتر از دو سیکل ممکن است منجر به افت سیم پیچ شود.
Incandescent Lighting	+10% , -25%	N/A	کاهش ولتاژ در نتیجه ی ٦٥% نور. افزایش ولتاژ در نتیجه ی ۵۰ % طول عمر. کاهش تناوب ممکن است در نتیجه جرقه نور شود.
Fluorescent Lighting	+/_10%	N/A	ولتاژ بالا منجر به افزایش بیش از حد دما می شود.
HID Lighting	+10% , -20%	N/A	کاهش ولتاژ منجر به خاموش شدن می شود. ولتاژ بالا منجر به افزایش بیش از حد دما می شود.
Static UPS	+10%, -15%	+/-5%	هیچ باتری ای تا -۲۰% ولتاژ تخلیه نمی شود. UPS ها به میزان تغییر تناوب بیشتر از 0.5 HZ/Sec حساس هستند. (نرخ کشت)با افزایش سایز ژنراتور ممکن است برای اختلال ولتاژ هماهنگ لازم باشد.
Variable Frequency Devies(VFD)	+10%, -15%	+/-5%	VFD به میزان تغییر متناوب بزرگتر از 1 HZ/Sec حساس هستند. با افزایش سایز ژنراتور ممکن است برای محدود کردن اختلال ولتاژ هماهنگ لازم باشد.
در صورتی که ولتاژ تا ۹۰ درصد دریافت نشد،ابزار محافظ تحت ولتاژ ممکن است بسته شده باشد،ابزار اضافه جریان ممکن است قطع شده باشد،استارتر های کاهش ولتاژ ممکن است قطع شده باشد و یا --- و موتورها ممکن است متوقف شده باشند و یا سرعت قابل قبولی نداشته باشد.			

میزان نامناسب نیروی باز زایشی برای استفاده می تواند به افزایش ناخواسته ی سرعت پایین آمدن آسانسور و افزایش سرعت دستگاه مولد می شود.

نکته: بارهای باز زایشی اضافی می تواند سرعت بیش از حد و از کار افتادگی دستگاه مولد را به بار آورد. ساختمان های کوچکی که در آن ها آسانسور بار اصلی دستگاه مولد است در برابر این مشکل بیشترین آسیب پذیری را دارا هستند.

به طور کلی، مشکل باز زایش را می توان با اطمینان از این موضوع که بارهای متصل دیگر نیروی باز زایشی را جذب می کنند حل کرد. به عنوان مثال، در ساختمان های کوچکی که آسانسور بار اصلی محسوب می شود، بار نورپردازی باید قبل از بار آسانسور به مولد انتقال یابد. در بعضی موارد به ذخیره های بار اضافی همراه با ابزارهای کنترل ذخیره ی بار نیاز است تا به جذب بارهای باز زایشی کمک شود.

۱-۲-۴-۳-۳ عامل نیروی باز (PF) (Load Power Factor (PF))

القاوری و ظرفیت خازنی جریان های بار AC نقطه ای را ایجاد می کنند که در آن موج جریانی sinusodial از صفر رد می شود تا نقطه ای که در آن موج ولتاژ از صفر رد می شود را تضعیف کرده و یا هدایت کند. بارهای برق پذیر، موتورهای بیش برانگیخته هماهنگ، و دیگر موارد منجر به ایجاد عامل نیروی هدایت گر می شود، که در آن جریان ولتاژ را هدایت می کند. به طور معمول بیشتر عامل تضعیف نیرو، که در آن جریان ولتاژ را تضعیف می کند، مورد نظر است و از القاوری در جریان به وجود می آید. عامل نیرو کسینوس زاویه ی هدایت یا تضعیف ولتاژ توسط جریان است، که در آن یک دوره ی کامل sinusoidal ۳۶۰ درجه است. عامل نیرو به طور معمول به عنوان یک رقم اعشاری (۰٫۸) و یا درصد (۸۰٪) عنوان می شود. عامل نیرو نسبت kW به kVA است. لذا:

$$kW = kVA \times PF$$

دقت داشته باشید که دستگاه های مولد سه مرحله ای برای بارهای PF ۰٫۸ و دستگاه های مولد یک مرحله ای برای بار های PF ۱٫۰ تنظیم شده اند. بارهایی که باعث می شوند عوامل نیرو پایین تر از آن چه باشند که مولد ها بر اساس آن ها تنظیم می شوند ممکن است باعث شوند جن سایز دینام یا دستگاه مولد بزرگ تری را برای سرویس رسانی مناسب به بار توصیه کند.

ممکن است بارهای واکنشی که عامل هدایت گر نیرو را به وجود می آورند آسیب ایجاد کرده، و به دینام ها و بارها صدمه زده و یا ابزارهای حفاظتی را دچار مشکل کنند. معمول ترین منابع عامل هدایت گر نیرو سیستم های UPS ای هستند که از فیلترهای هماهنگ خطی ورودی استفاده می کنند، و یا دستگاه های اصلاح عامل نیرو (ذخیره های خازنی) می باشند که با موتورها مورد استفاده قرار می گیرند. بار عامل هدایت گر نیرو باید از دستگاه های مولد جدا باشد. ظرفیت خازنی سیستم منبعی از انگیزش مولد می شود و کاهش کنترل ولتاژ تبدیل به یک معضل می گردد. همیشه خازن های اصلاحی عامل نیرو را همراه با بار از سیستم قطع و به آن وصل کنید. قسمت ۴-۳-۵ را در صفحه ی ۱۳۷ ببینید.

۳-۳-۴-۳ بارهای تک مرحله ای و توازن بار
(Single-Phase Loads and Load Balance)

بارهای تک مرحله ای باید تا حد امکان به صورت متوازن بین سه مرحله ی دستگاه مولد سه مرحله ای پخش شود تا از گنجایش مولد و عدم توازن محدودیت ولتاژ به خوبی استفاده شود. به عنوان مثال، تنها به ۱۰ درصد عدم توازن باز تک مرحله ای جهت محدود کردن بار متوازن سه مرحله ای به کمتر از ۷۵ درصد از گنجایش تنظیم شده نیاز است. برای جلوگیری از داغ شدن موتورها و از کار افتادگی زودهنگام عایق سازی در موتور سه مرحله ای، عدم توازن ولتاژ باید در میزان کمتر از ۲ درصد باقی بماند. بخش ۲-۳-۳-۵ در صفحه ی ۱۳۵ را ببینید.

بخش چهارم

انتخاب ابزار آلات

۴ انتخاب ابزار آلات (Equipment Selection)

۴ -۱ مرور (Overview)

هنگامی که در مورد اندازه و ترتیب بار دستگاه (های) مولد تصمیم گرفته شد، نوبت به انتخاب ابزار آلات مناسب برای کار می رسد.

این بخش با ابزار آلات مختلف دستگاه مولد جهت نصب کامل و عملی سرو کار دارد. شاخصه های عملکردی، ملاک های انتخاب و ابزار آلات اختیاری مورد نیاز در این بخش مورد بحث قرار می گیرند.

۴-۲ دینام ها (Alternators)

۴-۲-۱ ولتاژ (Voltage)

۴-۲-۱-۱ ولتاژ پایین (Low Voltage)

عمدتا نوع استفاده، ولتاژ دستگاه مولد انتخابی را مشخص می کند. در استفاده های ضروری و آماده ی کاربرد، ولتاژ خروجی مولد معمولا به ولتاژ مصرفی بارها ارتباط پیدا می کند. بیشتر ولتاژ ها و پیکر بندی اتصال های استفاده شده صنعتی بین سازنده های دینام به عنوان گزینه هایی استاندارد در دسترس هستند. ممکن است بعضی ولتاژ ها که به ندرت مورد استفاده قرار می گیرند به تنظیم های خاصی احتیاج داشته باشند که مستلزم زمان فرآوری قابل توجهی برای تولید می باشد. بیشتر دینام ها حداقل تنظیم ولتاژ ± ۵٪ از ولتاژ سطحی مشخص شده را دارا می باشند تا توانایی تطبیق طبق لازمه های محل های خاص را داشته باشند. جدول ۵۹ در صفحه ی ۳۸۹ را ببینید.

۴-۲-۱-۲ ولتاژ متوسط (Medium Voltage6)

در کاربردهای نیروی اولیه یا بار پایه ای، یا هنگامی که شرایط کاربردی عمومی رسانا هستند، دستگاه های مولد ولتاژ متوسط (بیشتر از ۶۰۰ ولت) با فرکانس بالاتری مورد استفاده قرار می گیرند. به طور کلی، در مواردی که خروجی از یک مولد ولتاژ پایین از ۲۰۰۰ آمپر بیشتر شود، باید از ولتاژ های متوسط استفاده کرد. عوامل دیگری که منجر به استفاده از ولتاژ های متوسط می شود اندازه/ظرفیت ابزارهای سوئیچ نیرو و میزان رساناهای لازم در برابر ولتاژ پایین می باشند. در حالی که ابزارهای ولتاژ متوسط گران تر می باشند، رساناهای لازم (به ترتیب ۱۰ تا ۲۰ برابر کمتر از ظرفیت آمپر) در صورت ترکیب شدن با سیم راه های کمتر، ساختارهای پشتیبان، و زمان نصب می توانند هزینه ی بالای دینام را جبران کنند.

۴-۲-۲ عایق سازی و درجه بندی (Insulation and Ratings)

به طور کلی، دینام های ۲۰ تا ۲۰۰۰ کیلووات عایق سیم پیچی کلاس NEMA F یا کلاس H دارند. عایق کلاس H برای مقاومت در برابر دماهای بالاتر از کلاس F طراحی شده است. درجه های دینام از لحاظ محدوده های افزایش دمایی اندازه گیری می شوند. عایق های دینام کلاس H درجه بندی خروجی کیلوواتی و کیلوولت آمپری دارند که در محدوده ی کلاس افزایش دمای ۸۰، ۱۰۵، ۱۲۵ و ۱۵۰ درجه ی سانتیگراد بالای دمای محیطی ۴۰ درجه ای باقی می مانند. دینامی که در محدوده ی ۸۰ درجه ای کار می کند طول عمر بالاتری نسبت به درجه های دمایی بالاتر خواهد داشت. دینام هایی که درجه بندی افزایش دمایی پایین تری برای درجه بندی دستگاه مولد مورد نظر دارند موتور را بهتر به کار می اندازند، کاهش ولتاژ کمتری دارند، توانایی بار غیر خطی یا نامتوازن بیشتری دارند، و توانایی جریان خطای بیشتری نیز از خود نشان می دهند. بیشتر دستگاه های مولد تولید نیروی Cummins بیشتر از اندازه ی یک مولد در دسترس دارند، که این امر منجر به امکان استفاده شدن در گستره ی وسیعی از کاربرد ها گشته است.

خیلی از دینام های دستگاه مولدی خاص درجه بندی های متفاوتی مثل ۱۲۵/۱۰۵/۸۰ (S,P,C) دارند. این امر بدین معنی است که انتخاب دینام بسته به درجه دستگاه مولد در محدوده ی دمایی متفاوتی عمل می کند، به این صورت که در درجه استندبای، در محدوده ی افزایش دمایی ۱۲۵ درجه سانتی گراد، در درجه ابتدایی در محدوده ی افزایش دمایی ۱۰۵ درجه، و در درجه ی دامنه دار در محدوده ی افزایش دمایی ۸۰ درجه باقی می ماند.

۴-۲-۳ توضیحات مکمل (Additional Guidelines)

۴-۲-۳-۱ شرایط محیطی (Environmental Conditioning)

در محیط های شور، احتمال ته نشینی سدیم کلرید بر عایق ها، سطوح فلزی عایق نشده (الزاما نه از جنس آهن) و دیگر موارد منجر به دو مساله ی مرتبط به هم می شود: زنگ زدگی و جذب رطوبت که باعث می شود عایق لطمه بخورد. از بین بردن رطوبت از جو محفظه مولد تا حد توان از اهمیت بالایی برخوردار است. این زدودن باید هم در زمان ورود احتمالی رطوبت و هم پس از ورود آن، هنگامی که ممکن است چگالش صورت گیرد انجام پذیرد. دریچه های باید از نوع ضد باران باشند و مسیری پیچشی با سرعت درون کشی پایین داشته باشند تا ذرات رطوبت در قسمت درون کشی به هم بپیوندند. این امر ته مانده ای از رطوبت را به جا می گذارد و یک صفحه ی فلزی باید از تماس مستقیم آن با انتهای دینام جلوگیری کند. دینام باید این امکان را داشته باشد که هوای مورد نیاز خود را از هوایی که در دستگاه گذر می کند تامین کند، در مسیر صحیحی که از جریان دوباره جلوگیری شود، و نه از هوایی که به طور مستقیم به دستگاه می خورد. بدین ترتیب، مسیرهای پیچشی اضافی ایجاد شده این فرصتی بیشتر را در اختیار رطوبت قرار می دهند تا قبل از ورود به دینام به هم پیوسته و ته نشین شوند. ممکن است ایجاد مسیرهای پیچشی اضافی میزان جلوگیری از جریان هوا را افزایش دهد و لذا مدل سازی جریان هوا قبل از ساخت و ساز ضروری است.

محیط محفظه باید دارای گرم کن های محیطی باشد، به اندازه ای که بتواند دمای محفظه را حداقل پنج درجه سلسیوس افزایش دهد و توسط کنترل کننده های دمایی و رطوبتی هدایت شود. در هنگامی که هوا گرم و مرطوب است محفظه موتور را تهویه کنید چرا که این عمل می تواند بدون گرم کردن بیجای محفظه، رطوبت را کاهش دهد. کنترل تهویه هوا با استفاده از ترکیب کنترل کننده های دمایی و رطوبتی بار گذاری الکتریکی را مقرون به صرفه می کند. گرم کن های ضد چگالش در دینام ها در این گونه استفاده ها اجباری هستند، و باید به یک منبع الکتریکی با اندازه ی مناسب وصل شوند و در شرایطی که چالش رخ می دهد، و مولد بی حرکت است فعال باشند.

محفظه باید با دریچه های باز کننده ی فنر–مسدود کننده ی موتور متناسب باشد و این دریچه ها باید بلافاصله پس از توقف کار دستگاه بسته شده، و با افزایش غیرعادی دما سازگار باشند. تمامی قسمت های محفظه باید یا گالوانیزه شوند، با پودر پوشش داده شوند، و یا با رنگ ضد نمک پوشیده شوند تا از پوسیدگی جلوگیری شود، و باید توجه خاصی به نقاطی معطوف شود که ممکن است در آن ها رطوبت باقی بماند.

۴-۲-۳-۲ آب در محفظه (Water within the enclosure)

آبی که وارد محفظه می شود نباید در زیر دینام جمع شود، چرا که جریان درون کش هوا باعث افزایش تلاطم زیر دستگاه شده و ممکن است به قطرات آبی که احتمالا به روغن، نفت، مواد خنک کننده و یا نمک آلوده شده اند این امکان را دهد که وارد دستگاه شوند. اگر آب زیر دینام قرار گیرد، صفحه ی محافظی را به دستگاه اضافه کنید تا از کشیده شدن قطرات به جریان درون کش هوای دینام جلوگیری شود.

۴-۲-۳-۳ محافظت از سیم پیچی (Winding Protection)

در گستره های خاصی از دینام ها، CGT میتواند پردازش محیطی القایی قدرتمندی را به وجود آورد که منجر به محافظت بیشتر از سیم پیچی در برابر رطوبت می شود. این رویه تنها در مورد نگهدارنده ی اصلی قابل اجرا است. این پردازش اضافی منجر به کاهش درجه ای ۳ تا ۵ درصدی از درجه بندی های دامنه دار اوج (۱۵۰/۱۶۳ افزایش) می شود، اگر چه هیچ گونه کاهش درجه ای از این رویه در درجه بندی های دامنه دار اصلی (۱۰۵/۱۲۵ افزایش) ایجاد نمی شود. این پردازش را نباید جایگزینی برای پردازش های محیطی بالا باشد، بلکه باید در کنار آن ها به کار گرفته شود. پرداخت هزینه های اضافی برای این پردازش الزامی است چرا که زمان القا و مواد را افزایش می دهد.

۴-۲-۳-۴ محافظت از قسمت های فلزی بدون محافظ داخلی (metal internal parts Protection of bare)

CGT قادر است پردازشی افزون بر سطوح فلزی بدون محافظ داخل دستگاه ارائه کند. این ها شامل میله و بخش های مختلفی می شود که بر روی میله و استوانه ی دستگاه سوار می شوند. این پردازش مشمول هزینه های اضافی می شود.

۴-۲-۳-۵ عملیات (Operation)

دستگاه و کنترل های سیستم باید به گونه ای اندازه گیری و برنامه ریزی شوند که دینام در سطح باری مناسبی عمل کند تا از این که سیم کشی به حداقل دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس رسیده و در آن دما بماند اطمینان حاصل شود. این دما باید در سردترین شرایطی دست یابد که در منطقه میتوان با آن مواجه شد. این امر باعث می شود سیم کشی ها در شرایط عاری از رطوبت باقی بمانند و رطوبت از سیم کشی ها دور بماند.

۴-۲-۳-۶ بار غیر خطی (Non-linear Load)

به دلیل تسلط بارهای غیر خطی بر این مناطق، CGT توصیه می کند که اگر دستگاه های P7x استفاده می شوند، به عنوان PE7 (طرح تولید کار گذاشته ی دستگاه) مشخص شوند. طرح های مولد های PE7 می توانند عوامل بیشینه ی بالاتری که در این کاربرد ها وجود دارند را فراهم کنند. دستگاه باید در درجه بندی کلاس F اندازه گیری شود که منجر به کاهش درجه می شود اما تاثیر گرمایشی و مقاومت واکنشی موثر دستگاه کمتری را به همراه دارد، لذا شکل موجی بهتری را پدید می آورد.

۴-۲-۳-۷ فیلترها (Filters)

CGT فیلتر هایی را که نفوذ آب در آن ها یک معضل به شمار می رود را برا کاربرد توصیه نمی کند. فیلترها فقط باید برای از میان برداشتن ذره های خشک به کار روند. فیلترها به سرعت خیس شده و درون کشی هوا را محدود می کنند، و بعد از خاموش شدن، آب موجود در فیلتر جو موجود در دینام را بسیار مرطوب می کند که باعث افزایش رشد کپک می شود.

۴-۲-۳-۸ ساز و کار نگه داری (Maintenance Regime)

برنامه ای ماهیانه بدین صورت اجرا می شود که در آن مولد به مدت چهار ساعت یا بیشتر در دمای کارکردی معمول (سیم کشی حداقل در ۱۰۰ درجه سلسیوس) قرار گرفته تا سیم کشی ها را در قرار گرفتن در شرایط عاری از رطوبت یاری کند و از شکل گیری کپک جلوگیری کند.

۴-۲-۴ سیم کشی ها و اتصالات (Windings and Connections)

مولد ها در سیم کشی ها و پیکر بندی اتصالی گوناگون موجود هستند. آشنایی با بعضی واژگانی که مورد استفاده واقع می شوند ما را در تصمیم گیری در مورد بهترین مولد برای کاربرد خود یاری می کند.

۴-۲-۴-۱ قابل اتصال مجدد (Windings and Connections)

خیلی از دینام ها با خروجی های انفرادی سیم کشی های جدای مرحله ای طراحی شده اند که می توانند به پیکر بندی های WYE یا دلتا متصل شوند. این دینام ها اغلب دینام های ۶ لید نامیده می شوند. دینام های قابل اتصال مجدد اکثرا دارای شش سیم کشی جدا هستند، که هر جفت از آن ها در هر مرحله قرار دارند و می توانند به صورت سری یا موازی، و یا در پیکر بندی های wye یا دلتا به طور مجدد متصل شوند. این دینام ها قابل اتصال مجدد ۱۲ لیدی نامیده می شوند. این نوع دینام ها عمدتا با هدف قابلیت تنظیم و بازدهی در ساخت تولید می شوند و در کارخانه طبق پیکر بندی های مورد نیاز متصل و آزمایش می شوند.

۴-۲-۴-۲ گستره وسیع (Broad Range)

بعضی دینام ها به گونه ای طراحی شده اند تا گستره ی وسیعی از خروجی های سطحی ولتاژی مثل گستره ی ۲۰۸ تا ۲۴۰ یا ۱۹۰ تا ۲۲۰ ولت را تنها با تنظیم سطح برانگیختگی تولید کنند. هنگامی که به این دینام ها قابلیت اتصال مجدد نیز اضافه گردد، به آن ها قابل اتصال مجدد گستره وسیع اطلاق می شود.

۴-۲-۴-۳ گستره توسعه یافته (Extended Range)

این اصطلاح در مورد دینام هایی استفاده می شود که گستره ی ولتاژ بالاتری نسبت به دینام های گستره وسیع تولید می کنند. در شرایطی که دینام گستره وسیع ۴۸۰-۴۱۶ ولت سطحی تولید می کند، دینام گستره توسعه یافته ۴۸۰-۳۸۰ ولت تولید می کند.

۴-۲-۴-۴ گستره محدود (Limited Range)

همان گونه که از نام آن ها پیداست، دینام های گستره محدود قابلیت تنظیم گستره ی ولتاژ سطحی بسیار محدودی دارند (به عنوان مثال ۴۸۰-۴۴۰ ولت) و یا به این منظور تولید شده اند که تنها یک ولتاژ سطحی خاص و یا ارتباط مثل ۴۸۰ ولت WYE تولید کنند.

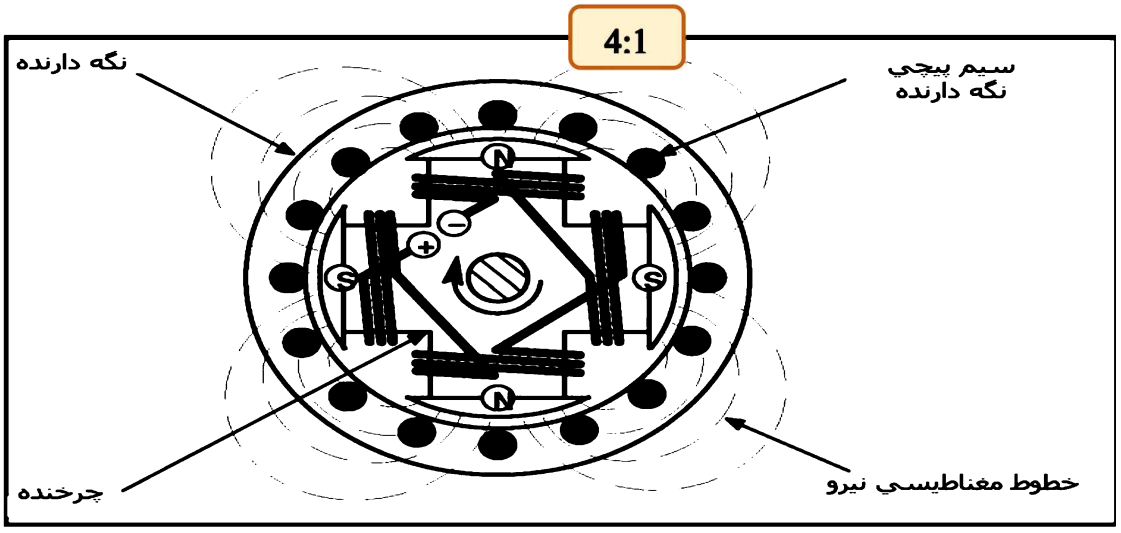
۴-۲-۴-۵ شروع موتور افزایش یافته (Increased Motor Starting)

این واژه جهت توصیف دینام های بزرگ تر و یا دارای ویژگی های سیم کشی خاص است که ظرفیت جریان شروع موتور بالاتری تولید می کنند. با این حال، همان طور که در قبل نیز به آن اشاره شد، قابلیت شروع موتور افزایش یافته نیز از طریق انتخاب دینام محدود کننده ی افزایش دمای کمتر نیز قابل دستیابی است.

۵-۲-۴ اصول پایه ای و برانگیختگی (Fundamentals and Excitation)

اطلاع داشتن از اصول پایه ای مولد های AC و سیستم های برانگیختگی مولد در ارتباط با واکنش بارگیری ناپایدار، فعل و انفعال رگلاتور ولتاژ با بار، و واکنش سیستم برانگیختگی نسبت به کاستی های خروجی مولد امری ضروری است.

یک مولد انرژی مکانیکی چرخشی را به انرژی الکتریکی تبدیل می کند. همان گونه که در شکل ۸ در صفحه ۶۷ مشخص است، مولد اساسا از یک آرمیچر و یک قسمت نگه دارنده (محور ثابت؟) تشکیل شده است. آرمیچر صفحه ی مولد را حمل می کند (به صورت ۴ میله نشان داده شده است)، که توسط موتور به چرخش در می آید. انرژی صفحه توسط منبع DC، که مولد راه انداز نامیده می شود و به انتهای + و – سیم کشی های صفحه متصل است، فراهم می شود. مولد به گونه ای طراحی شده است که زمانی که موتور آرمیچر را به کار می اندازد، خطوط نیروی میدان مغناطیسی به صورت عمودی در طول سیم کشی های محور ثابت قطع می شوند، و ولتاژ در عامل سیم کشی محور ثابت را به وجود می آورند. هر زمان که قطبیت تغییر می کند (دوبار در هر گردش در مولد های چهار ستونه) ولتاژ در عامل سیم کشی معکوس می شود. به طور معمول، یک مولد ۴ برابر محل سیم کشی بیشتری از آن چه که نشان داده شده است دارد، و احتمال دارد خروجی ای سینوسی، متناوب و یک یا سه مرحله ای داشته باشد.



شکل ۸. بخش متقاطع مولد ۴ ستونه (محور ثابت، سیم کشی های محور ثابت، آرمیچر، خطوط مغناطیسی نیرو)

ولتاژ تولید شده در هر عامل سیم کشی به نیروی میدان (که می تواند با تراکم بالاتر خطوط نیرو نشان داده شود)، سرعت قطع عوامل سیم کشی توسط خطوط نیرو (rpm) و طول توده بستگی دارد. لذا به منظور تغییر دادن ولتاژ خروجی مولدی با اندازه و سرعت عملیاتی داده شده، باید قدرت میدان را تغییر داد. این امر توسط رگلاتور ولتاژ که جریان خروجی مولد راه انداز را کنترل می کند انجام می شود.

مولد ها به سیستم های راه انداز خود برانگیخته یا جدا برانگیخته مجهز هستند.

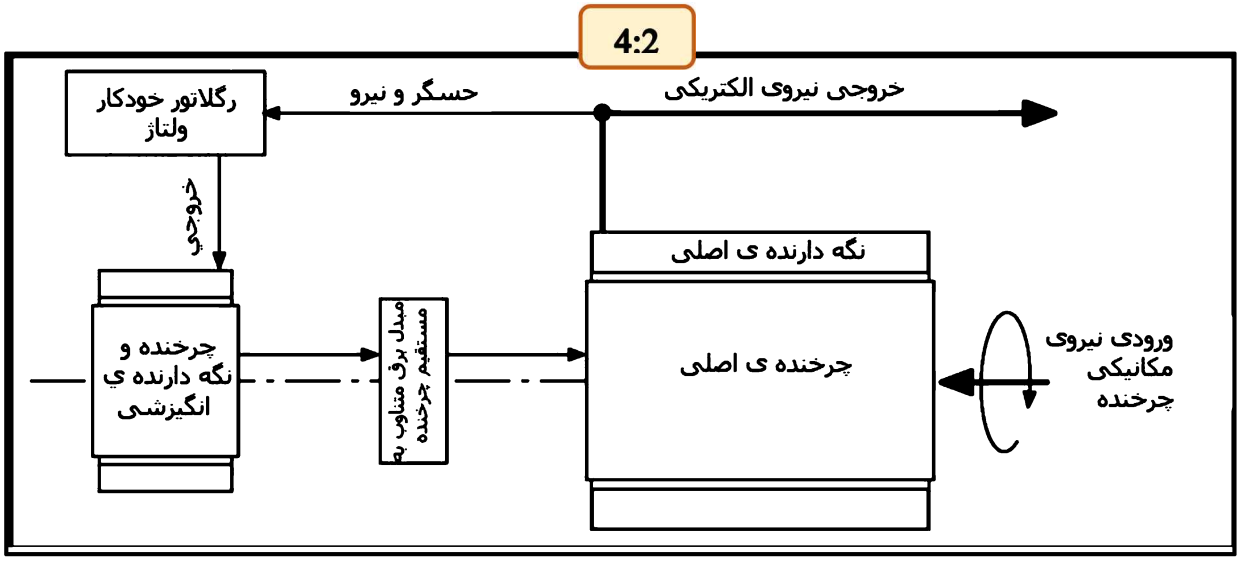
۱-۵-۲-۴ مولد های خود برانگیخته (Self-Excited Generators)

سیستم برانگیختگی یک مولد خود برانگیخته از طریق استفاده (انشعاب گرفتن) از نیروی خروجی مولد و با استفاده از رگلاتور ولتاژ اتوماتیک (AVR) انجام می شود. رگلاتور ولتاژ و فرکانس خروجی مولد را دریافت می کند، آن ها را با مقادیر توصیه شده مقایسه می کند و سپس خروجی DC تنظیم شده ای را به سیم کشی میدانی مولد راه انداز می فرستد. میدان مولد راه انداز خروجی AC را در آرمیچر راه انداز ایجاد می کند، که بر روی محور در حال چرخش و انرژی دار مولد است. خروجی مولد راه انداز توسط دیودهای در حال چرخش و بر محور مولد مستقیم شده تا DC را برای آرمیچر اصلی (میدان مولد) فراهم کند. رگلاتور ولتاژ به محض احساس تغییر در ولتاژ و فرکانس خروجی به دلیل تغییر در بار، جریان مولد راه انداز را افزایش یا کاهش می دهد، و لذا قدرت میدانی مولد افزایش یا کاهش پیدا می کند. خروجی مولد مستقیما با نیروی میدانی تناسب دارد. به شکل ۹ در صفحه ۶۹ رجوع شد.

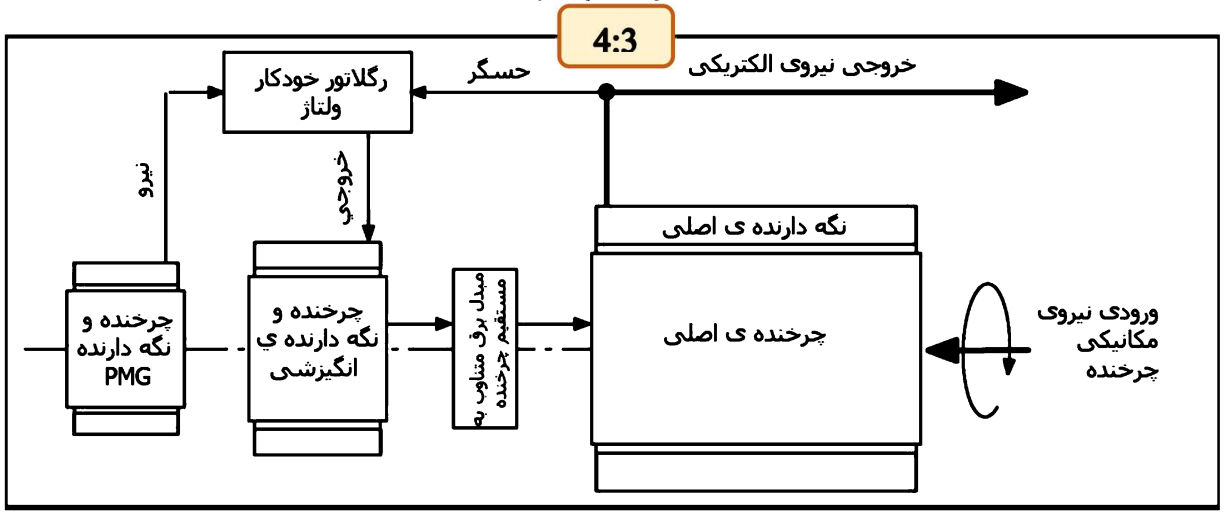
به طور معمول سیستم راه انداز یک مولد خود برانگیخته ارزان ترین سیستم موجود از یک تولید کننده است. در صورتی که دستگاه مولد نسبت به نوع کاربرد اندازه متناسبی داشته باشد، این سیستم سرویسی مناسب را در هرگونه شرایط اجرایی ارائه می دهد. مزیت سیستم خود برانگیخته نسبت به سیستم های جدا برانگیخته این است که سیستم خود برانگیخته به طور ذاتی در برابر شرایط جریان کوتاه متقارن قادر به محافظت از خود است چرا که میدان "افت می کند". لذا نیازی به یک جریان خط اصلی شکن برای محافظت از مولد و گردانندگان سطح اول پخش نیست و در انتها هزینه ی نصب سیستم پایین تر می آید.

کاستی های سیستم خود برانگیخته عبارتند از:

- ممکن است انتخاب مولدی بزرگ تر برای فراهم کردن عملکرد شروع موتور قابل قبول تر الزامی باشد.
- دستگاه های خود برانگیخته برای انرژی رساندن به میدان بر مغناطیسم پس مانده متکی باشد. اگر مغناطیسم پس مانده کافی نباشد، باید با منبع نیروی DC میدان را انرژی دار کرد.
- ممکن است این سیستم در برابر جریان های معیوب تا آن اندازه مقاومت نکند که قطع کننده های جریان رشته ی پایین را قطع کند.



شکل ۹. مولد خود برانگیخته



شکل ۱۰. مولد جدا برانگیخته (PMG)

۲-۵-۲-۴ مولد های جدا برانگیخته (Separately-Excited Generators)

سیستم برانگیختگی مولد جدا برانگیخته شبیه سیستم مولد خودبرانگیخته است، با این تفاوت که مولد مغناطیسی دائمی در انتهای محور مولد اصلی به رگلاتور ولتاژ انرژی می رساند. به شکل ۱۰ در صفحه ی ۶۹ مراجعه کنید. جریان برانگیختگی توسط بارهای مولد تحت تاثیر قرار نمیگیرد، چرا که خود منبع مستقلی از نیرو است. مولد قادر است جریان دو یا سه بار درجه دار شده را در حدود ده ثانیه حفظ کند. به این دلایل، سیستم های برانگیختگی مولد جدا برانگیخته برای مواردی که قابلیت شروع به کار موتور بهتر، کارکرد قابل قبول با بارهای غیر خطی و کارکرد طولانی تر مدار کوتاه مورد نیاز است پیشنهاد می شود. در صورت استفاده از این سیستم برانگیختگی محافظت از مولد در برابر شرایط خرابی مدار ضروری

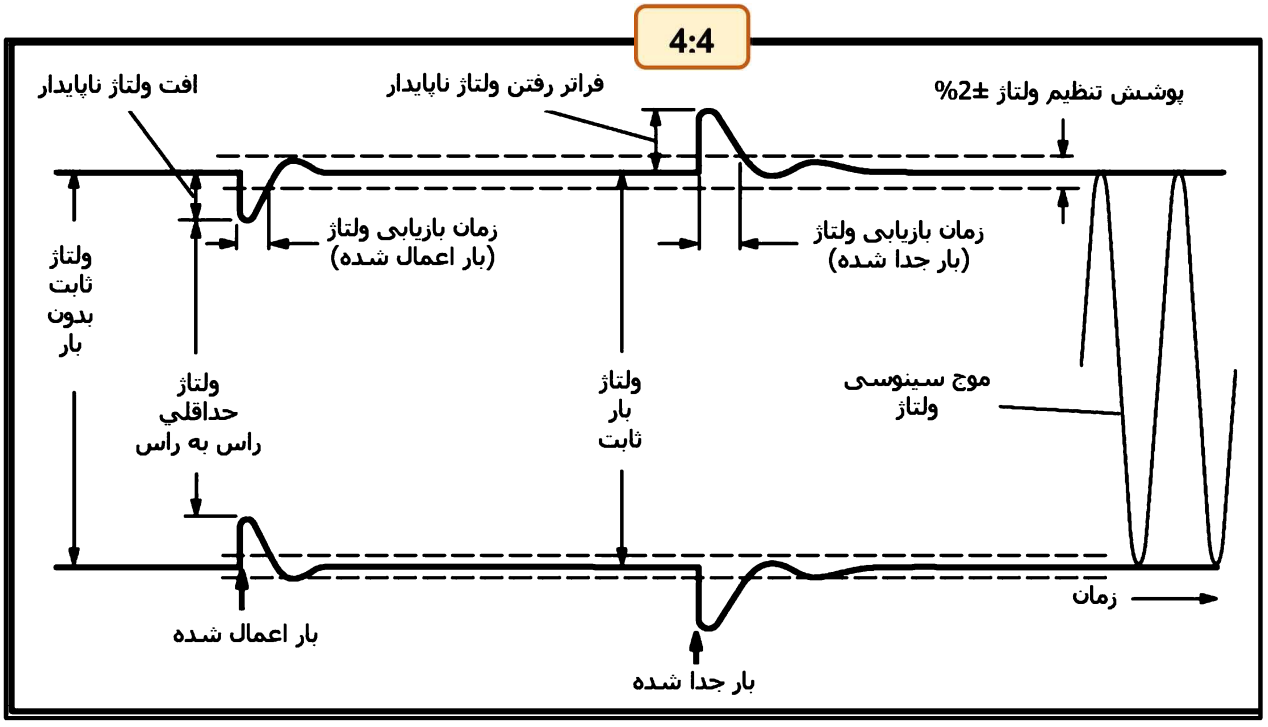
است چرا که مولد ممکن است آن قدر کار کند تا خراب شود. سیستم کنترل "پاور کامند" همراه با "امپ سنتری" محافظت لازم را با حفظ جریان مدار کوتاه و خاموش کردن دستگاه مولد قبل از صدمه دیدن دینام در هنگامی که خرابی مدار ادامه دار است فراهم می کند. به بخش ۵ در صفحه ی ۱۰۲ به منظور یافتن اطلاعات بیشتر در این مورد مراجعه شود.

۳-۵-۲-۴ بار گذاری ناپایدار (Transient Loading)

یک دستگاه مولد، بدون توجه به نوع سیستم برانگیختگی، از جنبه ی نیروی موتور (kW) و ولت آمپر مولد (kVA) منبع نیروی محدودی است. بدین دلیل، تغییر بار منجر به انحراف ناپایدار در ولتاژ و فرکانس می شود. شدت و طول این انحراف ها اصولا تحت تاثیر شاخصه های بار و اندازه ی دینام نسبت به بار است. یک دستگاه مولد در مقایسه با مبدل کاربردی معمول منبع آمپدانس نسبتا بالایی است.

شرح ولتاژ معمولی در مورد استفاده از بار و قطع آن در شکل ۱۱ صفحه ی ۷۱ نشان داده شده است. در سمت چپ نمودار ولتاژ ثابت بدون بار در سطح ۱۰۰ درصدی ولتاژ درجه بندی شده تنظیم می شود. هنگامی که باری به کار بسته شود، ولتاژ بلافاصله پایین می آید. رگلاتور ولتاژ کاهش ولتاژ را حس کرده و با افزایش جریان میدانی به منظور جبران کردن ولتاژ درجه بندی شده واکنش نشان میدهد. زمان بازیابی ولتاژ مدت زمان بین به کار بستن بار و بازگشت ولتاژ به پوشش تنظیم ولتاژ است (به صورت ± ۲٪ نشان داده می شود). به طور معمول، کاهش ولتاژ ابتدائی در زمانی که ۱۰۰٪ بار درجه بندی شده ی دستگاه مولد (در ۰٫۸ PF) در گام اول متصل است بین ۱۵ تا ۴۵ درصد ولتاژ سطحی است. بازیابی به میزان ولتاژ سطحی بسته به ماهیت بار و طرح دستگاه مولد بین ۱ تا ۱۰ ثانیه طول می کشد.

مهم ترین تفاوت بین یک دستگاه مولد و یک دستگاه کاربردی این است که در زمان به کار بردن ناگهانی بار در مورد دستگاه کاربردی، تغییر فرکانس به طور معمول رخ نمی دهد. هنگامی که بارها در مورد یک دستگاه مولد به کار می روند rpm (فرکانس) دستگاه افت می کند. دستگاه باید تغییر در سرعت را متوجه شد و میزان سوخت خود را به طور مجدد تنظیم کند تا در سطح باری جدید خود تنظیم را انجام دهد. تا زمانی که بار و درجه سوخت متناسب جدیدی به دست آید، فرکانس به جای این که سطحی باشد متفاوت است. به طور معمول، کاهش فرکانس در زمانی که ۱۰۰٪ باز درجه بندی شده در گام اول اضافه می شود بین ۵ تا ۱۵ درصد فرکانس سطحی کاهش پیدا می کند. ممکن است پروسه ی بازیابی چندین ثانیه طول بکشد.



شکل ۱۱. شرح ولتاژ معمول در استفاده و قطع بار

نکته: همه ی دستگاه های مولد معمول قادر نیستند ۱۰۰٪ بار دفع کننده را در یک مرحله بپذیرند.

عملکرد بین دستگاه های مولد متفاوت است چرا که در شاخصه های رگلاتور ولتاژ، پاسخ دستگاه کنترل سرعت، طرح مکش موتور سیستم سوختی (عادی یا با استفاده از افزون گر) و چگونگی متناسب بودن موتورها و مولد ها تفاوت وجود دارد. هدفی مهم در طراحی دستگاه مولد محدود کردن انحراف ولتاژ و فرکانس به سطوح قابل قبول است.

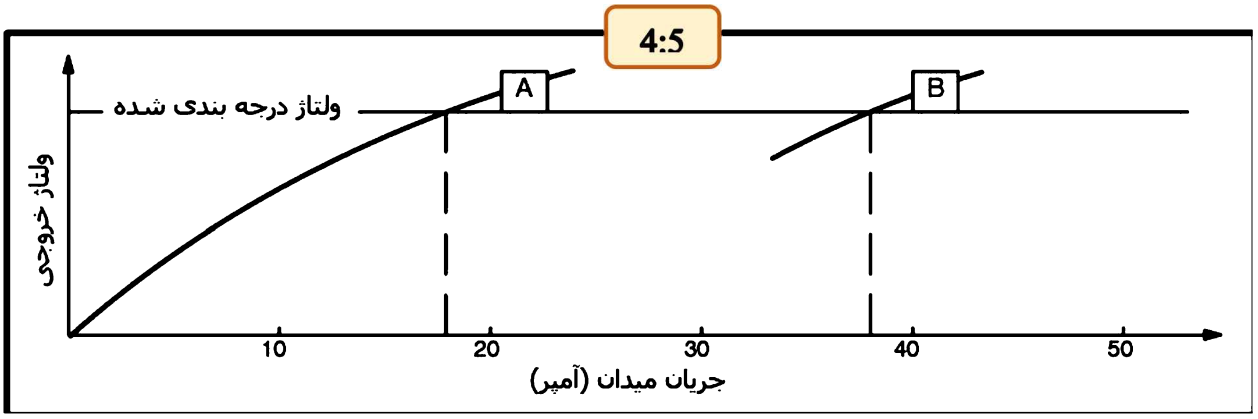
۴-۲-۵-۴ نمودارهای اشباع مولد (Generator Saturation Curves)

نمودارهای اشباع مولد ولتاژ خروجی مولد برای بارهای متفاوت را در حالتی که جریان اصلی سیم کشی میدان تغییر کرده است را نشان می دهند. برای یک مولد معمولی نشان داده شده، منحنی اشباع بدون بار A خط ولتاژ درجه بندی شده ی دستگاه مولد را در حالتی رد می کند که جریان میدان تقریبا ۱۸ آمپر است. به عبارتی دیگر، تقریبا با ۱۸ آمپر جریان میدانی نیاز است تا ولتاژ خروجی درجه بندی شده ی بدون بار حفظ شود. منحنی اشباع بار کامل B نشانگر این مساله است که در حالتی که نیروی بار کامل ۰٫۸ باشد، مقدار تقریبی ۳۸ آمپر جریان میدانی جهت حفظ ولتاژ خروجی مولد درجه بندی شده لازم است. به شکل ۱۲ در صفحه ی ۶۹ مراجعه شود.

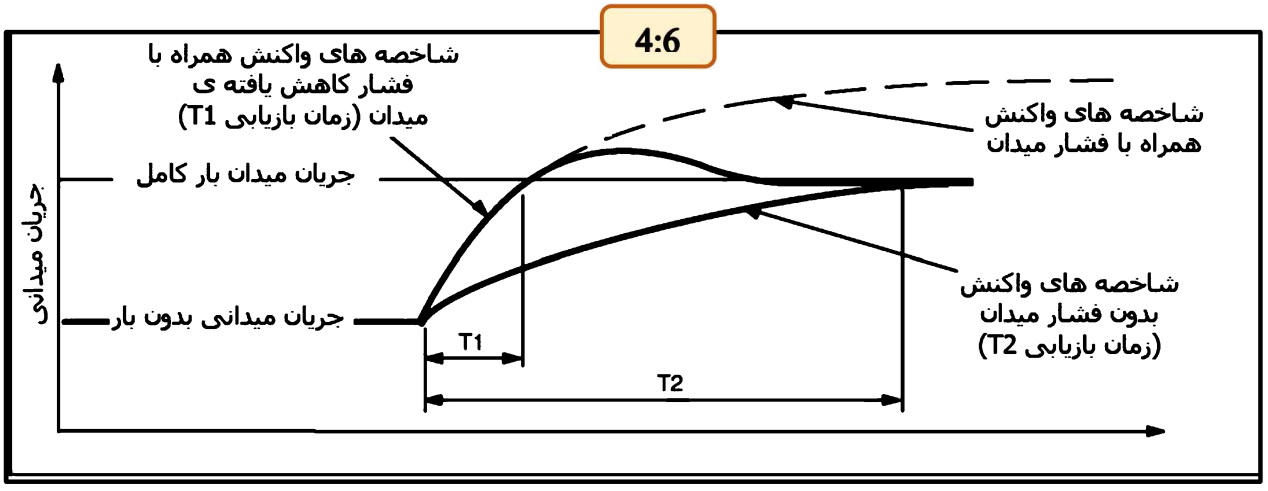
۵-۵-۲-۴ واکنش سیستم برانگیختگی (Excitation System Response)

جریان میدان را نمی توان به طور همزمان با واکنش به تغییر بار عوض کرد. رگلاتور، میدان برانگیخته کننده، و میدان اصلی همگی مقادیر زمانی ثابتی دارند که باید اضافه شوند. رگلاتور ولتاژ واکنش نسبتا سریعی دارد، در حالی که میدان اصلی واکنشی بسیار آهسته تر از میدان برانگیخته کننده دارد چرا که چندین برابر بزرگ تر است. باید به این مساله توجه داشت که واکنش یک سیستم خود برانگیخته تقریبا با واکنش سیستم جدا برانگیخته یکسان است چرا که مقدار ثابت زمان برای میدان های اصلی و برانگیخته کننده عاملی بسیار مهم در این مساله به شمار می روند، و در هر دو سیستم رواج دارند.

نیروی میدانی با در نظر گرفتن تمامی اجزاء سیستم برانگیختگی طراحی می شود تا زمان ریکاوری را بهبود بخشد. این نیرو باید به اندازه باشد که زمان ریکاوری را به حداقل برساند، اما نباید به حدی باشد که منجر به عدم ثبات (فراتر از حد معمول) شده و یا بر موتور (که منبع محدودی از نیرو است) غلبه کند. شکل ۱۳ در صفحه ی ۶۹ را ببینید.



شکل ۱۲. نمودار اشباع مولد معمول



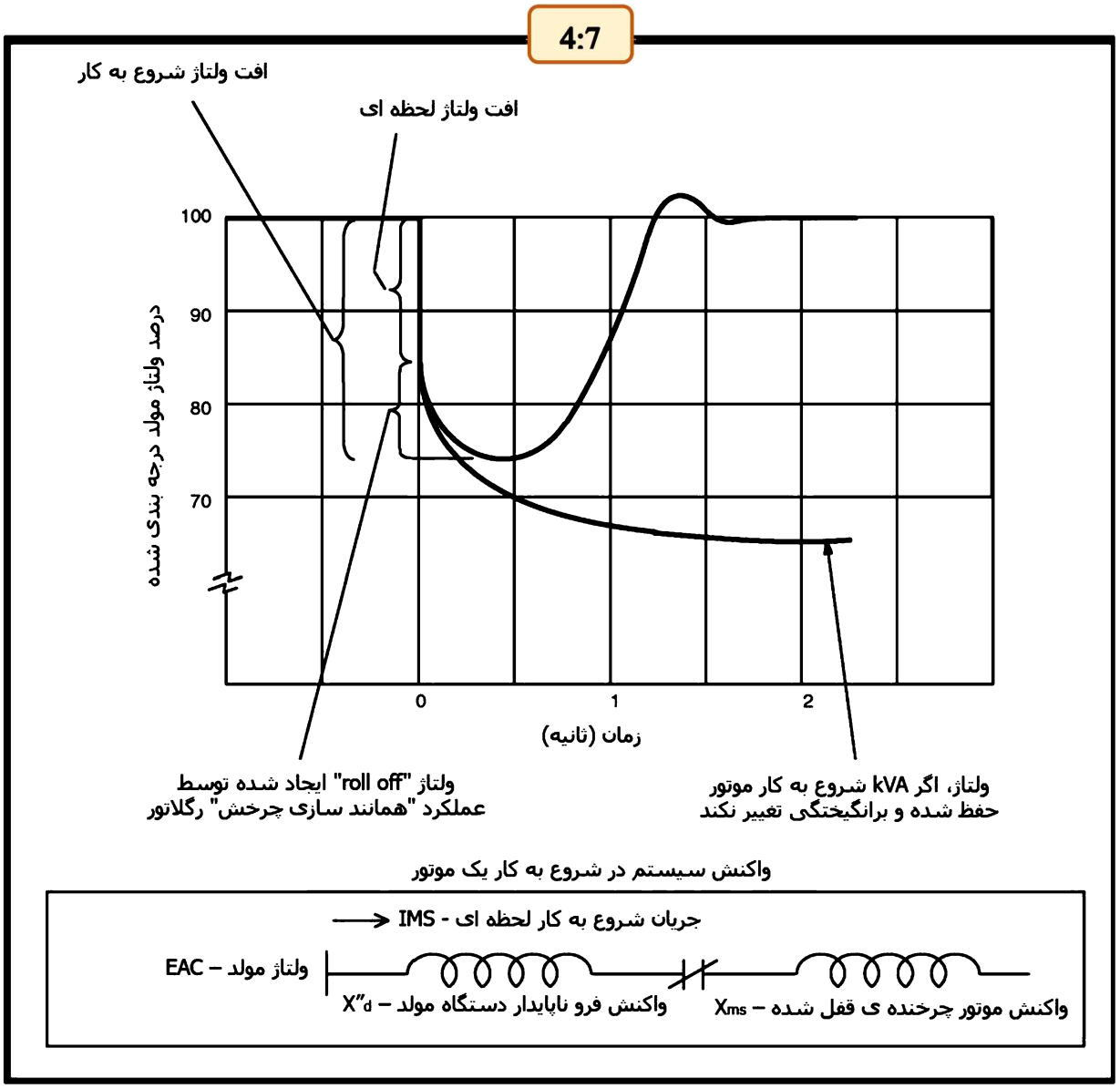
شکل ۱۳. شاخصه های واکنش سیستم برانگیختگی

۴-۲-۵-۶ واکنش شروع موتور (Motor Starting Response)

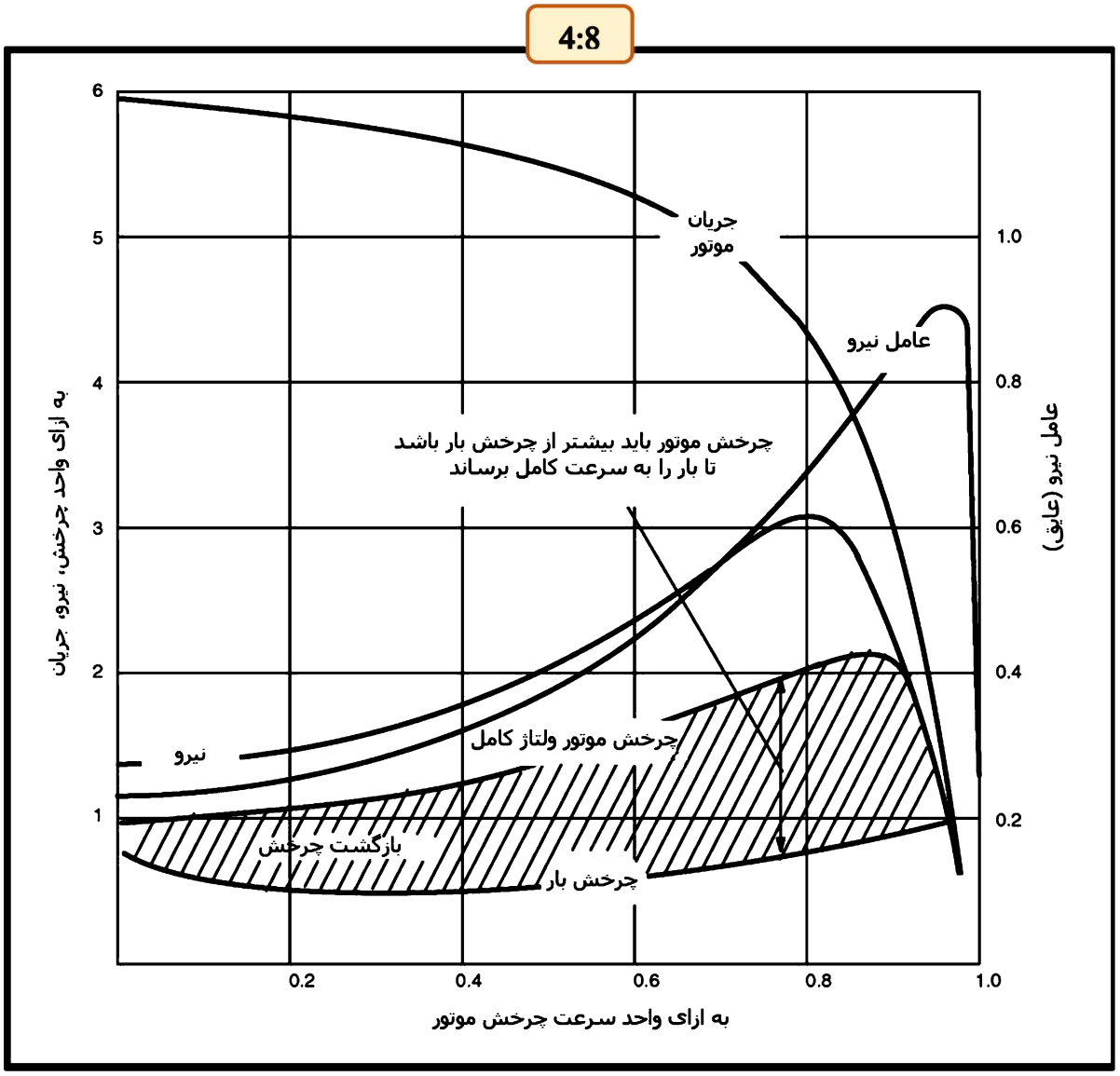
هنگامی که موتورها آغاز به کار کنند، کاهشی در ولتاژ آغازگر رخ می دهد که اساسا شامل کاهش ولتاژی آنی به علاوه ی کاهش ولتاژی که در نتیجه ی واکنش سیستم برانگیختگی رخ داده می شود. شکل ۱۴ در صفحه ی ۷۴ نشانگر این دو عامل است که با یکدیگر کاهش ولتاژ ناپایدار را نشان می دهند. کاهش ولتاژ آنی حاصل جریان چرخشی قفل شده ی موتور مقاومت واکنشی فرو ناپایدار دستگاه مولد است. این امر قبل از آنکه سیستم برانگیختگی بتواند با افزایش جریان میدانی واکنش نشان دهد رخ میدهد و لذا تحت تاثیر توع سیستم برانگیختگی قرار نمیگیرد. ممکن است این کاهش ولتاژ اولیه کاهش ولتاژ های بیشتری را به همراه داشته باشد که توسط عملکرد "همتایی گشتاور" رگلاتور ولتاژ به وجود می آید و ولتاژ را "roll off" می کند تا در صورت کاهش سرعت شدید موتور بار آن را خالی کند. یک دستگاه مولد باید به صورتی طراحی شود که زمان ریکاوری را بهبود بخشد، و در عین حال از عدم ثبات و یا کار کشیدن بیش از حد از موتور جلوگیری کند.

۴-۲-۵-۷ چرخش قفل شده ی kVA (Locked Rotor kVA)

جریان آغازگر موتور (چرخش قفل شده) شش برابر جریان درجه بندی شده است و تا زمانی که موتور به سرعت درجه بندی شده ای که در شکل ۱۵ در صفحه ی ۷۵ نشان داده شده نرسد به طور چشمگیری کاهش پیدا نمی کند. این جریان های "درون شتاب" موتور منجر به کاهش ولتاژ مولد می شوند. در ضمن، نیروی موتور لازم برای شروع به کار موتور هنگامی که موتور به میزان تقریبی ۸۰ درصد سرعت درجه بندی شده برسد، در میزان سه برابر نیروی درجه بندی شده ی موتور اوج می گیرد. اگر موتور دستگاه سه برابر نیروی درجه بندی شده ی موتور را نداشته باشد، رگلاتور ولتاژ، ولتاژ مولد را "roll off" می کند تا بار موتور دستگاه را تا میزانی خالی کند که بتواند آن را حمل کند. تا زمانی که گشتاور موتور حین شتاب گرفتن بیشتر از گشتاور بار باشد، موتور قادر است بار را تا آخرین سرعت شتاب دهد. به طور معمول ریکاوری ۹۰ درصدی ولتاژ درجه بندی شده (۸۱ درصد گشتاور موتور) قابل قبول است چرا که تنها افزایشی نامحسوس در زمان شتاب گیری موتور به وجود می آورد.



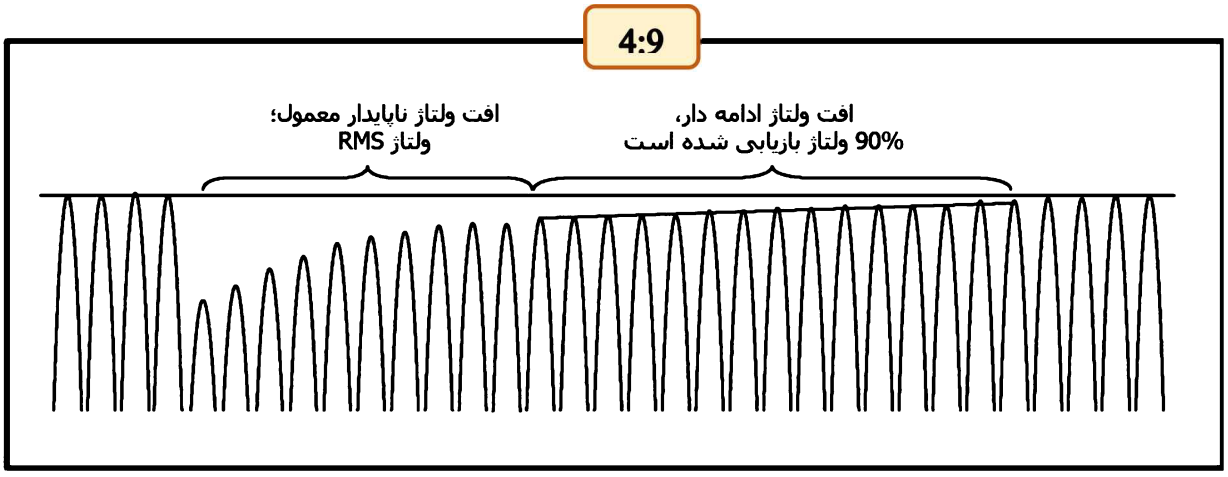
شکل ۱۴. کاهش ولتاژ ناپایدار



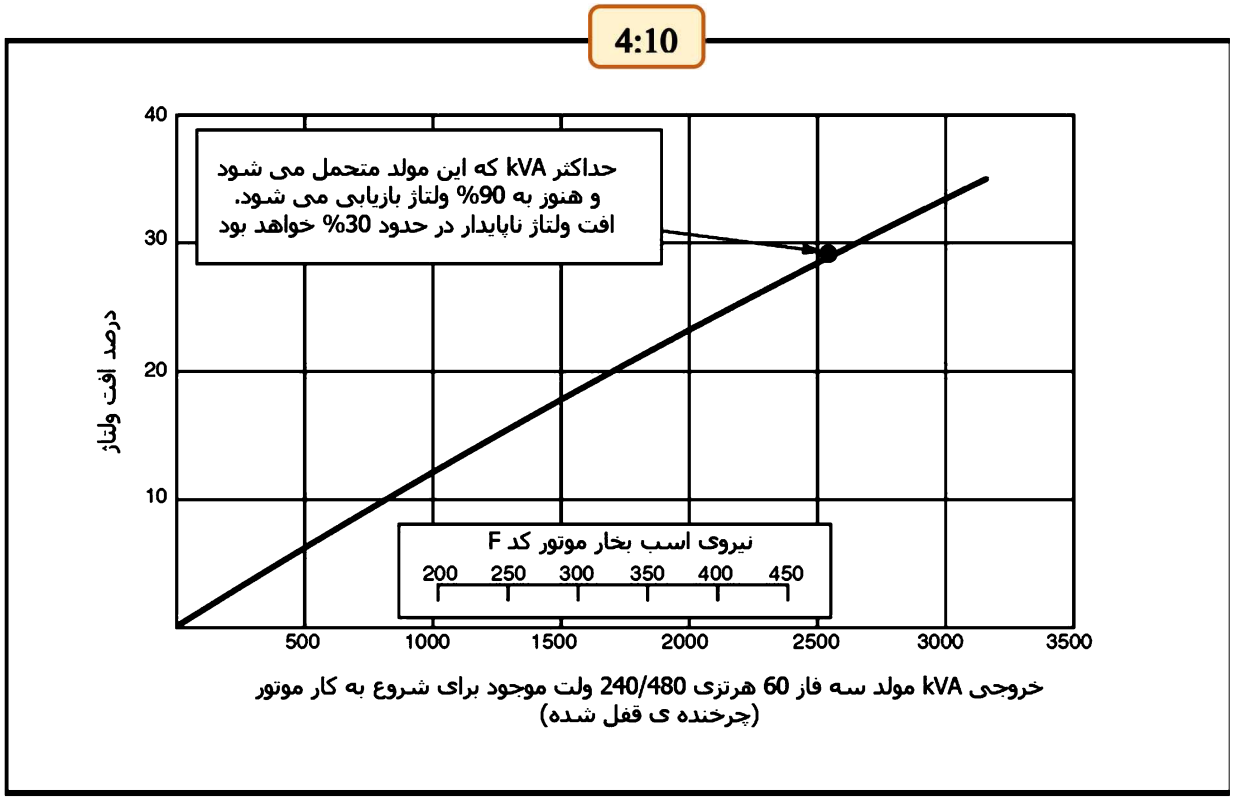
شکل ۱۵. شاخصه های موتور شروع کننده ی طول خطی معمول

۸-۵-۲-۴ افت ولتاژ ادامه دار (Sustained Voltage Dip)

همان طور که در شکل ۱۶ صفحه ی ۷۳ نشان داده شده است، بعد از کاهش شدید ولتاژ ناپایدار که به مدت نسبتا کوتاهی (معمولا کمتر از ۱۰ دوره اما برابر با چند ثانیه) رخ می دهد، دوره ریکاوری ولتاژ ادامه داری روی می دهد. همانند آن چه که در شکل ۱۷ صفحه ی ۷۳ دیده می شود، بیشینه ی kVA شروع موتور در برگه ی مشخصات دستگاه مولد بیشینه ی kVA ای است که مولد می تواند آن را حفظ کند و در عین حال قادر باشد به ۹۰ درصد ولتاژ درجه بندی شده برگردد. باید به این نکته توجه داشت که این بیشینه تنها عملکرد ترکیبی مولد، مولد راه انداز و AVR است. عملکرد شروع موتور یک دستگاه مولد علاوه بر خود مولد، به موتور و رگلاتور ولتاژ و سرعت موتور بستگی دارد.



شکل ۱۶. افت ولتاژ ادامه دار



شکل ۱۷. نمودار معمول افت ولتاژ ناپایدار مولد NEMA در مقایسه با KVA شروع موتور

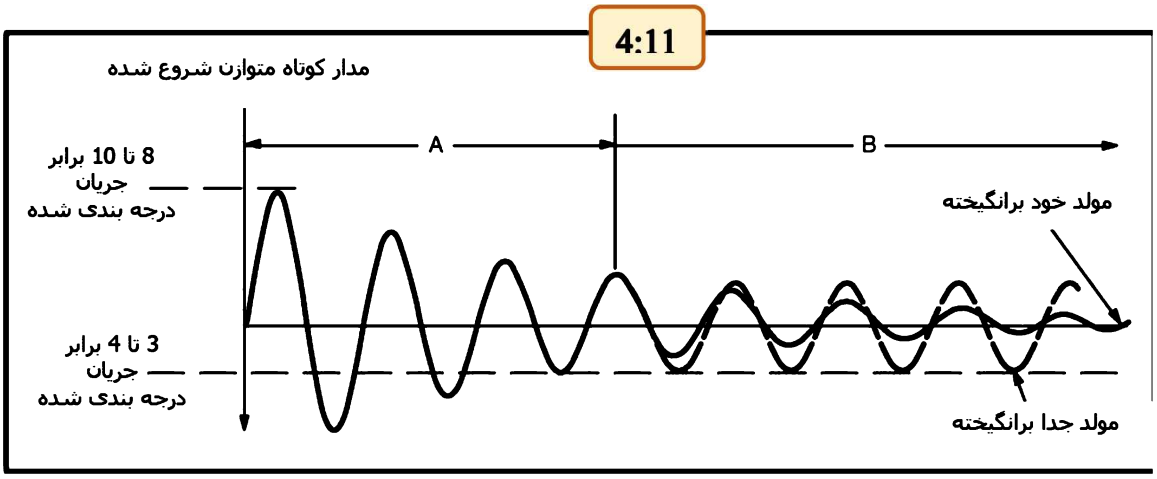
۹-۵-۲-۴ واکنش خطا (Fault Response)

واکنش خطای جریان کوتاه مولد های خودبرانگیخته و جدا برانگیخته متفاوت است. یک مولد خود برانگیخته مولدی با "میدان افت کرده" محسوب می شود چرا که در زمانی که ترمینال های خروجی مولد کوتاه شده اند (چه کوتاه سازی ۳ مرحله ای و یا L-L کوتاه شده در طول مراحل حسی) میدان افت می کند. یک مولد جدا برانگیخته می تواند میدان مولد را حین یک جریان کوتاه حفظ کند چرا که برانگیختگی توسط مولد مغناطیسی دائمی جدایی فراهم می شود. شکل ۱۸ در صفحه ی ۷۸ نشان گر واکنش جریان مدار کوتاه متقارن سه مرحله ای معمول مولد های خود و جدا برانگیخته است. جریان مدار کوتاه ابتدائی در ظاهر هشت تا ده برابر جریان مولد درجه بندی شده است و عملکردی از واکنش متقابل نیمه پایدار مولد می باشد (1/X"d) . برای چند چرخه ی اول (A)، عملا تفاوتی در واکنش بین مولد های خود و جدا برانگیخته وجود ندارد چرا که در زمان محو شدن انرژی میدانی، این دو منحنی کاهش جریان مدار کوتاه یکسانی را دنبال می کنند. بعد از چند چرخه ی اول (B)، یک مولد خود برانگیخته آنقدر منحنی کاهش مدار کوتاه را ادامه می دهد تا به جریان صفر برسد. یک مولد جدا برانگیخته، به دلیل گرفتن انرژی میدانی خود از منبعی مستقل، می تواند ۲,۵ تا ۳ برابر جریان درجه بندی شده را با به کار گرفتن خطای سه مرحله ای حفظ کند. این میزان جریان را می توان تا ده ثانیه حفظ کرد، بدون اینکه به دینام صدمه ای وارد شود.

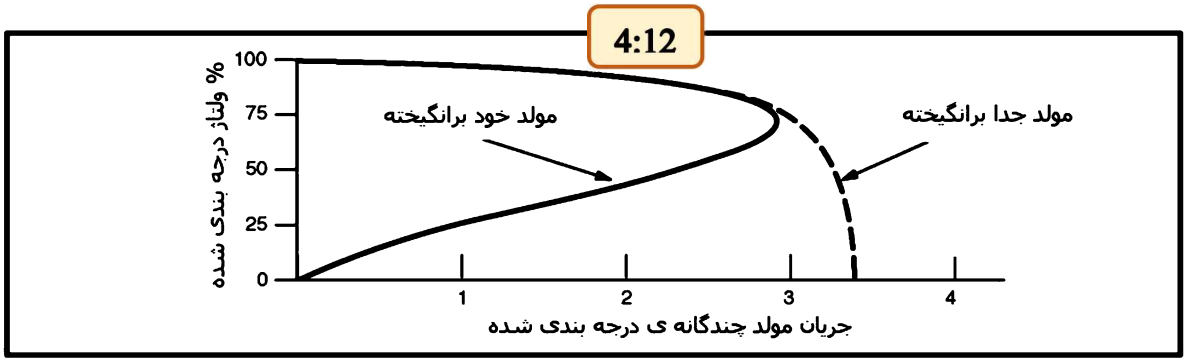
شکل ۱۹ در صفحه ی ۷۸ راه دیگری برای نشان دادن تفاوت واکنش به خطاهای سه مرحله ای است. اگر مولد خود برانگیخته باشد، ولتاژ و جریان در زمانی که جریان به بالاتر از خمیدگی منحنی افزایش پیدا کند به صفر می رسد. یک مولد جدا برانگیخته می تواند مدار کوتاه مستقیمی را حفظ کند چرا که برای نیروی برانگیختگی به ولتاژ خروجی مولد نیاز ندارد.

۱۰-۵-۲-۴ دماهای سیم کشی مدار کوتاه (Short Circuit Winding Temperatures)

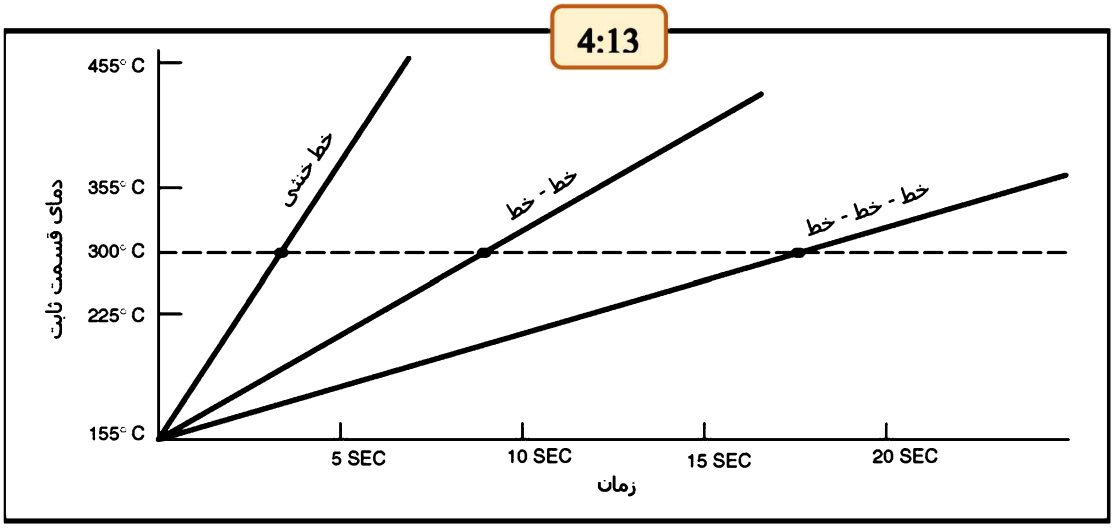
مشکلی که باید در حفظ جریان مدار کوتاه به آن توجه داشت این است که مولد ممکن است قبل از اینکه مدار شکن به کار بیفتد تا جلوی خرابی مدار را بگیرد صدمه ببیند. جریان های مدار کوتاه می توانند به سرعت سیم کشی های نگهدارنده ی مولد را بیش از داغ کنند. به عنوان مثال، یک مدار اتصال کوتاه L-N نامتعادل در یک مولد جدا برانگیخته ای که برای حفظ جریان درجه بندی شده ی سه برابر طراحی شده است منجر به ایجاد جریانی ۷,۵ برابر جریان درجه بندی شده می شود. در آن سطح از جریان، با فرض این که دمای اولیه ی سیم کشی ۱۵۵ درجه سلسیوس باشد، در کمتر از پنج دقیقه سیم کشی به ۳۰۰ درجه سلسیوس می رسد – دمایی که در آن صدمات فوری و دائمی به سیم کشی وارد می شود. یک مدار اتصال کوتاه L-L نامتعادل چند ثانیه بیشتر نیاز دارد تا سیم کشی ها را به دمای ۳۰۰ درجه سلسیوس برساند، و یک مدار اتصال کوتاه متعادل نیز کمی دیرتر این کار را انجام می دهد. به شکل ۲۰ در صفحه ی ۷۸ و بخش ۳-۴-۵ در صفحه ی ۱۳۷ مراجعه کنید.



شکل ۱۸. واکنش متوازن جریان اتصال کوتاه سه مرحله ای



شکل ۱۹. قابلیت مدار کوتاه



شکل ۲۰. دماهای تقریبی سیم کشی مدار کوتاه

همان طور که خواننده می تواند از این بخش طولانی از فصل در مورد موارد اصولی و برانگیختگی متوجه شود، تنها دو شکل اساسی سیستم های برانگیختگی بر شاخصه های عملکردی بسیار متنوعی تاثیرگذار هستند. عملکرد ثابت یکنواخت، شرایط ناپایدار، شروع به کار موتور، واکنش به خطا و دیگر موارد توسط این سیستم تحت تاثیر واقع می شوند. این تاثیرات در شاخصه ها اهمیت والایی در بررسی عملکرد سیستم دارند. در پایین خلاصه ای در مورد شاخصه های متمایز کننده ی سیستم های خود و جدا برانگیخته آمده است.

- خود برانگیخته
  - کاهش ولتاژ بیشتر
  - افت میدان
  - حسگر معمول تک مرحله ای
  - تاب کمتر در برابر بارهای غیر خطی
  - شروع کننده ی موتور ضعیف تر
- جدا برانگیخته
  - کاهش ولتاژ کمتر
  - جریان خطای حفظ شده
  - حسگر RMS سه مرحله ای
  - امنیت بیشتر در برابر بارهای غیر خطی
  - شروع کننده ی موتور بهتر

۴-۳ موتورها (Engines)

۴-۳-۱ دستگاه کنترل سرعت موتور (Governors)

۴-۳-۱-۱ دستگاه های کنترل سرعت موتور مکانیکی (Mechanical Governors)

کنترل سرعت موتور مکانیکی، همان گونه که از نام آن پیداست، سوخت رسانی موتور را بر اساس حسگر مکانیکی RPM موتور از طریق flyweight و یا مکانیزم های مشابه کنترل می کند. این سیستم ها ۵-۳ درصد کاهش سرعت از وضعیت بدون بار به بار کامل که از طراحی نشات می گیرد را نشان می دهند. این نوع سیستم به طور کلی ارزان ترین نوع است و برای کاربردهایی که در آن ها کاهش فرکانس برای بارهایی که به کار می روند مشکلی پدید نمی آورد مناسب است. بعضی از دستگاه های مولد کنترل سرعت مکانیکی را نیز فراهم آورده اند.

۲-۱-۳-۴ دستگاه های کنترل سرعت موتور الکترونیکی (Electronic Governors)

کنترل سرعت موتور الکترونیکی در مواردی استفاده می شود که کنترل سرعت همزمان (کاهش صفر) مورد احتیاج است و یا ابزار همزمان سازی و موازی سازی فعال مشخص شده است. RPM موتور معمولا توسط حسگر الکترومغناطیسی اندازه گیری شده و سوخت رسانی موتور با سولنوئید هایی که توسط مدارهای الکترونیکی به دست می آیند کنترل می شود. این مدارها، خواه کنترل کننده های مستقل باشند و یا بخشی از کنترل کننده دستگاه مولد ریزپردازشگر باشند، الگوریتم های پیچیده ای را جهت حفظ دقیق کنترل سرعت (و همچنین فرکانس) به کار می برند. کنترل سرعت موتور الکترونیکی به دستگاه مولد این امکان را می دهد تا در مواجهه با چند نوبت بار ناپایدار سریع تر از کنترل سرعت موتور مکانیکی ریکاور شود. کنترل سرعت موتور الکترونیکی همیشه باید در مواردی که بار شامل ابزار UPS می شود مورد استفاده قرار گیرد.

موتور های مدرن، خصوصا موتور های دیزلی که سیستم های سوخت رسانی الکترونیکی کاملا خودکاری دارند، تنها با سیستم های کنترل سرعت موتور الکترونیکی فراهم می شوند. تقاضا یا شرایط تنظیم برای دستیابی به راندمان سوخت بهبود یافته، انتشار دود کم، و دیگر مزایا به کنترل دقیقی که توسط این سیستم ها قابل دسترسی است نیازمند است.

۲-۳-۴ سیستم های شروع موتور (Engine Starting Systems)

۱-۲-۳-۴ شروع باتری (Battery Starting)

سیستم های شروع باتری برای دستگاه های مولد معمولا ۱۲ ولت تا ۲۴ ولت هستند. به طور معمول دستگاه های کوچک تر از سیستم های ۱۲ ولتی و دستگاه های بزرگتر از سیستم های ۲۴ ولتی استفاده می کنند. شکل ۲۱ در صفحه ی ۸۲ نشان گر اتصالات یک شروع کننده ی باتری معمول است. به طریقه ی انتخاب یا اندازه ی باتری و ابزارهای مرتبط که آمده اند توجه کنید:

- باتری ها باید گنجایش کافی (CCA، آمپر سرد لنگ) برای فراهم سازی جریان لنگ موتور که در قسمت توصیه های دستگاه مولد در برگه ی مشخصات ارائه شده است داشته باشند. ممکن است باتری ها اسید–سربی یا نیکل–کادمیمی باشند. آن ها باید برای این گونه استفاده ها طراحی شده باشند و توسط مقامات محلی که اختیارات حقوقی دارند تایید شده باشند.
- دینامی که از موتور نیرو می گیرد و رگلاتور ولتاژ خودکاری داخلی دارد به طور معمول برای شارژ دوباره باتری ها در طول عملکرد مورد استفاده قرار می گیرد.
- در بیشتر سیستم های نیروی دستگاه مولد، شارژ باتری شناور یدکی، که توسط منبع نیروی معمولی تامین می شود مورد نیاز است تا باتری ها را در زمانی که دستگاه مولد در حال کار نیست پر نگه دارد. شارژهای باتری شناور برای سیستم های استندبای اضطراری لازم هستند.

- کدها معمولا زمان بیشینه ی شارژ باتری را مشخص می کنند. فرمول ساده ی زیر می تواند برای اندازه گیری شارژرهای یدکی باتری مورد استفاده واقع شود:

$$\text{آمپر لازم برای باتری در حال شارژ} = \frac{\text{آمپر–ساعت باتری} \times 1.2}{\text{مدت زمان شارژ لازم (ساعت)}}$$

- اگر دستگاه مولد در معرض دماهای محیطی بسیار سردی قرار بگیرد، ممکن است کدهای محلی جهت حفظ حداقل دمای ۵۰ درجه ای باتری لازم باشد. اطلاعات بیشتر در قسمت لوازم یدکی و گزینه ها (همین بخش)، ابزارهای گرمایش استندبای برای دستگاه های مولد فراهم شده است.
- دستگاه های مولد استاندارد معمولا شامل کابل های باتری می شوند، و محفظه ی باتری نیز فراهم شده است.

۲-۲-۳-۴ تغییر مکان باتری های شروع کننده (Relocating of Starting Batteries)

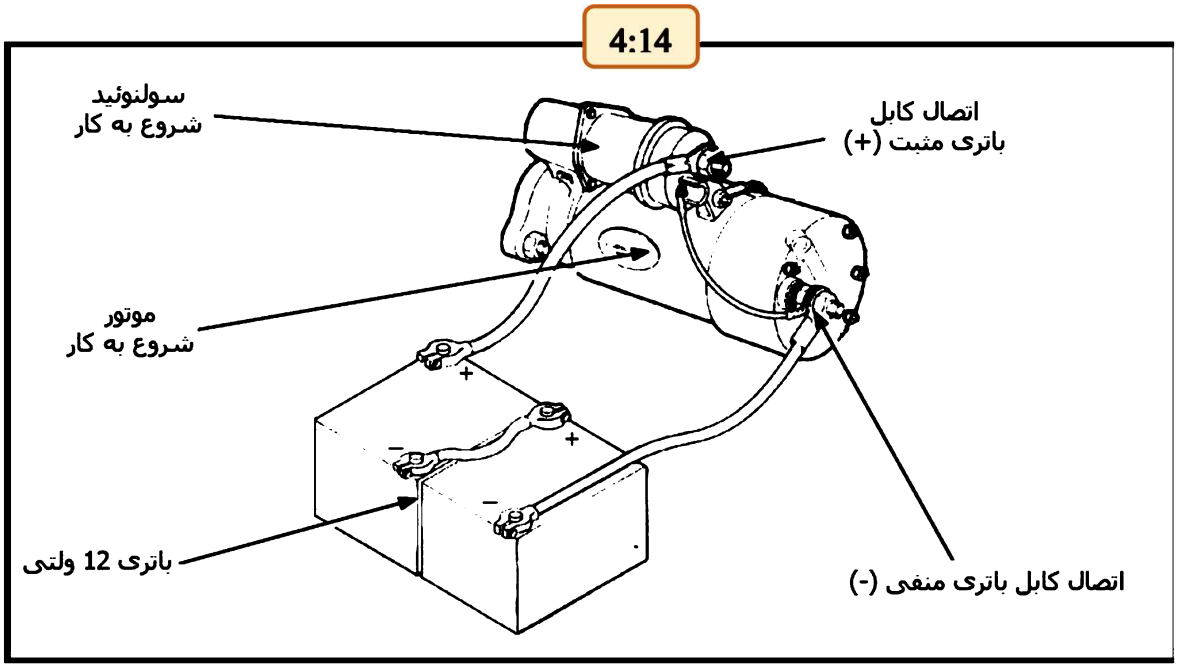
اگر باتری ها در فاصله ای دورتر از شروع کننده سوار شده اند که کابل های استاندارد نمی توانند آن را حمایت کنند، کابل ها باید بر اساس این فواصل طراحی شوند. مقاومت کل کابل ها و اتصالات نباید به افت ولتاژ بیش از بین باتری و موتور شروع کننده منجر شود. توصیه ها در مورد موتور بر این مساله تاکید دارد که مقاومت کل جریان لنگ کابل ها و اتصالات از ۰,۰۰۰۷۵ اهم به ازای سیستم های ۱۲ ولتی و ۰,۰۰۲ اهم به ازای سیستم های ۲۴ ولتی بیشتر نشود. مثال محاسبه ای که در ادامه آمده شده را ببینید.

محاسبه ی نمونه: یک دستگاه مولد، سیستم شروعی 24-VDC دارد که توسط دو باتری ۱۲ ولتی متصل به مدار تامین می شود (شکل ۲۱ در صفحه ی ۸۲). طول کل کابل ۳۷۵ اینچ است، که شامل کابل بین باتری ها نیز می شود. شش اتصال کابلی در این مدار وجود دارد. اندازه ی کابل مورد نیاز را در موارد زیر محاسبه کنید:

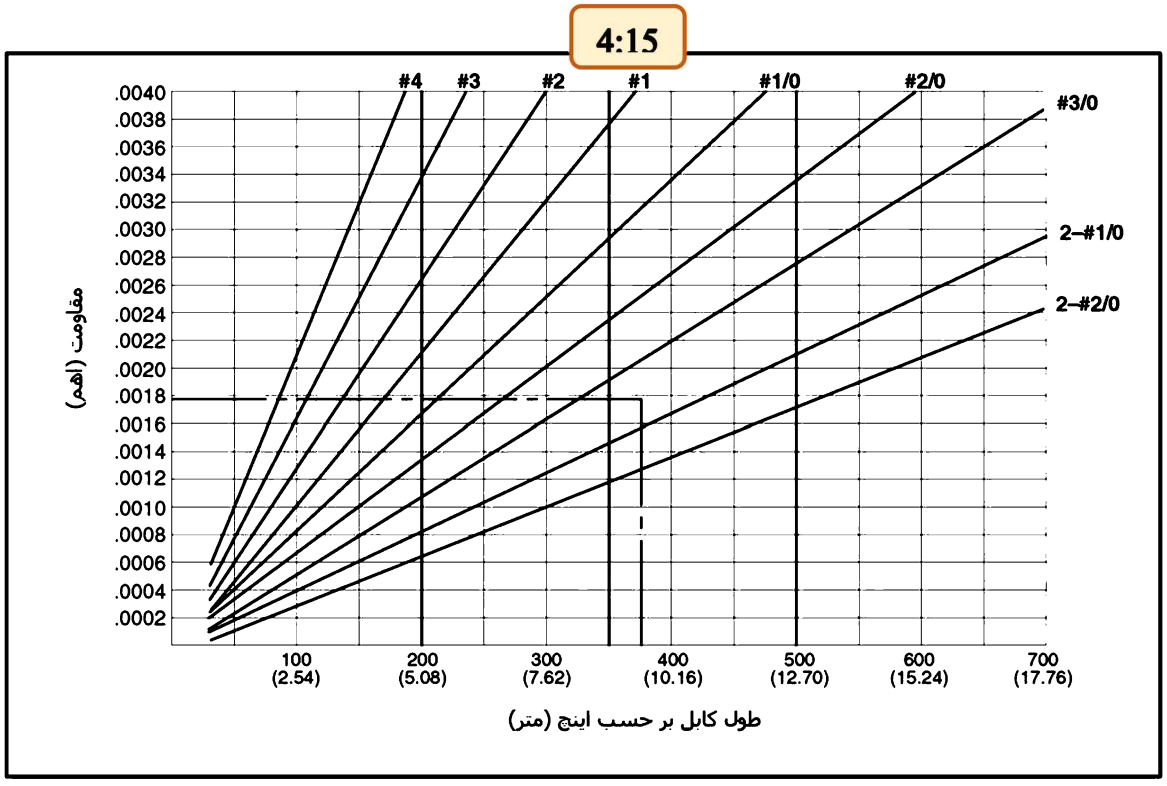
۱. فرض کنید مقاومت تماس سولنوئید شروع کننده ($R_{contact}$) ۰,۰۰۰۲ اهم باشد.
۲. فرض کنید مقاومت هر اتصال کابلی ($R_{connection}$)، که در مجموع شش اتصال می شود، ۰,۰۰۰۱ اهم باشد.
۳. بر اساس فرمول:

$$= 0.002 - R_{connection} - R_{contact}$$
$$= 0.002 - 0.0002 - (6 \times 0.00001)$$
$$= 0.00174 \text{ اهم}$$

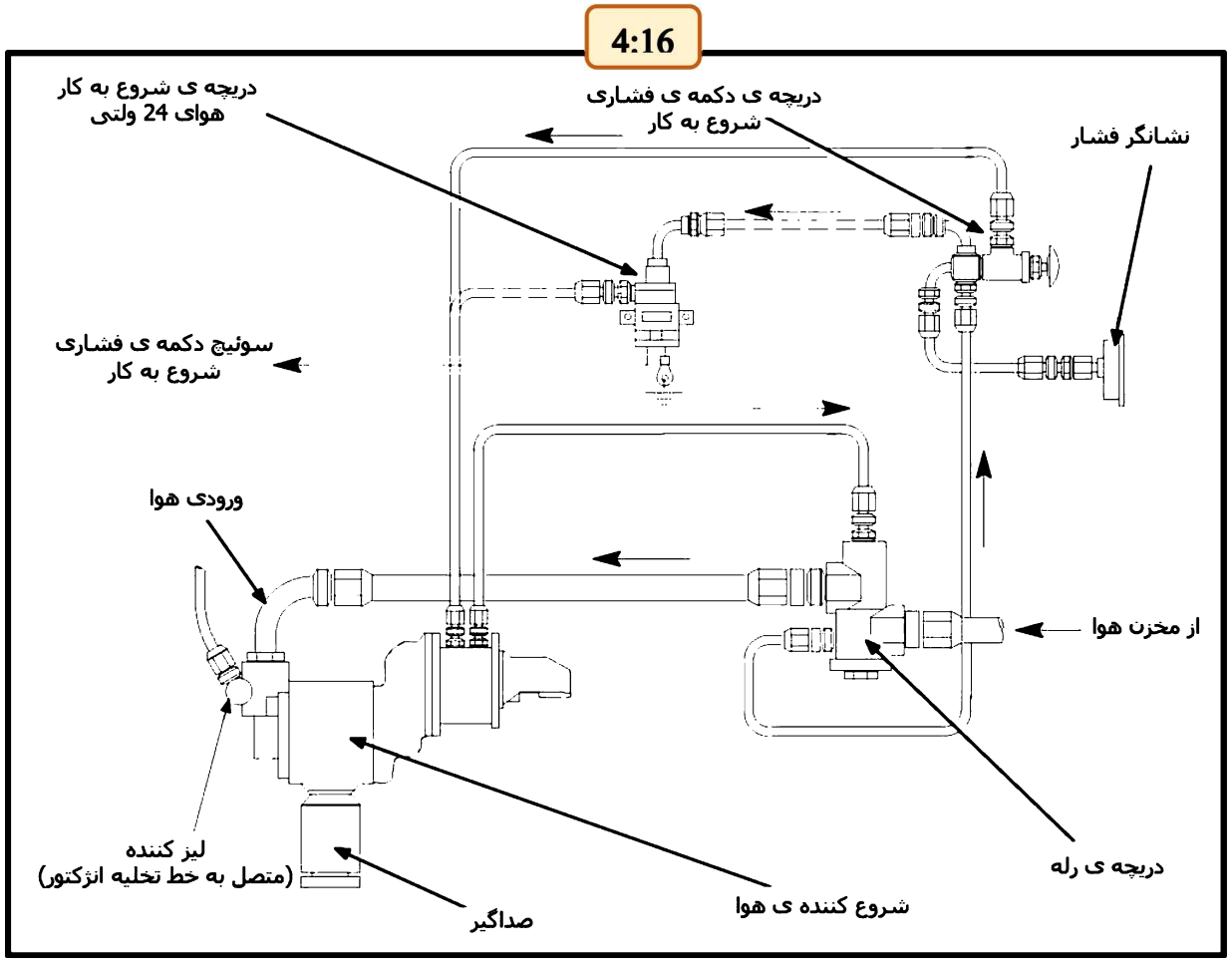
۴. به منظور آگاهی از مقاومت کابلی AWG (معیار سیم امریکایی) به شکل ۲۲ در صفحه ی ۸۲ مراجعه کنید. در این مثال، همان طور که با خطوط نشان داده شد، کوچک ترین سایز کابل که قابل استفاده بود ۲#۱/۰ AWG کابل موازی بود.



شکل ۲۱. اتصالات معمول موتور شروع کننده ی الکتریکی (سیستم ۲۴ ولتی نشان داده شده است)



شکل ۲۲. مقاومت در مقایسه با طول برای اندازه های کابل مختلف AWG



شکل ۲۳. آرایش معمول لوله ها برای یک شروع کننده ی هوا

۳-۲-۳-۴ شروع کننده ی هوا (Air Starting)

سیستم های شروع موتور هوای فشرده برای بعضی دستگاه های مولد بزرگ تر تعبیه شده اند. ممکن است شروع کننده ی هوا در بعضی کاربردهای نیروی اولیه با فرض این که هوای فشرده فراهم شده است ترجیح داده شود. شکل ۲۳ صفحه ۸۳ نشان گر نحوه ی آرایش لوله ها در یک سیستم معمول شروع کننده ی هوا است. موارد زیر باید برای تعیین نیاز ابزارها در زمان نصب سیستم شروع کننده ی هوا در نظر گرفته شود:

- باید با سازنده ی موتور جهت توصیه های مربوط به اندازه ی شلنگ هوا و حجم حداقلی مورد نیاز مخزن برای هر کدام از لنگ های ثانوی مشورت شود. اندازه ی مخزن به حداقل زمان مورد نیاز لنگ بستگی دارد. تمامی شروع کننده های موجود از "تولید نیروی Cummins" میزان حداکثر درجه ی فشار ۱۵۰ psig (۱۰۳۵ kPa) را دارا می باشند.

- مخزن های هوا (گیرنده ها) باید با دریچه ی تخلیه پیچ خروجی، از نوع باریک، متناسب باشد (دیگر گونه ها غیر قابل اطمینان هستند و منبع معمولی هوا نشت می کند). رطوبت می تواند به اجزاء شروع کننده صدمه بزند.
- همه ی دریچه ها و اجزاء یدکی سیستم باید متناسب با سرویس شروع کننده ی هوای دیزل طراحی شوند.
- تناسب لوله باید از نوع درز گیر خشک باشد و از درز گیر های نخی درست شده باشد. نوار تفلون توصیه نمی شود، چرا که از شل شدن نخ جلوگیری نمی کند و می تواند منبع خرده ریز هایی باشد که دریچه را مسدود می کنند.

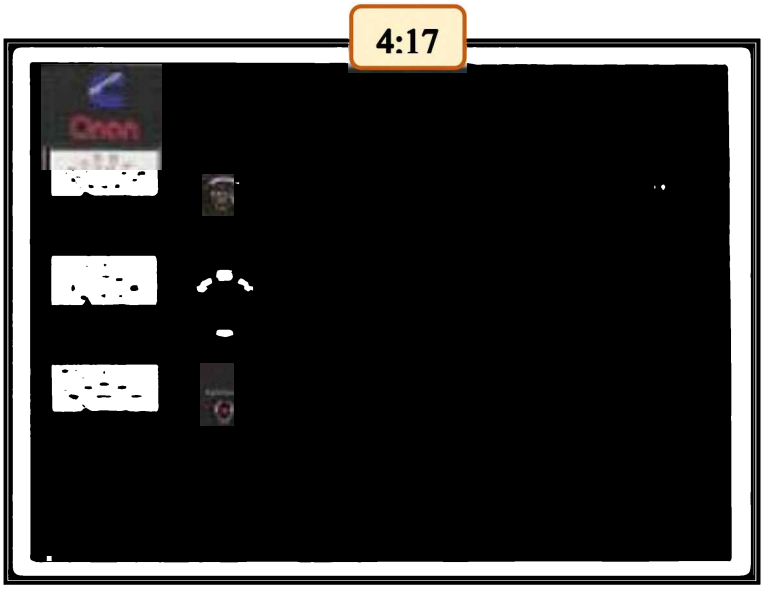
نکته: ممکن است باتری ها با وجود اینکه گنجایش بسیار کمتری دارند برای کنترل موتور و سیستم های نظارتی در هنگام استفاده از شروع کننده ی هوا الزامی باشند.

۴-۴ کنترل ها (Controls)

۴-۴-۱ پایه رله ای (Relay-Based)

تا چند سال پیش سیستم های کنترلی پایه رله ای در تمامی دستگاه های مولد رایج بودند. آن ها را می توان به گونه ای طراحی کرد که شروع کاملا اتوماتیک و یا دستی را علاوه بر عملکرد های محافظتی اساسی مولد فراهم کنند. امکان دارد آن ها شامل لوازم کافی جهت رفع نیاز به کد محلی برای دستگاه های مولد را نیز داشته باشند.

سیستم های پایه رله ای (به شکل ۲۴ د صفحه ی ۸۵ مراجعه کنید) شروع موتور و کارکرد های عملیاتی، را کنترل کنند و عملکرد های موتور و دینام را جهت یافتن خطاها و یا عملکردهای خارج از محدوده تعیین شده نظارت کنند، و مقیاس ها، اندازه گیری ها و پیام های دستگاه را برای اینترفیس کاربر فراهم کنند. عملکرد هایی همچون کنترل ولتاژ دینام توسط برد مداری AVR جداگانه ای انجام می شوند. به همین منوال، یک مدار کنترل کننده ی جداگانه کنترل الکترونیکی و دیگر لوازم جانبی دیگر را به کار می اندازد. شاخصه های جانبی متعددی وجود دارد تا عملکرد و کنترل، به منظور اضافه کردن قابلیت عملیاتی برای کارهایی خاص نظیر اینترفیس تجهیزات موازی و نظارت بر عملکرد تجهیزات اضافی مثل مخزن سوخت، خنک کننده یا باتری ها، بهبود یابد.



شکل ۲۴. پنل اینترفیس کنترل دو سیمی

بعضی دستگاه های مولد سیستم های کنترل وضعیت رله/یکدست پیوندی دارند (شکل ۲۵ در صفحه ی ۸۵ دیده شود). این کنترل ها قابلیت عملیاتی بیشتری را نسبت به سیستم هایی که فقط پایه رله ای هستند فراهم می کنند، اما با این وجود توانایی آن ها به فراهم سازی اینترفیس های کنترل پیچیده یا عملیاتی پیشرفته محدود است.

شکل ۲۵. پنل اینترفیس کنترل "شناسایی کننده ی ۱۲

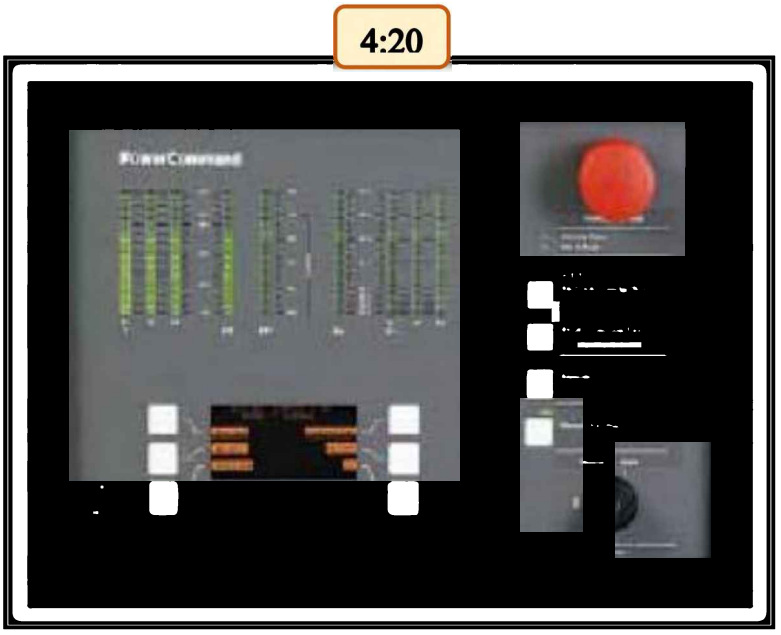
۴-۴-۲ پایه الکترونیکی (ریز پردازشگر) (Electronic (Microprocessor) Based)

ضرورت های امروزی برای سطح بالایی از عملکرد، قابلیت عملکردی بهبود یافته، کنترل سیستم های پیچیده و اینترفیس های شبکه توانایی های سیستم های کنترلی پایه الکترونیکی را مبرم جلوه می دهد. عمر ریز پردازشگر ها و رایانه ها، توسعه ی کنترل های کاملا ترکیبی که بر پایه ی ریز پردازشگر های الکترونیکی طراحی شده اند را، نظیر مجموعه کنترل های پاور کامند (شکل ۲۶ در صفحه ی ۸۵) از "تولید نیروی Cummins" را فراهم کرده است. سیستم پاور کامند عملکرد موتور، کنترل دینام و عملکرد های نظارتی یک کنترل پایه رله ای کاملا مجهز را، علاوه بر تنظیم ولتاژ و کنترل الکترونیکی، همراه با خیلی شاخصه ها . قابلیت های اضافی دیگر ترکیب می کند. نظارت کامل بر شاخصه های خروجی الکتریکی، kW، kVA، kVAR بیشتر یا کمتر از ولتاژ، نیروی معکوس و دیگر موارد، اجازه ی کنترل کامل سیستم تولید نیرو را می دهد.

شکل ۲۶. سیستم ریز پردازشگر "پاور کامند"

۴-۴-۳ ابزارهای الکترونیکی "اختیار کامل" (Full Authority" Electronics")

طرح های موتور پیشرفته سیستم های سوخت رسانی، اشتعال یا تزریق پیچیده ای را همراه با نظارت و تنظیم عملکرد فعال به کار می گیرند. این سیستم ها و عملکرد ها برای دستیابی به راندمان سوخت و نشر دود پایین لازم می باشند. موتور هایی که به "اختیار کامل" معروف شده اند، سیستم های ریز پردازشگری به همان مقدار پیچیده نیاز دارند تا این عملکرد ها را به کار انداخته و بر آن ها نظارت کنند. نسخه ی پیشرفته تری از کنترل پاور کامند از قابلیت کنترل موتور دینامیک همراه با شاخصه ها و قابلیت های عملکردی نسخه ی قبلی بهره می برد، ولی شاخصه های دیری را نیز به همراه دارد (شکل ۲۷ در صفحه ی ۸۷). در دستگاه های مولد، این نوع سیستم کنترل پیشرفته بخشی مهم از مجموعه ی مولد– موتور به شمار می رود و گزینه ای جهت استفاده از سیستم های کنترلی پایه رله ای یا دیگر سیستم ها وجود ندارد.



شکل ۲۷. الکترونیک اختیار کامل پاور کامند

۴-۴-۴ گزینه های کنترل (Control Options)

ابزار اختیاری برای سیستم های کنترل الکترونیکی شامل همه ی عملکردهای لازم جهت کنترل و نظارت بر متوازی بودن چند دستگاه های مولد با یکدیگر و با کارایی ها (اصلی ها) است. نوع میان رده ی کنترل های قابل ارتقا متوازی سازی نیز در دسترس هستند.

توانایی اینترفیس شبکه ی موجود برای این نوع از کنترل ها می تواند شاخصه ای مهم برای انتخاب ابزار اختیاری به شمار رود. توانایی شبکه نظارت از راه دور و کنترل دستگاه مولد را به همراه ترکیب آن با سیستم های ساخت و خودکار سازی سیستم نیرو فراهم می سازد.

مجموعه رله های اختیاری برای کنترل ابزار های جانبی نیز در دسترس هستند.

۴-۵ لوازم یدکی و گزینه ها (Accessories and Options)

۴-۵-۱ ایمنی و اعلام کنترل (Control Safeties and Annunciators)

کنترل پایه رله ای و سیستم های نظارتی موجود در خیلی از دستگاه های مولد می تواند شامل آژیر های خاموشی و هشداری متعددی برای محافظت از موتور/مولد باشد. ابزاری اختیاری جهت کنترل کامل یا اعلام پیام از راه دور در کنار سیستم اندازه گیری AC موجود بر روی دستگاه مورد نیاز است. ابزار اضافه ای نیز در صورت احتیاج به ارتباطات شبکه ای مورد نیاز است، اما این ابزار معمولا قابلیت محدودی دارد. با پدیدار شدن لازمه های کنترل دینام و موتور های الکترونیکی پیچیده علاوه بر سطوح افزایش یافته ی اطلاعات سرویس و تشخیصی، سیستم ها می توانند بر محدودیت توانایی این گونه سیستم های کنترلی غلبه کنند.

سیستم های کنترل و نظارت الکترونیک، که اغلب ابزار استاندارد خیلی از دستگاه های مولد هستند، شامل لیست کاملی از آژیر های خاموشی و هشدار دهنده ی ترکیبی هستند تا از ابزار موتور/مولد حفاظت کرده و آژیرها را مخابره کنند. بعضی از این آژیرها می توانند توسط مشتری انتخاب و برنامه ریزی شوند. تمامی آژیرها را می توان در پنل کنترل و یا در مکانی دور از محل به نمایش در آورد. سیستم اعلام از راه دور از طرق مختلفی امکان پذیر می شود:

۱. خروجی های تماس رله ای برای آژیر های معمول یا انفرادی
۲. پنل های اعلامی که به طور اختصاصی برای سیستم های کنترلی طراحی شده اند، و از گونه های مختلف اینترفیس های شبکه نشات می گیرند.
۳. ایجاد ارتباط از طریق شبکه های محلی و یا شبکه ی مودم به مکان های نظارت از راه دور با استفاده از نرم افزارهای رایانه ای

ممکن است کدها به سطوح مختلفی از اعلام برای گونه های کاربردی متفاوت نیاز داشته باشند. ایمنی عمر ضروری (سطح اول U.S. NFPA 110) یا دیگر استندبای یا موارد اضطراری (سطح دوم U.S. NFPA 110) و کد های برابر، حداقل اعلام لازم برای این گونه کاربرد ها را مشخص می کنند. به کدهای انفرادی در حین عملیات برای لازمه های اعلام رجوع کنید. کنترل پاور کامند از "تولید نیروی Cummins" برای رفع و یا فراتر رفتن از این گونه نیاز ها و دیگر استانداردهای متعدد اضافی طراحی شده اند (به برگه ی مشخصات کنترل پاور کامند برای اطلاعات جزئی تر مراجعه شود).

۴-۵-۲ قطع کننده های مدار خط اصلی (Main-Line Circuit Breakers)

ممکن است قطع کننده های مدار اصلی نوع محفظه ی قالبی و مدار نیرو را در دستگاه های مولد به کار برد. قطع کننده های محفظه ی قالبی معمولا به صورت سوار شده بر دستگاه مولد در دسترس هستند. با این وجود، خیلی از قطع کننده های مدار باید در محفظه ای جدا بر روی دیوار یا ستون نصب شوند. اندازه ی آن ها می تواند از ۱۰ تا ۲۵۰۰ آمپر متغیر باشد و برای سوار شدن بر یک جعبه ی خروجی که مستقیماً به دستگاه مولد وصل است متناسب می باشند. قطع کننده های مدار نیرو در اندازه های ۸۰۰ تا ۴۰۰۰ آمپر در دسترس هستند و بزرگتر، دارای عملکرد سریع تر، و به طور چشمگیری از قطع کننده های محفظه ی قالبی گران تر هستند. قطع کننده های مدار نیرو، به دلیل اندازه آن ها و آسیب پذیری شان در برابر صدمات ناشی از لرزش، معمولا به جای سوار شدن بر خود دستگاه، بر روی پنلی که آزادانه مستقر شده و در کنار دستگاه مولد قرار دارد سوار می شوند. هنگامی که قطع کننده های خط اصلی برای پروژه ای مورد نیاز هستند، مشخصات پروژه باید شامل نوع قطع کننده، نوع واحد خطا، و پایه ی درجه بندی (به صورت ادامه دار یا غیر ادامه دار) باشد. بخش ۵ در صفحه ی ۱۰۲ را به منظور اطلاعات بیشتر در رابطه با انواع قطع کننده های مدار ببینید.

۴-۵-۲-۱ کلید های محفظه ی قالبی (Molded Case Switches)

در مواردی که دستگاهی قطع کننده مورد نیاز است اما احتیاجی به محافظت از مولد یا رساناها نیست (این نوع محافظت از طریق AmpSentry یا با استفاده از یک مولد خود برانگیخته قابل دسترسی است)، معمولا کلیدی محفظه قالبی به جای قطع کننده ی مدار استفاده می شود. این کلید ها از تماس ها و مکانیزم تغییر یکسانی در مقایسه با قطع کننده های مدار بهره می برند، اما از حسگر قطع جریان استفاده نمی کنند. کلید مکانی اتصالی و پیچ های سر محور برای ارتباط بار رساناها را نیز فراهم می کند.

۴-۵-۲-۲ محفظه های ورودی (Entrance Boxes)

یک محفظه ی ورودی اساسا یک محفظه ی قطع کننده ی مدار بدون CB است. اگر مداری مورد نیاز نباشد، محفظه ی ورودی فضایی اضافی برای ورودی رسانا، مسیر و ارتباط فراهم می کند.

۴-۵-۲-۳ قطع کننده های مداری ترکیبی (Multiple Circuit Breakers)

قطع کننده های ترکیبی معمولا مورد نیاز هستند و در کارخانه بر روی بیشتر دستگاه های مولد تعبیه می شوند. گزینه های استاندارد موجود دو قطع کننده ی مدار سوار شده (به غیر از بزرگ ترین دینام) هستند. در بعضی دینام ها و genset ها امکان سوار کردن چارچوب قطع کننده ی مدار به دلیل کمبود جا و یا عملی نبودن میسر نیست. به منظور آگاهی از وجود ابزارهای مخصوص با نمایندگان سازنده مشورت کنید. میتوان سفارش های خاص را برای سوار کردن دو یا سه قطع کننده بر روی بعضی مولد ها در نظر گرفت اما معمولا این مساله منجر به ضرورت استفاده از دیواری سوار شده یا یک پنل پخشی که به صورت مستقل ایستا باشد می شود.

۳-۵-۴ باتری ها و شارژر های باتری (Batteries and Battery Chargers)

شاید مهم ترین سیستم فرعی در یک دستگاه مولد سیستم باتری شروع موتور و کنترل دستگاه مولد است. انتخاب و نگهداری درست از باتری ها و شارژر باتری برای داشتن سیستمی قابل اطمینان ضروری است.

این سیستم شامل باتری ها، مکان آن ها، یک شارژر باتری که در طول دوره ی استندبای نیروی آن توسط منبع نیروی الکتریکی تامین می شود و یک دینام شارژر باتری که از موتور نشات می گیرد و باتری ها را به طور مجدد شارژ می کند و انرژی DC را در زمانی که مولد در حال کار است برای سیستم کنترل فراهم می کند می شود.

هنگامی که دستگاه های مولد متوازی هستند، ردیف باتری ها برای دستگاه های انفرادی معمولا به صورت متوازی قرار می گیرند تا نیروی کنترل را برای سیستم متوازی کننده فراهم کنند. همیشه باید با سازنده ی سیستم متوازی سازی مشورت کرد تا سیستم نیروی کنترل موتور متناسب را برای این نوع سرویس مشخص کرد، چرا که ممکن است کاهش ولتاژ ردیف باتری بعضی سیستم های کنترل متوازی را مختل کند و برای ابزارهای متوازی کننده استفاده از باتری هایی که به صورت جداگانه قرار می گیرند الزامی شود.

باتری ها باید تا حد ممکن به دستگاه مولد نزدیک واقع شوند تا مقاومت مدار شروع کننده به حداقل برسد. محل باتری باید امکان سرویس دهی آسان را برای باتری ها فراهم کرده و تماس با آب، گرد و خاک و روغن را به حداقل برساند. چارچوب یک باتری باید هوا رسانی کافی داشته باشد تا گازهای منفجره ای که توسط باتری منتشر می شوند پراکنده شوند. ردیف باتری باید دور از منبع های گرمایی قرار گیرد، چرا که دمای بالای محیط عمر باتری را کاهش می دهد. قوانین در مناطق زلزله خیز مکان هایی را برای باتری الزام کرده اند که شاخصه هایی خاص به منظور جلوگیری از آزاد شدن الکترولیتها و ایجاد خسارت طی وقوع یک زمین لرزه دارا می باشند.

طراح سیستم باید نوع سیستم باتری (همانگونه که در پایین شرح داده می شود، معمولا به اسید–سرب یا نیکاد محدود می شود) و گنجایش آن را مشخص می کند. گنجایش سیستم باتری مورد نیاز به اندازه ی موتور (جابجایی)، حداقل خنک کننده ی موتور، روغن گریس و دمای مورد انتظار باتری (قسمت ابزار گرمایش استندبای برای دستگاه های مولد را در قسمت های پایینی ببینید)، میزان روانی روغن گریس توصیه شده توسط سازنده ی موتور، و تعداد و مدت دوره های لنگ بستگی دارد. سازنده ی دستگاه مولد باید بر اساس این اطلاعات بتواند توصیه های لازم را ارائه دهد.

باتری های اسید–سربی رایج ترین نوع باتری برای دستگاه های مولد می باشند. این نوع باتری ها از لحاظ اقتصادی نسبتا مقرون به صرفه هستند و سرویس خوبی در شرایط محیطی ۰ درجه فارنهایت (–۱۸ درجه سلسیوس) و ۱۰۰ درجه فارنهایت (۳۸ درجه سلسیوس) ارائه می دهند. باتری های اسید–سربی می توانند با شارژر های باتری معمولی ای شارژ شوند که ممکن است در نزدیکی دستگاه مولد بر روی دیوار نصب شده باشند و یا در حالت خودکار تغییر انتقال قرار داشته باشند (به شرطی که دستگاه مولد بخشی از سیستم متوازی نباشد). شارژر باید به اندازه ای باشد که بتواند همزمان با برطرف کردن نیازهای نیروی کنترلی سیستم، باتری ها را در حدود ۸ ساعت شارژ مجدد کند.

یک باتری اسید–سربی می تواند از نوع تنظیم کننده ی سوپاپی (که بر روی آن "عدم نیاز به حفاظت" نوشته شده است) و یا سلول خیس باشد. باتری هایی که نیاز به مراقبت و نگه داری ندارند در صورت غفلت در نگه داری از آن ها بهتر دوام می آورند اما به آسانی باتری های سلول خیس نمی توان آن ها را بررسی و نگه داری کرد. باتری های اسید–سربی تنظیم کننده ی سوپاپی به دلیل قرار داشتن در معرض فشارهای دمایی در برابر صدمات آسیب پذیری بیشتری دارند، و نباید آن ها را به عنوان جایگزینی برای باتری های اسید–سربی هواگیر که به آب رسانی های متعدد نیاز دارند در نظر گرفت. به جای آن، باید شارژر و یا دمای محیط کار بررسی و تصحیح شود.

همه ی باتری های اسید–سربی باید در محل کار قبل از شروع اولیه شارژ شوند. حتی باتری هایی که نیاز به نگه داری ندارند نیز شارژ را به طور نامحدود حفظ نمی کنند. باتری های سلول خیس به اضافه کردن الکترولیت در محل کار نیازمندند و پس از مدت کوتاهی که به الکترولیت متصل شدند ۵۰ درصد شارژ آن ها پر می شود. باید برای استفاده از باتری آب مقطر به کار برد، چرا که بیشتر آب های لوله کشی ۵۰۰ تا ۵۰۰ برابر بیشتر از آب مقطر توان رسانایی دارند.

معمولا در سیستم های باتری نیکادی (نیکل–کادمیوم) مشخص شده است چه دمای محیطی برای آن ها شدیدا بالا یا پایین محسوب می شود چرا که عملکرد آن ها کمتر از باتری های اسید–سربی تحت تاثیر دماهای شدید قرار می گیرد. سیستم های باتری نیکادی بسیار گران تر از باتری های اسید–سربی است، اما طول عمر بیشتری دارد.

کاستی بزرگ سیستم های باتری نیکادی این است که دور انداختن آن ها امری مشکل و گران محسوب می شود، چرا که مواد سازنده ی باتری خطرناک هستند.

باتری های نیکاد و اسید–سربی تنظیم کننده ی سوپاپی هر دو به شارژرهای باتری خاصی نیاز دارند تا به سطح شارژ کامل برسند. باید در این شارژرها فیلتر به کار رود تا از "موج های خفیف شارژر" که ممکن است سیستم کنترل مولد و موتور را مختل کنند جلوگیری شود.

۴-۵-۴ سیستم های اگزوز و صداکش (Exhaust Systems and Mufflers)

دو عامل اصلی در انتخاب سیستم های اگزوز و صداکش دخیل هستند؛ سطح صدا، و تعدیل کردن حرکاتی که بین سیستم اگزوز و دستگاه مولد رخ می دهد.

کنترل صدا و ترجیح مصرف کننده عوامل اصلی در انتخاب صداکش می باشند. بدیهی است که انتخاب سیستم اگزوز و صداکش به قرار داشتن دستگاه مولد در داخل یا خارج ساختمان بستگی دارد. سرپوشی بیرون از ساختمان که محافظت در برابر هوا را فراهم سازد همراه با سازنده ی دستگاه مولد باعث می شود انتخاب های متنوعی در مورد سیستم صدا کش در اختیار باشد و معمولا سیستم صداکش بر روی سقف سوار می شود. انتخاب صداکش بسته به میزان تضعیف صدا می تواند صنعتی، مسکونی و یا حیاتی باشد. سرپوش های آکوستیک معمولا سیستم صداکش داخلی ای به عنوان بسته ی کلی آکوستیک به همراه دارند. برای اطلاعات بیشتر در مورد صدا و سطوح آن به صفحه ی ۱۵۸ در بخش ۶ مراجعه شود.

عاملی کلیدی در ارتباط با کل سیستم اگزوز این است که دستگاه مولد دارای لرزش است، بدین منظور که بسته به نوع ساختاری که در آن قرار گرفته حرکت می کند. لذا یک لوله اگزوز قابل انعطاف در خروجی اگزوز دستگاه مولد الزامی است. سیستم های داخلی که دارای لوله های بلندی هستند باید به منظور جلوگیری از ایجاد صدمه به سیستم اگزوز و هم چنین بخش های اگزوز موتور یا شارژرهای توربینی، امکان گسترش لوله را نیز داشته باشند.

مساله ای دیگر که باید به آن توجه داشت به اندازه گیری دمای گاز اگزوز ارتباط پیدا می کند. سیستم اگزوز موتور باید با ترموکوپول ها و ابزار کنترل تناسب داشته باشد تا به درستی دمای اگزوز موتور را اندازه گیری کند تا بررسی سرویس درست انجام پذیرد و یا عملکرد موتور در سطح بار کافی برای جلوگیری از مشکلات عملکردی مربوط به بار ضعیف تایید شود. ضمیمه ی E در صفحه ی ۴۰۱ را برای اطلاعات بیشتر بخوانید.

۴-۵-۵ پوشش (سایبان) ((Housings (Canopies)

پوشش را می توان به سه نوع تقسیم کرد: پوشش در برابر هوا (که بعضی اوقات به آن پوشش چسبناک گفته می شود)، پوشش صدا، و پوشش جادار.

۴-۵-۵-۱ محافظ در برابر آب و هوا (Weather Protective)

این نوع پوشش ها که به آن ها پوشش چسبناک نیز اطلاق می شود، می توانند دستگاه مولد را محافظت و ایمن کنند، و معمولا درپوش های قابل قفل شدن دارند. دریچه های به کار رفته یا پنل های دارای سوراخ امکان تهویه و جریان هوای سرد را می دهند. میزان صدای بسیار ناچیزی از این نوع پوشش ها تولید می شود و بعضی اوقات ممکن است صدای لرزش نیز شنیده شود. این نوع پوشش ها گرما را در خود حبس نمی کنند و دما را بالاتر از دمای محیط نمی برند.

۴-۵-۵-۲ پوشش صدا (Acoustic)

پوشش های کاهش صدا بر اساس سطوح مشخصی از کاهش صدا و یا درجه ی سطح صدای بیرونی توصیف می شوند. سطوح صدا باید در فاصله ی خاصی مشخص شده و برای مقایسه سطوح صدا همه این میزان صداها باید به پایه ی فاصله ی یکسانی تبدیل شوند. کاهش صدا به فضا و مواد نیاز دارد لذا اطمینان حاصل کنید که طرح کلی به کار رفته ی دستگاه شامل اطلاعات متناسب با پوشش صدا باشد.

در حالی که بعضی از این طرح های پوششی امکان عایق بندی جهت حفظ گرما از خود نشان می دهند، این مساله هدف اصلی طرح نیست. اگر باید در صورت بالاتر رفتن دما از دمای محیط پیرامون از دستگاه مراقبت شود، به پوشش جادار نیاز است.

۴-۵-۵-۳ پوشش جادار (Walk-in)

این واژه گستره ی وسیعی از پوشش هایی را که بر اساس سفارش مشتری های انفرادی ساخته شده اند را دربر می گیرد. این پوشش ها معمولا شامل کاهش صدا، ابزار تغییر و بررسی نیرو، صاعقه، سیستم های اطفاء حریق، مخزن سوخت، و دیگر امکانات می شوند. این نوع پوشش ها به عنوان یک واحد جداگانه و یا به عنوان بخشی از دستگاه که دارای درهای بزرگ و پنل های جدا شونده به منظور دسترسی به سرویس تعبیه شده اند وجود دارند. این پوشش ها را می توان با توانایی عایق سازی و گرمایش به وجود آورد.

۴-۵-۵-۴ مناطق ساحلی (Coastal Regions)

مساله ی دیگری که در ارتباط با پوشش باید به آن توجه داشت قرار داشتن دستگاه در مناطق ساحلی است. منطقه ای ساحلی محدوده ای در فاصله ی شصت مایلی (در حدود ۹۵ کیلومتر) از محیطی با آب شور است. در این مناطق پوشش های استیل، حتی در صورتی که از مخازن سوخت و پایه های پوشانده شده استفاده شود، در برابر فرسایش بر دلیل تاثیرات آب شور آسیب پذیرتر هستند. در این مناطق استفاده از پوشش های دستگاه مولد آلومینیومی و پوشش های کناری (در صورت امکان) توصیه می شود.

نکته: به دلیل توصیه می شود پوشش های خارجی (به خصوص پوشش صدا) درون ساختمان ها به کار نروند. اول این که پوشش صدا از قابلیت محدود کردن پروانه ی اضافی جهت دستیابی به کاهش صدا از طریق جلوگیری از تهویه استفاده می کند. لذا هیچگونه امکان محدود سازی برای معابر هوا، دریچه ها، و یا دیگر ابزاری که ایجاد محدودیت خواهند کرد باقی نخواهد ماند. دوم این که سیستم های اگزوز پوشش های خارجی لزوما سیستم های پلمپی نیستند، بدین معنی که به جای بست های لبه آهنی و یا ریسمانی، در این سیستم ها از لولا های انبری و ضد سر خوردگی استفاده شده است. این بست های انبری به اگزوز این امکان را می دهند که به داخل اتاق نفوذ پیدا کند.

۴-۵-۶ پیکر بندی های سرمایشی و خنک کننده ی جانبی (Alternative Cooling and Ventilating Configurations)

موتورهایی که با مایعات خنک می شوند با استفاده از سیستم های سرمایشی پمپاژی (مخلوطی از آب و ضد یخ) از طریق مسیرهایی در قالب و راس های موتور، به وسیله ی پمپی متصل به موتور، این امر را میسر می سازند. موتور، پمپ و رادیاتور یا مبدل گرمایی مایع به مایع سیستم خنک کننده ی بسته و فشرده سازی شده ای را تشکیل می دهند. توصیه می شود که در صورت امکان دستگاه مولد این نوع رادیاتور را که در کارخانه نصب می شود برای تهویه و خنک سازی موتور به همراه داشته باشد. این پیکر بندی کمترین هزینه ی سیستمی، بیشترین اتکا پذیری سیستم، و بالاترین عملکرد کلی سیستم را به همراه دارد. علاوه بر این، سازنده ی این دستگاه های مولد می تواند نمونه ی سیستم را آزمایش کند تا عملکرد سیستم را تایید کند.

۴-۵-۶-۱ درجه بندی های سیستم های خنک کننده (Cooling System Ratings)

بیشتر دستگاه های مولد پاور کامند Cummins درجه بندی اختیاری سیستم خنک کننده را در مدل های رادباتوری که در کارخانه نصب شده اند دارند. سیستم های خنک کننده که برای عملکرد در دمای محیطی ۴۰ تا ۵۰ درجه ی سلسیوس طراحی شده اند همیشه در دسترس هستند. این درجه بندی ها قابلیت محدود کننده ی ایستای بیشینه ای دارند، برای کسب اطلاعات بیشتر در این باره به بخش ۵-۶ در صفحه ی ۲۳۸ مراجعه کنید.

نکته: در هنگام مقایسه ی درجه بندی های سیستم های سرد کننده به این توجه داشته باشید که این درجه بندی ها بر اساس دمای محیطی، و نه بر اساس دمای هوای داخل رادیاتور، ارائه شده اند. درجه بندی هوای داخل رادیاتور دمای جریان هوای داخل رادیاتور را محدود کرده و به دمای هوا این امکان را نمی دهد تا به دلیل انرژی گرمایشی موتور و مولد افزایش پیدا کند. سیستم درجه بندی شده بر اساس دمای محیط این افزایش دما را در قابلیت های سرد کنندگی خود شرح می دهد.

۴-۵-۶-۲ گزینه های سرد کننده راه دور (Remote Cooling Alternatives)

ممکن است در بعضی کاربردها، محدودیت جریان هوا بیش از حد باشد، چرا که معبر ها، به عنوان مثال برای پروانه ی رادیاتوری موتوری به منظور فراهم کردن جریان هوای لازم برای خنک سازی و تهویه، به مدت زیادی کار می کنند. باید در چنین کاربردهایی، و در جایی که صدای پروانه یک معضل شمرده می شود، پیکر بندی ای که شامل رادیاتور راه دور و یا مبدل گرمایی مایع به مایع باشد در نظر گرفته شود. در این کاربردها، جریان تهویه هوای بزرگ نیز هنوز مورد نیاز است تا گرمای به وجود آمده توسط موتور، مولد، صداکش، لوله های اگزوز و دیگر ابزار را انتقال دهد تا دمای اتاق مولد در سطحی قابل قبول برای کارکرد درست سیستم باقی بماند.

۴-۵-۶-۳ رادیاتور راه دور (Remote Radiator)

برای پیکر بندی رادیاتور راه دور به طراحی سیستمی دقیق نیاز است تا خنک سازی کافی برای موتور صورت پذیرد. باید در مورد جزئیاتی از قبیل محدودیت های راس اصطکاک و ایستای پمپ خنک کننده ی موتور و تخلیه هوا، پر کردن و تخلیه ی مناسب سیستم خنک سازی و جلوگیری از هر گونه نشت ضد یخ دقت کافی شود.

۴-۵-۶-۴ مبدل گرمایی (Heat Exchanger)

در پیکر بندی مبدل گرمایی دقت بالا در طراحی سیستمی که امکان خنک کردن مبدل گرمایی را فراهم می کند الزامی اس. باید توجه داشت که ممکن است قوانین محلی مربوط به صرفه جویی در آب و مسائل زیست محیطی این امکان را به ما ندهند که از آب لوله کشی شهری به منظور ابزار سرد کردن استفاده شود و اینکه در مناطق زلزله خیز آب می تواند هنگام وقوع زلزله قطع شود.

برای اطلاعات بیشتر در مورد گزینه های سرد کننده به صفحه ی ۱۵۸ در بخش ۶ مراجعه شود.

۴-۵-۷ سیستم های نگه داری سطح روغن گریس (Lubricating Oil Level (Maintenance Systems

ممکن است سیستم های نگه داری روغن گریس در کاربردهایی که در آن دستگاه مولد تحت شرایط نیروی خوبی کار می کند، و یا استندبای بدون توجه که بیشتر از زمان معمول در حال کار باشد، بیشتر مورد پسند باشند. سیستم های نگه داری سطح روغن دفعات تعویض روغن دستگاه مولد را کاهش نمی دهند، مگر این که فیلتر خاصی به سیستم اضافه شود.

۴-۵-۸ ابزارهای گرمایشی استندبای برای دستگاه های مولد (Standby Heating Devices for Generator Sets)

۴-۵-۸-۱ شروع سرد و پذیرش بار (Cold Start and Load Acceptance)

معضلی مهم در مورد طراحی سیستم میزان زمانی است که طول می کشد تا سیستم نیروی استندبای افت نیرو را حس کند، دستگاه مولد را روشن کند، و بار را انتقال دهد. بعضی کدها و استانداردها برای سیستم های نیروی ضروری این مساله را الزامی می دارند که دستگاه مولد قادر باشد تمامی بارهای ضروری را در طول ده ثانیه پس از افت نیرو بردارد. بعضی سازندگان دستگاه های مولد درجه عملکرد شروع سرد را به درصدی از درجه ی استندبای دستگاه مولد محدود می کنند. این امر تایید کننده ی این مساله است که در خیلی از کاربردها تنها بخشی از کل بار قابل اتصال بار ضروری است (بارهای غیر ضروری می توانند بعدا وصل شوند)، و این که شروع و به دست آوردن پذیرش بار کامل با استفاده از دستگاه های مولد دیزلی امری دشوار است.

معیار طراحی تولید نیروی Cummins در شروع سرد و پذیرش بار، قابلیت دستگاه مولد در شروع و برداشتن تمامی بارهای ضروری تا درجه ی استندبای در طول ده ثانیه پس از افت نیرو است. این سطح از عملکرد با این پیش فرض عملی می شود که دستگاه مولد در شرایط دمای محیطی حداقل ۴۰ درجه فارنهایت (۴ درجه سلسیوس) قرار داشته باشد و دستگاه به شوفاژ های سرد کننده مجهز باشد. این امر باید با نصب دستگاه مولد در یک اتاق و یا محفظه ی گرم محقق شود. در محیط بیرون، پوشش های محافظتی آب و هوا (شامل آن دسته از پوشش ها که به آن ها پوشش چسبناک اطلاق می شود) معمولا عایق کاری نشده اند و لذا گرم نگه داشتن مولد در دماهای محیطی سردتر امری دشوار است.

بیشتر مولد های تولید نیروی Cummins در دماهای پایین تر از ۴۰ درجه فارنهایت (۴ درجه سلسیوس)، و حتی تا ۲۵- درجه فارنهایت (۳۲- درجه سلسیوس) شروع به کار می کنند اما قادر نیستند بار را در یک مرحله در طول ۱۰ ثانیه بپذیرند. اگر دستگاه مولدی باید در محفظه ای که گرم نشده و در مکانی با دمای محیطی پایین نصب شود، طراح باید با سازنده مشورت کند. متصدی دستگاه مسئول بررسی عملیات شوفاژ های سرد کننده ی دستگاه مولد (برای تحقق این امر به آژیر دمای سرد کننده ای که توسط NFPA 110 الزامی شده است احتیاج است) و دستیابی به میزان دلخواه سوخت برای شرایط محیطی است.

دستگاه های مولد در کاربردهای نیروی ضروری باید تمامی بارهای ضروری را ظرف ۱۰ ثانیه پس از افت نیرو بردارند. معمولا شوفاژ های سرد کننده ی موتور، به خصوص در دستگاه های مولد دیزلی، در شرایط محیطی گرم نیز مورد نیاز هستند تا چنین شروطی را بر طرف کنند. NFPA 100 شروط صریحی برای سیستم های سطح ۱ (جایی که نقص سیستم می تواند منجر به صدمات جدی و یا حتی مرگ شود) دارد:

- شوفاژ های سرد کننده مورد نیاز هستند، مگر این که دمای محیطی اتاق مولد به کمتر از ۷۰ درجه فارنهایت (۲۱ درجه سلسیوس) نرسد.
- اگر دمای محیطی اتاق مولد تا ۴۰ درجه فارنهایت (۴ درجه سلسیوس) کاهش پیدا کند، اما به کمتر از آن حد نرسد، به شوفاژ های سرد کننده نیاز است تا از کاهش دمای موتور به کمتر از ۹۰ درجه فارنهایت (۳۲ درجه سلسیوس) جلوگیری کند. عملکرد در دماهای پایین تر تعریف نشده است. (ممکن است دستگاه مولد در دماهای محیطی پایین تر در طول ۱۰ ثانیه شروع به کار نکند، و یا قادر نباشد به سرعت بار را بردارد. در ضمن، ممکن است آژیر های دمای پایین نشانگر مشکل باشند چرا که شوفاژ سرد کننده دمای دستگاه را در سطحی بالا نگه نداشته است تا دستگاه در ده ثانیه شروع به کار کند.)
- اگر دمای محیط اتاق مولد به زیر ۳۲ درجه فارنهایت (۰ درجه سلسیوس) برسد به شوفاژ های باتری نیاز است.
- به آژیر دمای پایین موتور نیاز است.
- شوفاژ های سرد کننده و شوفاژ های باتری باید توسط منبع نیروی معمول تامین شوند.

۲-۸-۵-۴ شوفاژ های سرد کننده (Coolant Heaters)

به شوفاژ های سرد کننده ی موتور هایی که با ترموستات کنترل می شوند نیاز است تا دستگاه های مولدی که در کاربردهای ضروری و استندبای مورد استفاده قرار می گیرند شروع به کار سریع و پذیرش بار خوبی داشته باشند. باید دانست که شوفاژ سرد کننده معمولا طوری طراحی می شود که موتور را در حد شروع سریع و قابل قبول گرم نگه دارند، نه این که محدوده ی دور دستگاه مولد را گرم نگه دارد. لذا علاوه بر کار کردن شوفاژ سرد کننده در موتور، هوای محیط دستگاه مولد نیز باید حداقل ۴۰ درجه فارنهایت (۱۰ درجه سلسیوس) باشد. اگر فضای محیط پیرامون دستگاه مولد در این دما باقی نماند، باید به فکر استفاده از گرم کننده های سوختی خاص (برای مولد های دیزلی)، گرم کننده های دینام، گرم کننده های کنترلی، و گرم کننده های باتری بود.

خرابی شوفاژ گرماگیر آبی یا کاهش دمای محیط پیرامون موتور لزوما از شروع به کار موتور جلوگیری نمی کند، اما بر زمانی که در طی آن موتور شروع به کار می کند و سرعت اضافه کردم بار به سیستم نیروی سایت تاثیر گذار است. عملکردهای آژیر دمای پایین موتور معمولا به دستگاه های مولد اضافه می شوند تا متصدیان را از این مشکل احتمالی عملکرد سیستم آگاه کنند.

شوفاژ های گرماگیر آبی (شکل ۲۸ در صفحه ی ۹۷) ابزاری جهت نگه داری از سیستم هستند، لذا می توان انتظار داشت که عامل گرم کننده باید در طول عمر نصب عوض شود. برای جایگزین کردن عامل گرم کننده بدون تخلیه ی کل سیستم سرد کننده ی موتور، باید از دریچه های ایزوله سازی گرم کننده (یا دیگر ابزارها) استفاده کرد.

شوفاژ های گرماگیر آبی می توانند در دماهای بسیار بالاتری نسبت به خطوط سرد کننده ی موتور کار کنند، لذا استفاده از شلنگ های با کیفیت سیلیکونی، یا شلنگ های تافته جهت جلوگیری از نقص زودرس شلنگ های سرد کننده ی مربوط به شوفاژ گرماگیر آبی مطلوب است. باید در طرح نصب شوفاژ سرد کننده دقت به خرج داد تا از مدارهای کامل بالا سر در مسیر شلنگ که می تواند توده ی هوا به وجود آورد و در هنگام ایجاد افت باعث داغ کردن بیش از حد دستگاه شود جلوگیری شود. شوفاژ ای گرم کننده ی موتور معمولا در زمانی که مولد در جریان نیست کار می کنند، لذا باید به منبع نیرویی معمول وصل باشند. شوفاژ باید در زمان شروع به کار دستگاه مولد غیر فعال شود. این امر توسط راه هایی متفاوت، مثل سوئیچ فشار روغن، و یا استدلال کنترل دستگاه مولد، انجام می گیرد.

شکل ۲۸. نصب شوفاژ گرماگیر آبی. به دریچه ی ایزوله کننده ی شوفاژ، نوع شلنگ، و مسیر دریچه توجه شود.

۴-۵-۸-۳ شوفاژ های روغنی و سوختی (Oil and Fuel Heaters)

برای کاربردهایی که در آن ها دستگاه مولد در دماهای محیطی پایین (کمتر از ۰ درجه فارنهایت [18- درجه سلسیوس]) قرار می گیرد، شوفاژ های روغن گریس و خط سوخت، و فیلتر سوخت نیاز است تا از افزایش سوخت جلوگیری شود.

۴-۵-۸-۴ شوفاژ های ضد تراکم (Anti-Condensation Heaters)

برای استفاده هایی که در آن دستگاه مولد در طول استفاده در معرض رطوبت بالا و یا دماهای متفاوت قرار می گیرد، شوفاژ هایی برای مولد و محفظه ی کنترل پیشنهاد می شود تا از تراکم جلوگیری شود. تراکم در محفظه ی کنترل، مدار های کنترل و یا سیم پیچی مولد منجر به فرسایش، خراب شدن مسیرهای مداری و عایق شدن سیم کشی مولد می شود و حتی باعث ایجاد مدار کوتاه و خطای عایق سازی زودهنگام می شود.

۴-۵-۹ مخزن های سوخت (دیزل ها) ((Fuel Tanks (Diesels)

۴-۵-۹-۱ مخزن های روزانه (Day Tanks)

مخزن های نصب شده روی مولد یا در نزدیکی آن ها که دستگاه مولد سوخت خود را از آن ها تامین می کند مخزن های روزانه نامیده می شوند (اگر چه لزوما این مخزن ها حاوی سوخت کافی برای عملیات یک روز نیستند). این مخزن ها برای راحتی کار و یا در زمانی که گرفتن مستقیم انرژی از سیستم ذخیره ی سوخت اصلی قابل اجرا نیست مورد استفاده قرار می گیرند. فاصله، ارتفاع بالا یا پایین، و یا اندازه ی مخزن اصلی از جمله دلایل استفاده از مخزن های روزانه می باشند. تمامی موتورهای دیزلی محدودیت هایی در قابلیت بالا بردن سوخت (یا ممنوعیت در کشیدن سوخت)، فشار مبدا سوخت (چه در تامین و چه در بازگشت) و دمای تامین سوخت دارند. سوخت با استفاده از پمپ انتقالی، که توسط یک سیستم خودکار درون مخزن روزانه که مجهز به سنسور های سطح است کنترل می شود، از مخزن اصلی به مخزن روزانه منتقل می شود. اگر مخزن کوچک باشد، باقیمانده ی سوخت به مخزن سوخت اصلی پمپاژ می شود تا از گرم شدن بیش از حد سوخت جلوگیری شود. به سیستم های سوخت در صفحه ی ۱۵۸ از بخش ۶ مراجعه شود.

۴-۵-۹-۲ مخزن های زیر پایه (Sub-Base Tanks)

این گونه مخزن ها، که معمولا از مخزن های روزانه بزرگترند، یا به گونه ای ساخته می شوند که درون چارچوب پایه ی دستگاه مولد قرار بگیرند و یا طوری طراحی می شوند که بدنه ی دستگاه مولد بتواند بر روی آن سوار شود. این مخزن ها مقدار مشخصی سوخت را در طول ساعات کاری مشخص مثل ۱۲ یا ۲۴ ساعت در مخزن زیر پایه نگه می دارند. مخزن های زیر پایه معمولا دو جداره هستند، و از مخزنی ثانوی در کنار محفظه ی سوخت به منظور جلوگیری از نشت سوخت استفاده می کنند. خیلی از قوانین محلی این گونه مخزن های بازدارنده ی سوخت ثانوی مثل سازه های دو جداره همراه با نظارت کامل بر محفظه های اصلی و ثانوی را اجباری می کنند.

۴-۵-۱۰ نصب ایزوله کننده های لرزش (Mounting Vibrations Isolators)

برای کاهش لرزش منتقل شده به ساختمان و یا سازه های نصب شده، دستگاه های مولد معمولا بر روی ایزوله کننده های لرزش نصب می شوند. این ایزوله کننده ها به شکل فنری یا لاستیکی عرضه می شوند، ولی شکل فنری آن ها معمول تر است. کارایی ایزوله سازی لرزش معمولا ۹۰٪ به بالا است و معمولا بیشتر از ۹۵٪ می شود. گنجایش وزن و نصب صحیح برای کارایی بیشتر حیاتی است. در مورد دستگاه های مولد بزرگ تر که مخزن های زیر پایه نیز دارند، ایزوله کننده ها معمولا بین مخزن و سازه ی پایه قرار می گیرند.

۴-۵-۱۱ ابزار سوئیچ نیرو (Power Switching Equipment)

انتقال نیرو یا سوئیچ کردن ابزار مثل سوئیچ انتقال و یا دنده ی موازی گر، با وجود این که مربوط به مبحث این راهنما نیستند، بخشی اساسی از سیستم نیروی استندبای می باشند. در این جا اشاره شده است که بر اهمیت تامل و تصمیم گیری زود هنگام در مورد این ابزار در یک پروژه تاکید شود. طرح سوئیچ نیرو در یک پروژه مستقیما به درجه بندی دستگاه مولد (به "طرح مقدماتی" مراجعه شود)، پیکر بندی کنترل و ابزار های جانبی که ممکن است برای دستگاه مولد مورد نیاز باشند ارتباط پیدا می کند. برای یافتن اطلاعات بیشتر در مورد این موضوع، به دیگر راهنما های کاربردی مثل "T011 – سیستم های انتقال نیرو" و "T016 – موازی سازی و ابزار سوئیچ موازی گر" مراجعه شود.

۴-۵-۱۱-۱ ابزار لازم برای موازی سازی دستگاه مولد (Generator Set Paralleling Devices Required for)

دستگاه های مولد در کاربردهای متوازی سازی باید به ابزار زیر مجهز شوند تا عملکرد آن ها بهتر شود و از سیستم در برابر خطاهای معمول محافظت شود:

- سد کننده ی موازی سازی جهت محافظت از سیستم برانگیختگی مولد در برابر تاثیرات موازی سازی خارج از فاز.
- از دست رفتگی محافظت میدانی که دستگاه را از سیستم جدا می کند تا از خرابی احتمالی سیستم جلوگیری شود.
- محافظت در برابر نیروی معکوس که دستگاه را از سیستم جدا می کند تا خرابی موتور منجر به وضعیت نیروی معکوس نشود و به دستگاه مولد صدمه نزند، یا بقیه سیستم را از کار نیاندازد.
- کنترل همزمان الکترونیکی که امکان استفاده از همگام ساز های فعال و ابزار تقسیم بار همزمان را فراهم می آورد.
- ابزاری جهت کنترل نیروی خروجی واکنشی دستگاه مولد و تقسیم درست بار با دیگر دستگاه های مولد در حال کار. این امر ممکن است شامل جبران جریان متقابل یا کنترل های کاستی در واکنش شود.
- کنترل کننده ی Var/PF جهت کنترل فعال نیروی خروجی واکنشی دستگاه مولد در مصارف موازی سازی کاربردی (اصلی)

کنترل کننده های ترکیبی پایه رله ای یا رله/پیوسته ابزارهای تکمیلی را برای دستیابی به الزامات ذکر شده را الزامی می کنند.

از دیدگاه سهولت و اطمینان، یک کنترل ترکیبی بر پایه ی ریز پردازنده که تمامی عملکردهای بالا را در بر می گیرد (مثل سیستم کنترل کامندپاور تولید نیروی Cummins) مطلوب است.

۱۲-۵-۴ نیازهای ابزار اضافی (Additional Equipment Needs)

ممکن است در بعضی مصارف، مثل نیروی اصلی یا ممتد، ولتاژ میانه، موازی سازی کاربردی و دیگر موارد، ابزار اضافی مطلوب و یا مورد نیاز باشد و معمولا به عنوان گزینه ی دلخواه یا سفارش مخصوص در دسترس است. بعضی از این ابزارها عبارتند از:

- RTDها، ابزار اندازه گیری دمای مقاوم در سیم کشی دینام برای نظارت مستقیم بر دمای سیم کشی
- ترمیستور در انتهای خمیدگی های دینام برای نظارت بر دمای سیم کشی
- CTهای متمایز گر جهت نظارت بر خرابی عایق سیم کشی
- نظارت و محافظت از خطای زمین
- تف سنج برای اندازه گیری دمای اگزوز
- سیستم های چرخ دوباره ی بخار مصرف شده توسط محفظه ی میل لنگ موتور

بخش پنجم

طرح الکتریکی

۵ طرح الکتریکی (Electrical Design)

۵-۱ مرور (Overview)

طرح الکتریکی و طراحی سیستم مولد در محل برای عملکرد درست سیستم و اطمینان به آن امری ضروری است. این بخش طرح نصب مولد و سیستم های الکتریکی مربوط به آن، اینترفیس آن ها با وسیله، و موضوعات مربوط به محافظت بار و مولد را توضیح می دهد. عاملی مهم در درک و آگاهی بخشی در مورد طرح سیستم های الکتریکی نمودار یک خطی مثل شکل ۱ در صفحه ۲۴ است.

نصب الکتریکی دستگاه مولد و لوازم جانبی آن باید از قوانین الکتریکی وضع شده توسط مقامات بازرسی محلی تبعیت کند. نصب الکتریکی باید توسط برقکار ها یا پیمان کار های ماهر، صلاحیت دار و مجرب انجام شود.

۵-۲ طرح های رایج سیستم های الکتریکی(Typical Electrical System Designs)

این بخش مثال هایی در مورد طرح های رایج سیستم های الکتریکی استفاده شده در مصارف تولید نیروی منطقه ای ولتاژ پایین و متوسط/بالا ارائه می دهد. این بخش شامل توضیحاتی در مورد روش های متفاوت تولید نیرو در ولتاژ متوسط مثل استفاده از مبدل ها در پیکر بندی مولد تکی و چندگانه می شود. با وجود این که ارائه ی همه ی ترکیب ها غیر ممکن است، طرح های ارائه شده در این بخش پر کاربرد هستند.

تعدادی از این طرح های ارائه شده شامل قابلیت های موازی سازی هستند و توضیحی مختصر در مورد مزایا و خطرات مربوط به موازی سازی آورده شده است.

- اطلاعات بیشتر در مورد موازی سازی مولد ها در راهنمای T-016 کاربرد تولید نیروی Cummins آورده شده است، که در صورت تقاضا قابل دسترسی است.

به دلیل استفاده گسترده از مبدل ها برای تولید نیروی ولتاژ متوسط، ما بخشی در مورد این گونه ابزارها و عواملی که در انتخاب مبدل مناسب دخیل هستند در اینجا گنجانده ایم.

طرح های سیستم الکتریکی بسته به نوع نیاز، و یا عملکردهای اصلی ابزار تولید نیرو در مصرف مورد نظر به طور چشمگیری تفاوت دارند. طرح سیستمی که برای سرویس در مواقع ضروری بهینه شده است معمولا در مورد سرویس قابل قطع شدن بهترین انتخاب نیست و مطمئنا با طرح سیستمی که ممکن است در مصارف نیروی اصلی دیده شود فرق دارد. تفاوت های پیکر بندی های تک خطی به آسانی قابل مشاهده می باشند. به عنوان مثال، دستگاه های مولد در مصارف اصلی در راس سیستم پخش قرار دارند، در حالی که در مصارف استندبای و به خصوص مصارف ضروری دستگاه های مولد به بارهایی که به سمت انتهای سیستم پخش متمایل هستند متصل می شوند. نقاط انتقال نیرو در کاربردهای اصلی بیشتر

در راس پخش قرار می گیرند و مقادیر زیادی بار را همراه با جفت های مدار شکن نوسان می دهند، در حالی که سیستم های ضروری و استندبای اغلب سوئیچ های انتقال قرار گرفته در پایین سیستم را به کار می گیرند.

دیگر تفاوت ها جزئی تر می باشند. محافظت در سیستمی در حالت استندبای به خاطر اطمینان بیشتر به میزان حداقلی می رسد، در حالی که در نیروی اصلی ما بیشتر بر محافظت از تجهیزات تاکید داریم. هماهنگ سازی معمولا مساله ای مهم تر در مصارف ضروری است. در مصارف استندبای دسته بندی بارها بیشتر بر اساس مکان بارها در وسیله انجام می شود، در حالی که در مصارف ضروری، این گروه بندی بر اساس اولویت سرویس صورت می پذیرد.

در هر طرح سیستمی، قوانین و استانداردهای محلی تاثیری چشمگیر بر طرح کلی سیستم، ابزار و دیگر جزئیات مصرفی دارند.

- باید همیشه قبل از به کار گرفتن هرگونه طرح یا پروژه ی اصلاحی ،در مورد قوانین و استانداردهای محلی مشورت شود.

این بخش قصد دارد ایم نکات اساسی و دیگر جزئیات را بررسی کند تا ایده هایی کلی در مورد طرح سیستم نیرو ارائه کند.

۱-۲-۵ راهنمایی های کلی (General Guidelines)

به دلیل تفاوت های گسترده بین مصارف، امکانات و شرایط، باید جزئیات سیم کشی و محافظت در برابر جریان بیش از حد سیستم پخش الکتریکی برای تولید نیروی منطقه ای به نقطه نظرات مهندسین واگذار شود. با این وجود، بعضی راهنمایی های کلی در مورد طرح وجود دارد که باید آن ها را در نظر گرفت:

- طرح پخش الکتریکی برای سیستم های تولید نیروی ضروری منطقه ای باید قطعی را به خاطر مشکلات داخلی ای هم چون بار زیاد و خرابی مدار کاهش دهد. دستگاه های جانبی این طرح هماهنگی گزینشی ابزارهای محافظت در برابر بار بیش از حد را انجام می دهند و در مورد تعداد و مکان ابزار سوئیچ انتقال استفاده شده در سیستم تصمیم گیری می کنند. برای ایجاد محافظت در برابر خرابی مدار نیروی داخلی، ابزار سوئیچ انتقال باید تا حد امکان در نزدیکی ابزار کاربردی بار قرار گیرد.
- جداسازی فیزیکی سوخت رسان مولد از سوخت رسان معمول سیم کشی برای جلوگیری از تخریب هم زمان در نتیجه ی فاجعه ای محلی مثل آتش سوزی، سیل و یا فشار برشی
- ابزار سوئیچ انتقال ایزوله ی فرعی تا سوئیچ های انتقال بتوانند بدون خرابی ابزار بار حیاتی نگه داری و تعمیر شوند.
- تامین ذخیره های باری دائمی یا تسهیل ارتباط با ذخیره ی بار موقت بدون بهم زدن نظم سیم کشی ها، مثل یک سوخت رسان شکن یدک که در مکان مناسبی قرار گرفته است، تا بتوان دستگاه مولد را تحت بارهای زیاد به کار بست.

نکته: ذخیره های باری نصب شده در جلوی رادیاتور دستگاه مولد باید از کف زمین و یا سازه های دیگر ساختمان حمایت شوند، نه از آداپتور کانال یا رادیاتور. ممکن است این اجزاء دستگاه مولد برای تحمل سنگینی یا تیر بازویی ذخیره ی بار طراحی نشده اند.

- مدارهای بار دهنده یا سیستم های اولویت باری در صورت گنجایش کاهش یافته ی مولد یا از دست رفتن واحدی تکی در سیستم های موازی.
- محافظت از ابزار و رساناگر ها در برابر آتش سوزی در عملکردهای اساسی، مثل پمپ های آتش، آسانسور در مصارف آتش نشانی، چراغ های برون رفت در موارد تخلیه، پروانه های فشاری یا انتقال دود، سیستم های ارتباطی و ...
- امنیت و دسترسی صفحه ی سوئیچ ها و پنل ها در ابزارهایی با بار بالا، و ابزار سوئیچ انتقال در سیستم پخش مولد منطقه ای
- آماده سازی ارتباطات مولد های موقت (دستگاه های مولد اجاره ای قابل حمل) برای زمان هایی که دستگاه مولد نصب شده ی دائمی قابلیت کار ندارد و یا قطعی برق طولانی ما را مجبور می کند نیرو را از دیگر بارها (تعیین فضای هوا، ...) تامین کنیم.

۵-۲-۲ لازمه ها (Requirements)

در سیستم های پیچیده ممکن است ابزاری که سیستم پخش را شکل می دهد تحت تصاحب چندین طرف باشد. تصاحب و مسئولیت عملیات باید به روشنی تعریف شده و از آن پیروی شود (بخش ۹-۲-۵ در صفحه ی ۱۲۶ را ببینید).

۵-۲-۳ توصیه ها (Recommendations)

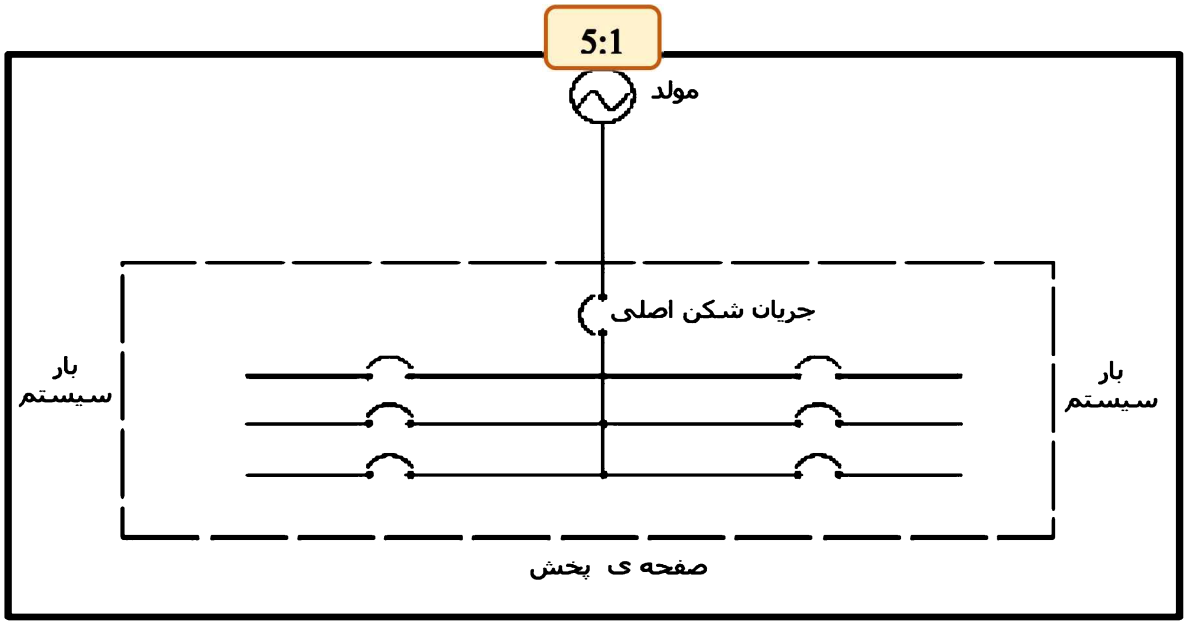
- اطلاعات بیشتر در مورد موازی سازی دستگاه های مولد در راهنمای T-016 کاربرد تولید نیروی Cummins مورد بحث قرار گرفته است، که در صورت درخواست قابل دسترسی است. (بخش ۲-۵ در صفحه ی ۱۰۲)
- باید همیشه قبل از پذیرفتن هر طرح یا پروژه ی اصلاحی در مورد قوانین و استانداردهای محلی مشورت صورت گیرد.
- در زمان بررسی کل هزینه ی تصاحب، اهمیت نصب بر تصمیم در مورد میزان خرج های اضافی که در سیستم انجام شده تاثیر گذار است. بعضی قوانین و استاندارد های محلی سرویس ممتد را در مورد بارهای لازم قانونی الزام می دارند و ذات حیاتی بعضی ابزارها نیز ممکن است چنین قید و شرط های سرویسی مشابهی را الزامی کند. اگر دستگاه های مولد موازی باشند، می توان از هزینه ی نگه داری و زمان خاموشی موقت مربوط به دستگاه های مولد موقت اجتناب کرد. این ملاحظات ممکن است بر تعداد دستگاه های لازم برای نصب نیز تاثیرگذار باشند (بخش ۷-۲-۵ در صفحه ی ۱۱۹)

- راه حل مولد تکی، اگر چه در نگاه اول مقرون به صرفه به نظر می رسد، اما کمترین کاربردها را دارد و ممکن است بازدهی کمتری نیز، به خصوص در بارهای جزئی، داشته باشد. در مصارف بار اصلی، ممکن است دستگاه های مولد دیزلی پر سرعت، به دلیل بازدهی بیشتر و هزینه ی نگه داری کمتر در مقایسه با دستگاه های بزرگ تر و سرعت پایین، هزینه ی چرخه ی عمر کلی پایین تری داشته باشند (بخش ۷-۲-۵ در صفحه ی ۱۱۹)
- مولد هایی که در کاربردهای کمتر از ۵ دقیقه در ماه اتصال موازی شوند، احتیاجی به محافظت در برابر از دست رفتن کاربرد ندارند. با این وجود، خطر صدمه ای که می تواند در صورت رخ دادن خرابی لحظه ای مدار تامین کاربرد رخ دهد را باید بررسی کرد و تصمیمات مناسب در مورد آن صورت گیرد (بخش ۸-۲-۵ در صفحه ۱۲۳)

۵-۲-۴ سیستم های ولتاژ پایین معمول (Typical Low Voltage Systems)

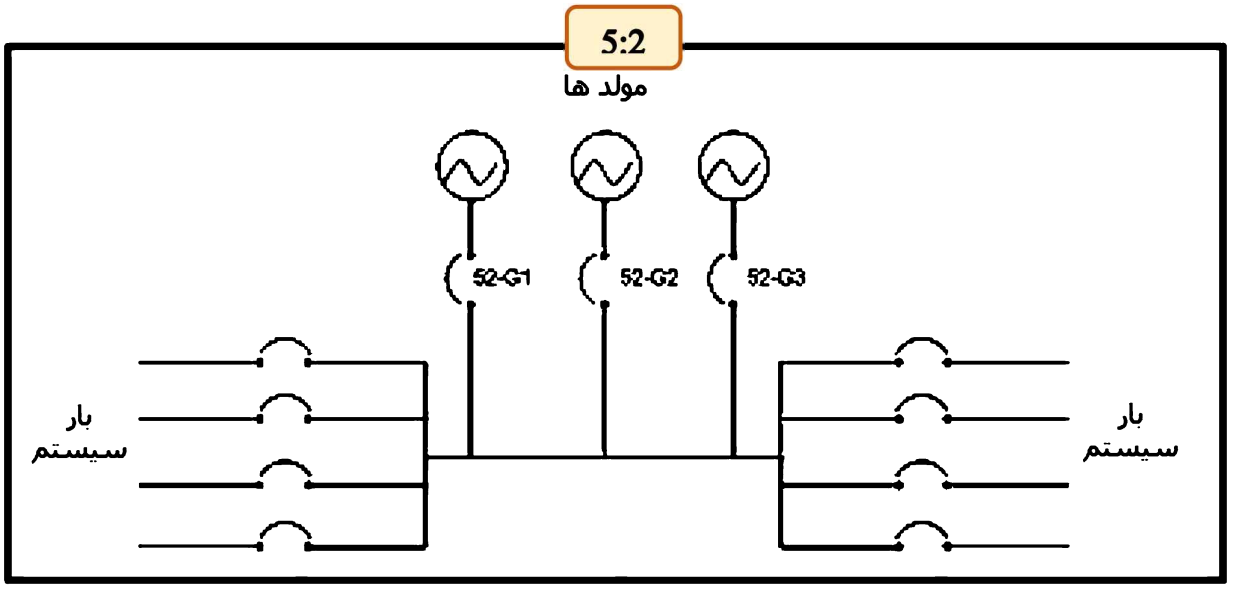
خیلی از طرح های سیستمی متفاوت انجام پذیر هستند، اما برای دستیابی به قابلیت اطمینان بالاتر، سیستم ها معمولا به گونه ای پیکر بندی می شوند که دستگاه (های) مولد در ولتاژ پایین تری وصل شوند، و تعداد تبدیل ها و مدار شکن های بین دستگاه مولد و باری که باید سرویس داده شود به میزان حداقلی برسد. معمولا قوانین محلی الزام می دارند که بارهای ضروری از بارهای غیر ضروری جدا شوند، و در سرویس به آن ها حق تقدم داده شود تا بار زیاد منجر به این شود که بارهای غیر ضروری از مدار خارج شوند، چرا که این امر بیشترین اطمینان در مورد سرویس را در مواجهه با حیاتی ترین بارها در سیستم فراهم می سازد. در بیشتر موارد یک رساناگر خنثی لازم است، چرا که خیلی از بارها و کنترل آن ها در ولتاژ پایین تک فاز می باشد، و نیاز به رساناگر بازگشت ضروری می گردد. تامل دقیق باید در مواردی هم چون نیاز به سیستم وصل شدن به زمین خنثی و لازمه های سوئیچ خنثی صورت گیرد.

ممکن است این طرح برای کاربردهای نیروی اصلی کوچک مورد استفاده واقع شود.



شکل ۲۹. دستگاه مولد سرویس دهنده ی بارهای معمول

دستگاه های مولد معمولا مدارشکنی اصلی به همراه دارند که بر روی دستگاه مولد نصب می شود و سرویس دهی به بارها از طریق پنل پخش جدایی که در شکل ۲۹ در صفحه ی ۱۰۵ نشان داده شده فراهم می شود. مولد ها باید محافظ بار اضافی به همراه داشته باشند، و این محافظ می تواند به صورت های مختلفی ایجاد شود، که یکی از آن ها سوار کردن مدار شکنی بر روی پنل پخش به صورت شکل ۲۹ در صفحه ی ۱۰۵ است. محافظت در برابر باز اضافی معمولا به دستگاه های مولد نیاز دارد، اما محافظت از مدار های کوتاه چنین لازمه ای را ندارد (در واقع نیازی به محافظت از مدار کوتاه بین دستگاه مولد و مدار شکن اصلی نیست). اهمیت این موضوع بدین ترتیب است که ممکن است محافظت در دستگاه مولد یا در پنلی دورتر قرار گرفته باشد. اگر مدار شکن جریان دستگاه مولد حذف شود، هنوز بر طبق قوانین به سوئیچی قطع کننده در دستگاه مولد نیاز است، تا محلی ایزوله را فراهم سازد. به قوانین و استانداردهای محلی در مورد لازمه های قطعی مولد و ایزوله سازی رجوع کنید.

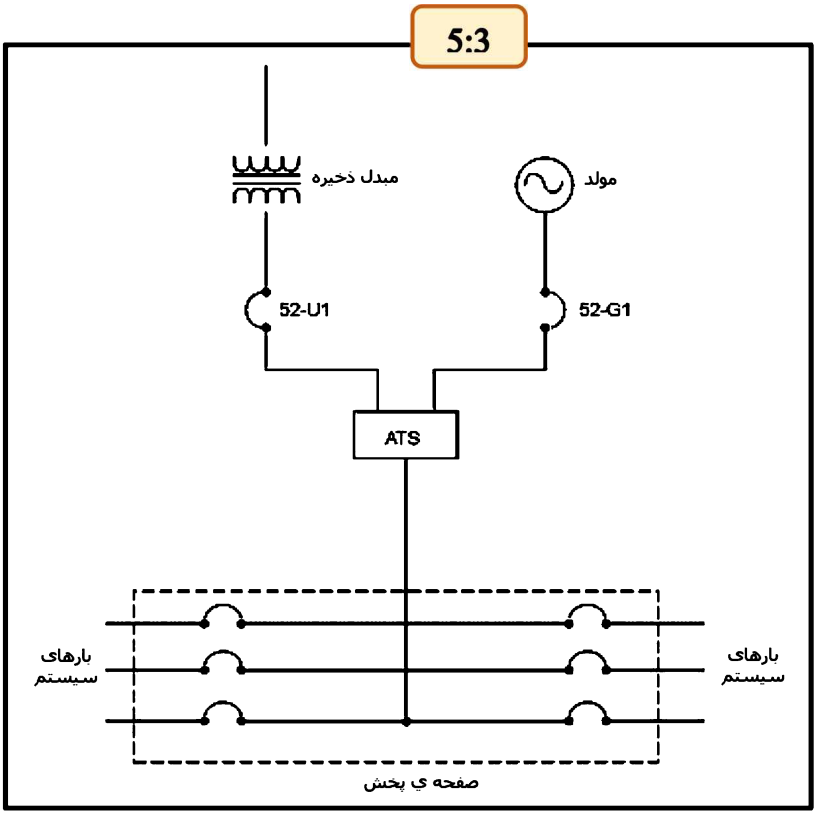


شکل ۳۰. دستگاه های مولد ترکیبی سرویس دهنده ی بارهای معمول

شکل ۳۰ در صفحه ی ۱۰۶ کاربردی مشابه با مولد های موازی نشان می دهد که جایگزین دستگاه مولد تکی می شود. در این وضعیت باید دستگاه های مولد به طور دقیق انتخاب شوند تا در اندازه های مختلفی در اختیار باشند و امکان کاهش مصرف سوخت در منطقه را از طریق مقایسه و یافتن گنجایش مناسب ابزار کارکرد با بارهای سیستمی فراهم کرد. ممکن است استفاده از دستگاه های مولد با اندازه های غیر مشابه ترتیب دادن سیستم اتصال به زمین خاصی را نیز الزامی کند. بخش ۵,۵ را برای یافتن اطلاعات دقیق تر در مورد لازمه های اتصال به زمین ببینید.

شکل ۳۱ در صفحه ی ۱۰۷ ارائه دهنده ی طرح انتقال نیروی دستگاه تکی معمولی برای یک تامین کاربرد در ولتاژ پایین است، در حالی که می تواند در خیلی از کاربردهای خانگی، تجاری و صنعتی کوچک مورد استفاده قرار بگیرد. یک سوئیچ انتقال خودکار (ATS)، که ممکن است از رساناگر استفاده کند، جریان شکن ها و یا یک مقیاس انتقال

dedicate، برای انتقال ذخیره ی الکتریکی به بار از کاربرد به مولد مورد استفاده قرار می گیرد. مولد سه قطبی و جریان شکن کاربرد یا سوئیچ های فیوز معمولا برای محدود کردن سطح خطای حاضر در ATS به کار می روند. ATS میتواند دستگاهی سه قطبی (پیوسته، خنثی غیر سوئیچی) و یا چهار قطبی (خنثی سوئیچی) باشد. معمولا ابزار ATS چهار قطبی در کاربردهایی که ایزوله کردن ذخیره ی خنثی از مولد خنثی ضروری است مورد استفاده قرار می گیرد. امکان دارد انتخاب ابزار خنثی سوئیچی به ملاحظات مربوط به ایمنی ربط داشته باشد، و یا به شرایطی که در آن لازم باشد سیستم ابزارهای تشخیص خطای اتصال به زمین را به کار ببرد. باید با تامین کننده ی سرویس کاربرد مشورت شود تا از نوع سیستم اتصال به زمین استفاده شده در سیستم پخش کاربرد که انرژی منطقه ای را تامین می کند اطمینان حاصل شود، و این مساله تایید شود که ترتیب سیستم اتصال به زمین ارائه شده به منطقه ی مشتری مناسب است. سوئیچ های انتقال نیرو و دستگاه های مولد نباید قبل از این مرور (و تایید کاربرد، در صورتی که توسط قانون محلی الزامی باشد) به سرویس کاربردی متصل شوند.

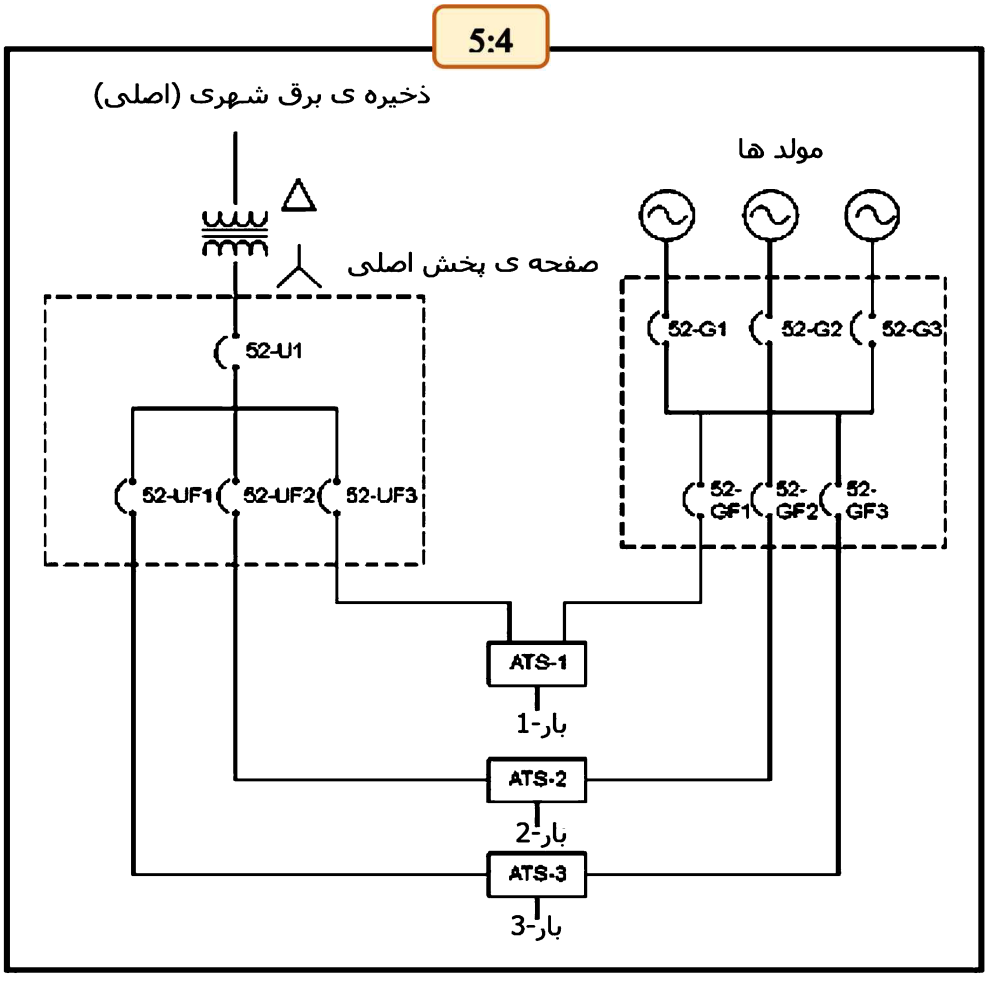


شکل ۳۱. مصارف استندبای دستگاه مولد تکی

دقت کنید که بعضی قوانین و استانداردهای محلی بر استفاده از سوئیچ های انتقالی متعدد را به دلیل الزام به ایزوله کردن بارهای ضروری از بارهای استندبای تاکید کرده اند. در چنین مواردی، سوئیچ های انتقالی باید در طرف باردار پنل پخش کاربرد قرار بگیرند و دستگاه مولد نیز در صورت عدم امکان نصب بازدارنده ی سوخت رسان برای ابزار ATS بر روی دستگاه، به پنل پخش نیازمند است.

سیستم های بزرگ تر می توانند از چند دستگاه ATS و محافظ که در نزدیکی بارها قرار دارند استفاده کنند. این سیستم ها معمولا نسبت به سیستم های که تنها از یک ATS بزرگ بهره می برند از اطمینان بیشتری برخوردار هستند، چرا که خرابی مدار در سیستم پخش بیشتر در انتهای بار سیستم پخش رخ می دهد و استفاده از چند سوئیچ می تواند به خرابی کمتر سیستم در زمان وقوع خرابی مدار منجر شود. برای اطلاعات بیشتر در مورد محصولات و مصارف ATS، به راهنمای T-011 کاربرد تولید نیروی Cummins مراجعه کنید.

شکل ۳۲ در صفحه ی ۱۰۸ طرحی مناسب با تاسیسات بزرگ تر را نشان می دهد، خصوصا در جایی که ساختمان های متعدد توسط یک مجموعه تاسیسات مولدی تغذیه می شوند. در این سیستم، سه دستگاه ATS مورد استفاده قرار گرفته اند، که با سیستم مولد و کاربرد واحدی تغذیه می شوند. این طرح می تواند در مولد های سه قطبی و جریان شکن های کاربرد یا سوئیچ های فیوزی نیز استفاده شود. ابزارهای دگرگونی چهار قطبی معمولا با مولد های سه قطبی و جریان شکن کاربرد یا سوئیچ فیوزی استفاده می شوند. هر ATS سنسور خطای کاربرد خودکاری دارد و سیگنال شروع را به سیستم مولد می فرستد و وقتی این سیگنال در محدوده ی تحمل قابل قبولی باشد به ذخیره ی مولد تغییر می کند. این طرح امکان ایجاد سیستم مولد چند کاره ای را فراهم می کند و می تواند با دستگاه های ترکیبی تنظیم شود.



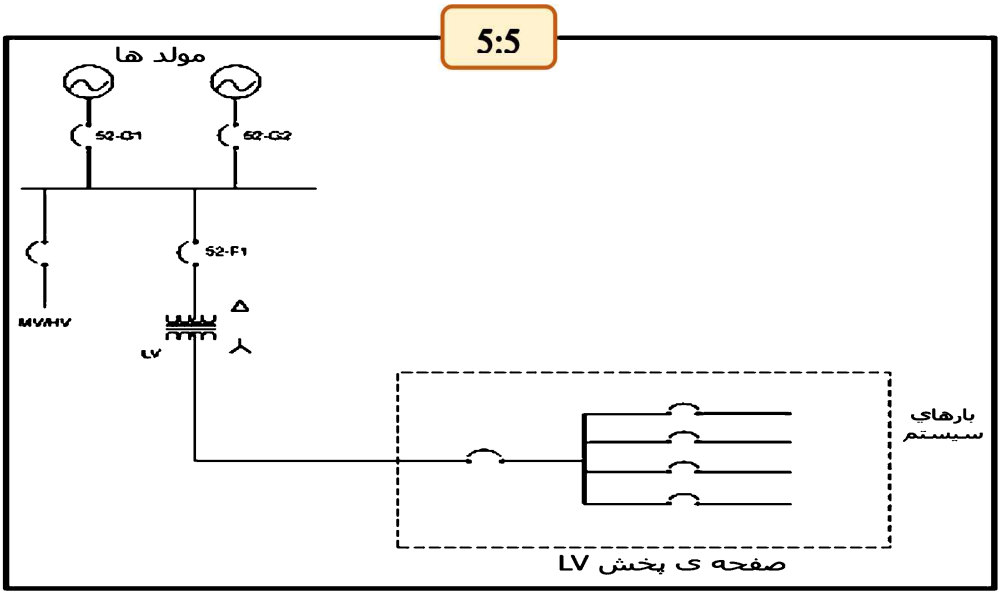
شکل ۳۲. دستگاه های مولد ترکیبی، مصارف ATS ترکیبی

۵-۲-۵ سیستم های ولتاژ عادی یا بالای رایج
(Typical Medium or High Voltage Systems)

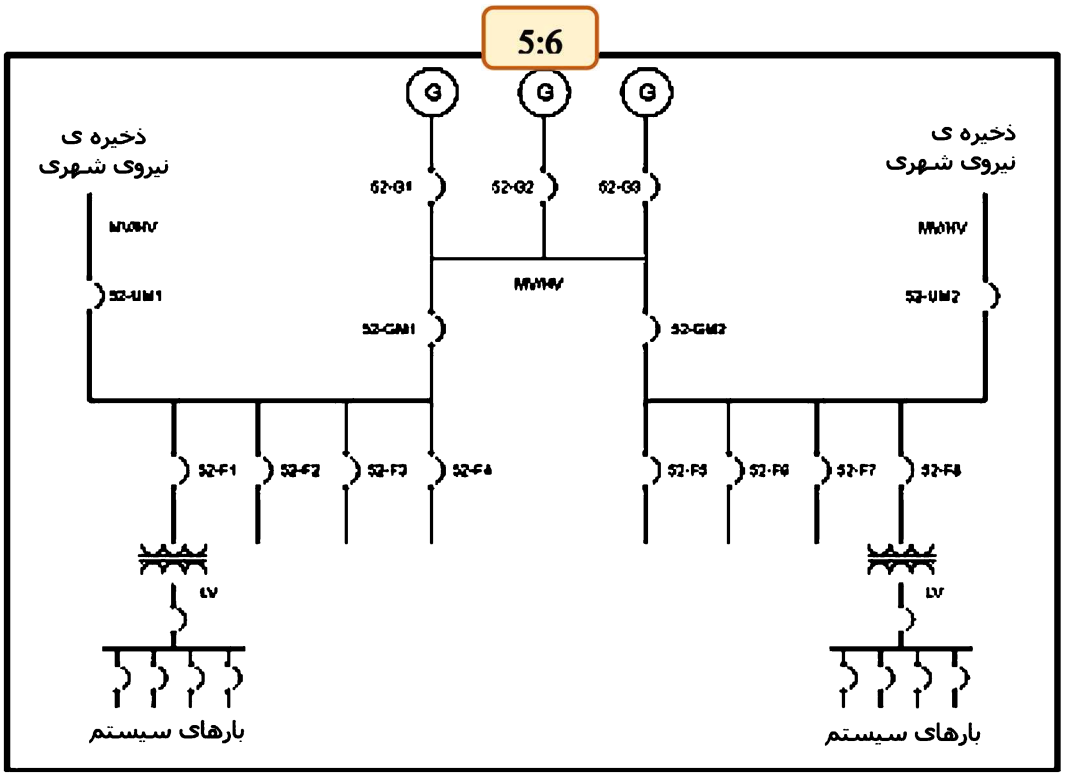
تولید نیروی ولتاژ عادی (MV) و یا ولتاژ بالا (HV) معمولا در جاهایی که درجه بندی نیرو باعث می شود جریان در LV از محدوده های عملی تجاوز کند مورد استفاده واقع می شود. از دیدگاه عملی، این امر هنگامی رخ می دهد که گنجایش سیستم از ۴۰۰۰ آمپر تجاوز کند. این گزینه در زمانی که نیروی باید در نقاطی بسیار دور از دستگاه مولد پخش شود نیز مطلوب است. مولد های تکی که در سطوحی بالاتر از ۲٫۵ MVA درجه بندی شده اند و مولد های موازی که در سطوح بالای ۲ VMA درجه بندی شده اند نمونه های خوبی از ابزارهایی هستند که در کاربردهای MV به طور معمول در نظر گرفته می شوند. دینام های MV در سطوح پایین تر از ۱۰۰۰ کیلووات از نظر اقتصادی به صرفه نیستند. در سطوحی پایین تر از ۱۰۰۰ کیلووات، بهتر است از دستگاهی با ولتاژ پایین همراه با مبدل افزایشی استفاده کرد.

هنگام طراحی تاسیسات MV یا HV، باید به آموزش و صلاحیت پرسنلی که با سیستم سروکار دارند توجه داشت، چرا که کار با این سیستم ها اقدامات احتیاطی و ایمنی بالایی می طلبد.

شکل ۳۳ در صفحه ی ۱۰۹ نشان گر طرح مولد ساده ای برای تاسیسات نیروی اصلی است که می تواند مولد های HV/MV تکی یا ترکیبی را به کار بگیرد. سیستمی که به تصویر کشیده شده برای ساده تر شدن تنها یک مبدل بار تکی را نشان داده است؛ با این وجود مبدل های بار اضافی نیز می توانند اضافه شوند. سیستم های MV/HV معمولا به صورت سه سیمه پیکر بندی می شوند، چرا که بارهای تک فاز به ندرت یافت می شوند. MV/HV خنثی پخش نمی شود و معمولا در محلی تا حد امکان نزدیک به منبع به زمین متصل می شود. امپدانس می تواند به ارتباط زمین–خنثی وارد شود تا شدت جریان خرابی مدار زمین را کاهش دهد، که در این صورت به صورت یک مقاومت یا واکنش گر عمل می کند. برای اطلاعات بیشتر در مورد موضوع اتصال به زمین خنثی به بخش ۵-۳-۵ در صفحه ی ۱۳۱ مراجعه کنید.



شکل ۳۳. سیستم مولد ساده ی MV/HV برای نیروی اصلی



شکل ۳۴. طرح HV/MV برای مولد های ترکیبی / ذخیره ها و بارهای کاربرد

شکل ۳۴ در صفحه ی ۱۱۰ نشان دهنده ی طرح HV/MV برای تاسیساتی بزرگ مثل ساختمانی چند طبقه یا مرکز کامپیوتر است. این طرح کاربردهای متعددی دارد که در حالت وظیفه/استندبای کار می کنند. یک کاربرد و مدار شکن مولدی فشار قوی در این طرح وجود دارند و این دو می توانند به نحوی پیکر بندی شوند که موازی سازی بین مولد ها و کاربرد در زمانی که یکی از این ها در حال تامین بار است ممکن شود. در این گونه مصارف باید دقت کافی در مورد اتصال به زمین به خرج داده شود. در خیلی از موارد امپدانس خنثی یا کنترل ها برای محدود کردن قدرت میدانی دینام در طول خرابی مدار تک فاز مورد نیاز می باشند.

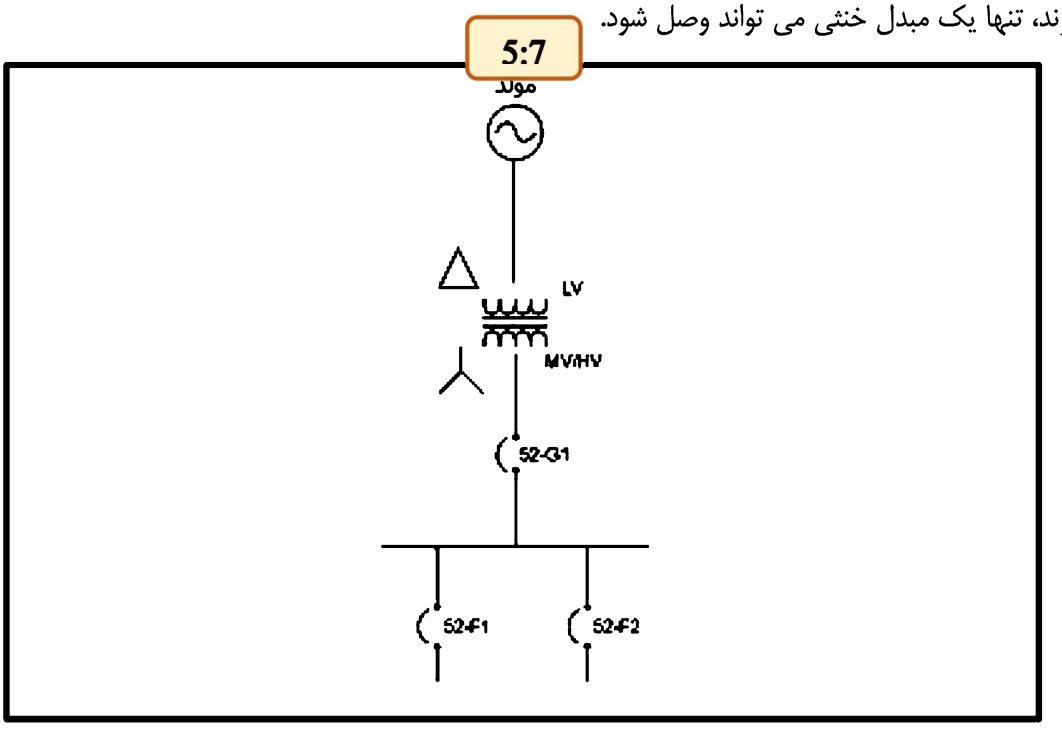
این سیستمی کاملا قابل قبول است که در سرتاسر جهان رایج است. استفاده از مدار شکن مولدی فشار قوی این اجازه را به مولد ها می دهد تا به صورت خارج از خط موازی شوند. این امر سبب هماهنگ سازی سریع و پذیرش بار می گردد. در ضمن، مولد ها می توانند به صورت خارج از خط آزمایش شده و به رویه های نگه داری و تشخیص خرابی مدار کمک کنند.

در حالتی که مبدل های زیادی توسط سیستم تغذیه می شوند، باید دقت به کار برد تا از انتخاب طرح مناسب برای محافظت از افزایش بار اطمینان حاصل کرد. در سیستم هایی که رابط فشار قوی حلقه ای را تغذیه می کنند، دقت کافی باید به خرج داد تا از این که ابزار مولد جریان انرژی دهنده ی لازم را بدون هیچ دردسر قطعی دستگاه های محافظ برای سیستم

مهیا می کند اطمینان بدست آید. برای اطلاعات بیشتر در مورد انواع محافظت ها در برابر جریان بیش از حد و دیگر محافظ های مربوطه به بخش ۵،۸ مراجعه شود.

شکل ۳۵ در صفحه ی ۱۱۱ مولدی LV را به شکل می کشد که در مصرفی MV مورد استفاده قرار گرفته است. یک مبدل افزایشی مورد استفاده قرار گرفته است و به مولد استاندارد LV این امکان را داده است تا به جای مولد MV مورد استفاده قرار گیرد. در این مورد، از زوج مولد – مبدل مثل یک مولد MV استفاده شده است. سیستم های LV و MV باید سیستم های الکتریکی مستقلی قلمداد شوند و توجه به پیکر بندی سیم کشی مبدل امری مهم است، چرا که منبع معمول ایجاد خطا می باشد. سیم کشی دلتا باید برای طرف LV انتخاب شود – این امر به محدود کردن جریان سینوسی سوم کمک می کند و به نقطه ی Y شکل مولد این اجازه را می دهد تا تنها نقطه ی مرجع برای سیستم LV باشد. سیم کشی MV باید به شکل Y پیکر بندی شود تا به سیستم MV این امکان را دهد تا مرجع مواقع شود و این نی تواند توسط امپدانس به زمین متصل شود. این عملی معمول است ولی بعضی سیستم ها ترتیب های اتصال به زمین دیگری را ملزم می دارند. یک مرجع خوب برای تامین این مسائل استاندارد IEEE ۱۴۲ است – "رویه های توصیه شده توسط IEEE برای اتصال به زمین سیستم های نیروی صنعتی و تجاری".

این پیکر بندی با ترکیب های مولد / مبدلی گوناگونی که دارای اندازه های نامتقارن هستند قابل سازگاری است. مبدل هایی با درجه بندی و پیکر بندی های سیم کشی یکسان را می توان با نقاط Y شکل آن ها به صورت مرکب به کار برد. هنگامی که مبدل هایی با اندازه های مختلف مورد استفاده قرار می گیرند، نقاط Y شکل آن ها را تنها می توان در زمانی که سازنده ی مبدل عملیات را تایید کند با یکدیگر جفت کرد. هنگامی که مبدل هایی با اندازه های غیر همگن به صورت موازی وصل شوند، تنها یک مبدل خنثی می تواند وصل شود.



شکل ۳۵. مولد ولتاژ پایین برای مصارف MV/HV

۵-۲-۶ انتخاب مبدل مولد (Choosing a Generator Transformer)

مبدل های مدل پخش با پیکر بندی های متفاوتی ارائه شده اند. عموما یک مبدل با استفاده از مصرف آن و همچنین عامل سرد کننده ی آن دسته بندی می شود. در همه ی موارد معیارهای طرح برای مبدل ها توسط ANSI C57. 12 تعیین می شود.

بر اساس نوع مصرفی، دو دسته ی وسیع نوع Substation و Padmount وجود دارند.

نوع Substation – مبدلی که در یک دنده ی سوئیچ پدیدار می شود معمولا در سمت اصلی جفتی نزدیک به سوئیچ ولتاژ معمول یا مدار شکن و هم چنین جفتی نزدیک به مدار شکن ولتاژ پایین یا مونتاژ دنده ی سوئیچ در سمت ثانوی است. مبدل Substation باید در ناحیه ای سربسته قرار گیرد که از دسترسی عموم دور باشد. این امر به این خاطر است که مبدل های نوع Substation در برابر دستکاری مقاوم نیستند و به قسمت های در حال کار، پروانه ها و دیگر قسمت ها اجازه ی دسترسی می دهند. مبدل های نوع Substation را می توان بر اساس عامل سرد کننده ی آن به گروه های بیشتری تقسیم کرد. دو نوع مبدلSubstation وجود دارند:

- نوع خشک
- پر از مایع

۵-۲-۶-۱ مبدل های نوع خشک (Dry Type Transformers)

دو گروه عمده برای مبدل های خشک وجود دارد – VPI و قالب چسبی.

۵-۲-۶-۱-۱ VPI–بارور شده از طریق فشار مکنده

(Impregnated VPI-Vacuum Pressure)

این مبدل نوع خشک رایجی می باشد که در دهه های گذشته ساخته شده است. کلاس عایق بندی استاندارد آن ۲۲۰ درجه C است، که توان افزایش دما تا ۱۵۰ درجه C بر وی ۳۰ درجه C محیط را دارد. همچنین می توان پروانه هایی را نیز اضافه کرد که خروجی ظاهری KVA را ۳۳٪ افزایش می دهد (معمولا به صورت AA/FA در درجه بندی های KVA ثبت می شود). این مبدل خشک ارزان ترین نوع موجود است.

مبدل های خشک کننده متعارف را باید تنها در کاربردهای عملیات ممتد به کار برد. سیم کشی ها، حتی با این که عایق کاری شده اند، در معرض رطوبت قرار می گیرند.

۲-۱-۶-۲-۵ قالب چسبی (Cast Resin)

گروه دیگری از مبدل ها از نوع قالب چسبی می باشند. مبدل های قالب چسبی به دو گروه تقسیم بندی می شوند: قالب کامل، و تک قالبی

مبدل های قالب کامل: در یک مبدل قالب کامل هر سیم کشی ای توسط چسب اپوکسی فایبرگلاس پوشانده شده است. این امر با استفاده از یک محفظه ی مکشی برای کشیدن چسب اپوکسی به سمت سیم کشی ها میسر می شود. در نتیجه چسب اپوکسی به عنوان رساناگر عایق ترابرق عمل کرده، و در عین حال در صورت خرابی مدار نیروی مکانیکی قوی تری را ایجاد می کند. کلاس عایق استاندارد آن ۱۸۵ درجه C، با افزایش دمای ۸۰ یا ۱۱۵ درجه C بر روی ۳۰ درجه C محیط است. پروانه هایی را می توان به اختیار به دستگاه اضافه کرد که خروجی ظاهری KVA را در درجه بندی های پایه ای AA تا ۵۰٪ افزایش می دهد.

مبدل های قالب کامل گران ترین نوع مبدل های خشک می باشند، اما رطوبت برای آن ها مشکلی ایجاد نمی کند، لذا در مصارف انرژی زایی غیر ممتد مناسب می باشند.

مبدل های تک قالبی: این مبدل یکی از طرح های برگرفته شده از مبدل قالب کامل است. به جای استفاده از عایق اپوکسی در هر یک از سیم کشی ها، هسته های اصلی و ثانوی در اپوکسی غوطه ور می شوند، و یک لایه اپوکسی بر روی سطح بیرونی حلقه های اصلی و ثانویه تشکیل می شود. سیم کشی های جدا معمولا مشابه با مبدل های خشک رایج با لاک عایق بندی می شوند.

کلاس عایق بندی استاندارد آن ها ۱۸۵ درجه C، با افزایش دما تا ۱۰۰ درجه C بر روی ۳۰ درجه C محیطی است. می توان پروانه ای را در صورت تمایل به دستگاه اضافه کرد که می تواند خروجی KVA را تا ۳۳% افزایش دهد.

۲-۶-۲-۵ مبدل های پر شده با مایعات (Liquid Filled Transformers)

مبدل های پر شده با مایعات از روغن به عنوان رساناگر ترابرق بهره می برد. بر خلاف مبدل های خشک رایج، این مبدل ها در برابر رطوبت نفوذ ناپذیر می باشند، چرا که سیم کشی ها کاملا با روغن رساناگر پوشانده شده اند. با این وجود، مبدل های پر شده با مایعات در مصارف داخل ساختمانی به سیستم های محافظت در برابر آتش سوزی نیاز دارند.

- روغن معدنی
- سطح دمای مستعد بالا برای آتش سوزی

۱-۲-۶-۲-۵ روغن معدنی (Mineral Oil)

ارزان ترین روغن برای پر کردن مبدل روغن معدنی است. مبدل های پر شده با مایعات افزایش دمای استاندارد ۵۵ درجه C بر روی ۳۰ درجه C محیطی دارند. برای 55/65 درجه C گزینه هایی در اختیار است که درجه بندی ظاهری KVA را ۱۲٪ افزایش می دهد. هم چنین می توان از خنک سازی هوای پر فشار استفاده کرد که افزایش ۱۵ تا ۲۵٪ در درجه بندی ظاهری KVA را به دنبال دارد.

۲-۲-۶-۵ سطح دمای مستعد بالا برای آتش سوزی (High Fire Point)

سازندگان معمولا سیلیکون R-Temp (صنایع بشکه سازی) یا سیلیکون Dow Corning 561 را به عنوان مایعات سطح دمای مستعد بالا برای آتش سوزی پیشنهاد می دهند. EPA این مواد را برای محیط زیست مخاطره آمیز شمرده است و لذا احتمال وارد و خارج شدن آن در بازار زیاد است.

۳-۲-۶-۵ مبدل های پد دار (Padmounted Type Transformers)

پد دارها با همان استانداردهایی ساخته می شوند که برای مبدل های سابستیشن استفاده می شود. با این وجود، پد دار ها نوعی خاص از ساخت را به کار می برند. به طور معمول، این بدین معنی است که ساخت آن ها بخش بندی شده و ضد دستکاری است. رایج ترین کاربرد پد دارها در محیط بیرونی و مناطق غیر محدود شده است، جایی که امکان دسترسی کامل افراد عادی به دستگاه وجود دارد. پد دارها به پروانه خنک کننده مجهز نیستند چرا که پروانه باعث از خنثی شدن خاصیت ضد دستکاری آن می شود. فعلا معمول ترین پد دارها از نوع آکنده از مایع می باشند. این امر بعضی قابلیت های بار اضافه را بدون نیاز به پروانه ممکن می سازد.

علاوه بر طبقه بندی های بالا، انتخاب مبدل نیروی مولد به چندین عامل بستگی دارد:

- پیکر بندی سیم پیچی
- درجه بندی
- وسیله ی سرد کننده
- تعویض کننده ی شیر
- امپدانس
- اتصال

۳-۶-۲-۵ پیکر بندی سیم کشی (Winding Configuration)

پیکر بندی سیم کشی معمولا با توجه به نیاز به باز گرداندن سیستم الکتریکی به زمین (ارث) ایجاد می شود. سیستم های الکتریکی معمولا در منبع به زمین وصل می شوند و به همین دلیل می توان انتظار داشت سیم کشی مبدل که به عنوان منبع نیرو برای یک سیستم الکتریکی ایفای نقش می کند به یک نقطه بازگشت مجهز باشد. لذا برای یک مبدل گام پایین که در آن بارها از سیم کشی ولتاژ پایین تری تامین می شوند. انتظار می رود نقطه ی برگشت استار (Wye) متصل شده باشد، با این تصور که نقطه مشترک بین سه سیم کشی به زمین (نقطه ی ستاره) متصل شود. انتظار می رود مبدل گام بالا نیز که در آن بار از یک سیم کشی با سیم کشی ولتاژ بالاتر تامین می شود به استار (Wye) متصل باشد.

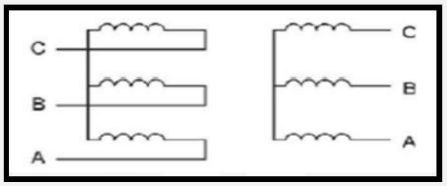
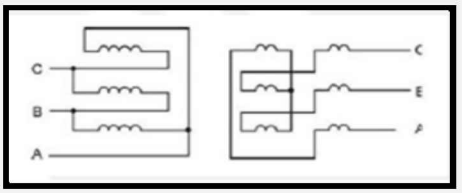
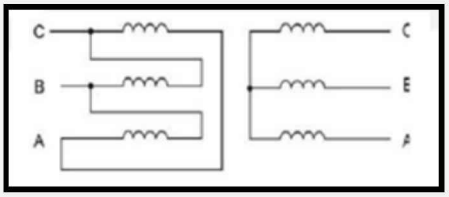
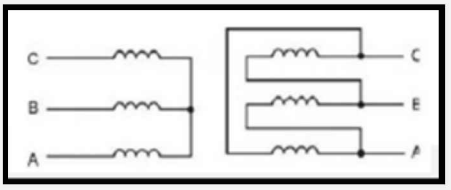
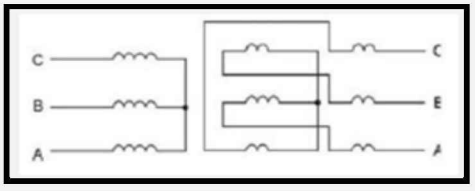
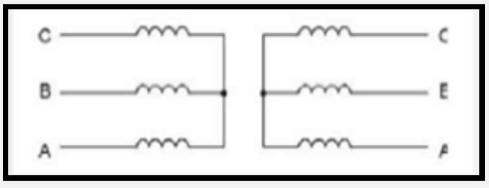
در خیلی از مناطق ممکن است یک گروه حامل سیم کشی مبدل به عنوان Dyn11 نشان داده شود، که بر این موضوع دلالت دارد که مبدل دارای دلتایی است که به سیم کشی MV/HV متصل است و یک وای (wye) به سیم کشی با ولتاژ پایین متصل است که دارای نقطه ستاره آماده برای اتصال می باشد. "۱۱" بر تغییر فاز سی درجه ای خلاف جهت عقربه های ساعت دلالت دارد، همانند جایگاهی که ساعا ۱۱ بر روی صفحه ی ساعت دارد. دیگر اتصالات معمول YNd11 (وای متصل به سیم کشی MV/HV بدون بار، دلتای متصل به سیم کشی LB همراه با تغییر فاز خلاف عقربه ساعت)، Dyn1 و YNd1 (درست مثل مورد قبل، اما با تغییر فاز جهت عقربه ساعت) و YNyn0 (وای سیم کشی MV/HV و LV با تمامی نقاط خنثی بیرون آورده شده و بدون تغییر فاز) می باشند. طراحی حرف Z نشانگر سیم کشی زیگزاگ است، در حالی که سه گروه از حروف بر این دلالت دارند که سیم کشی ثالث متناسب است.

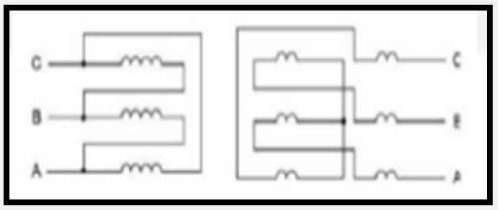
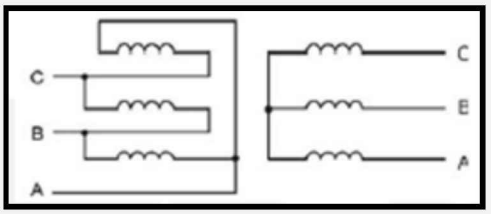
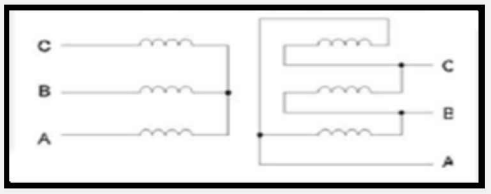
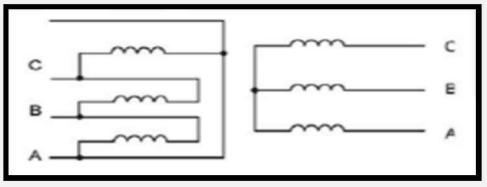
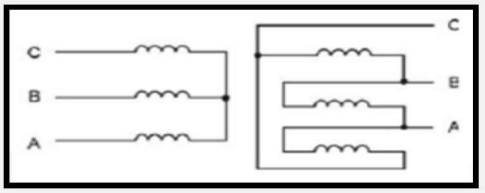
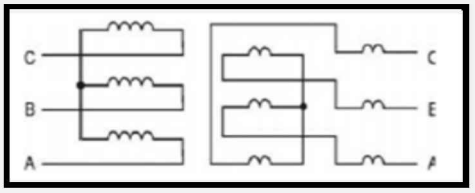
گروه های حامل معمول در پایین نمایش داده شده اند.

گروه حامل اتصال سیم کشی ها و رابطه ی فاز فاز دهنده های ولتاژی مربوط به آن ها را شناسایی می کند. این گروه شامل حروف کدی می باشد که اتصال سیم کشی های فاز و شماره ی کدی که جا به جایی فاز را تعریف می کند را مشخص می سازد.

جدول ۱۲. پیکر بندی های سیم کشی

5:8

شماره ی کد	گروه Vendor	پیکر بندی مدار
0	Yy0	
0	Dz0	
5	Dy6	
5	Yd5	
5	Yy5	
6	Yy6	

شماره ی کد	گروه Vendor	پیکر بندی مدار
6	Dz6	
11	Dy11	
11	Yd1	
11	Dy1	
11	Yd11	
11	Yz11	

۵-۲-۶-۴ درجه بندی (Rating)

مبدل ها معمولا به درجه بندی حداکثری مداوم (CMR) و درجه بندی اضطراری مداوم (CER) مجهز می باشند. انتخاب درجه بندی به سطح انتظار چرخه ی وظیفه ی مبدل و سیستم الکتریکی بستگی دارد. مبدل های درجه بندی CMR معمولا در مقایسه با واحد های درجه بندی CER حجیم تر و گران تر می باشند؛ با این وجود، به دلیل افزایش دمای بیشتر، مبدل های درجه بندی CMR در صورت استفاده از محدودیت های CER طول عمر کمتری خواهند داشت، عموما پیشنهاد می شود برای مولد هایی که به عنوان منبع اصلی انرژی به کار می روند از مبدل های درجه بندی CMR استفاده شود. مبدل های درجه بندی CER را می توان در کاربردهای استندبای استفاده کرد، به این شرط که از چرخه ی وظیفه مشخص شده توسط سازنده ی مبدل تخطی نشود. مبدل ها با واحد kVA درجه بندی شده اند و افزایش های سودمند در درجه بندی در صورتی امکان پذیر است که مبدل در عامل نیرویی نزدیک به واحد عامل نیرو (1.0) کار کند.

۵-۲-۶-۵ عامل سرد کننده (Cooling Medium)

بسیاری از مبدل ها از روغن به عنوان عامل سرد کننده و عایق استفاده می کنند. مبدل های پر از روغن معمولا فشرده تر هستند، اما از مبدل های قالب چسبی عایق هوایی سنگین تر هستند و می توانند شرایط سخت محیطی را تحمل کنند. پروانه ها اغلب به منظور کمک به پراکندن گرما به کار می روند. سرد کننده مبدل به صورت زیر طبقه بندی می شود:

- روغن طبیعی / هوای طبیعی (ONAN)
- روغن فشاری / هوای طبیعی (OFAN)
- روغن فشاری / هوای فشاری (OFAF)

روغن قابل اشتعال است و ممکن است در صورت عدم جلوگیری، آلودگی محیطی شدیدی به بار آورد؛ لذا مبدل های روغنی باید در منطقه ی محدود شده ای نصب شوند که بتواند در حدود ۱۱۰٪ کل گنجایش مبدل را در خود بگنجاند. آژیر سطح پایین روغن، هواکش انفجار، دمای سیم کشی و روغن و محافظت از سیستم تشخیص تغییر گاز اغلب در مبدل های سرد شونده با روغن گنجانده می شوند.

۵-۲-۶-۶ تعویض کننده ی شیر (Tap Changers)

مبدل ها اغلب در سیم کشی های ولتاژ بالاتر مجهز به شیر هستند تا تنظیم ولتاژ خروجی را میسر کنند. به طور معمول در این حالت مبدل جدا است. مقادیر معمول شیر +/- ۵٪، +/- ۲,۵٪، و ۰ می باشند. تعویض کننده های شیر در مبدل مولد در صورتی می تواند مفید واقع شود که ولتاژ سیستم کاروری در نزدیکی حد بالایی یا پایینی دامنه ی مجاز در حال کار باشد و مولدی هم برای موازی شدن با سیستم مورد نیاز است.

تعویض کننده های شیر روی مدار فراهم هستند اما عموما گران قیمت می باشند. معمولا شرایطی رخ می دهد که در آن شبکه ی HV بسیار بالاتر از ولتاژ سطحی در حال کار است.

استفاده از تعویض کننده شیر در مبدل مولد می تواند از افزایش ولتاژ درجه بندی شده ی مولد در مواقعی که در چنین شرایطی در حال حمل است جلوگیری کند.

۵-۲-۶-۷ امپدانس (Impedance)

در مواقعی که سطوح خطای بالا تخمین زده می شوند، امکان دارد امپدانس افزایشی مبدل راه حلی مقرون به صرفه فراهم آورد، خصوصا در مواردی که زمان کاری محدود است. باید اطمینان حاصل کرد که ازدیاد ولتاژ افزایشی در مبدل باعث نشود که یک مولد در هنگام کار از گستره ی ولتاژ مجاز فراتر رود، یا از تطبیق و همگام سازی ولتاژ جلوگیری کند. اگر انتظار می رود که در هر شرایط کاری ای ولتاژ ۵٪ بیشتر از میزان سطحی باشد با سازنده ی دستگاه مولد مشورت شود.

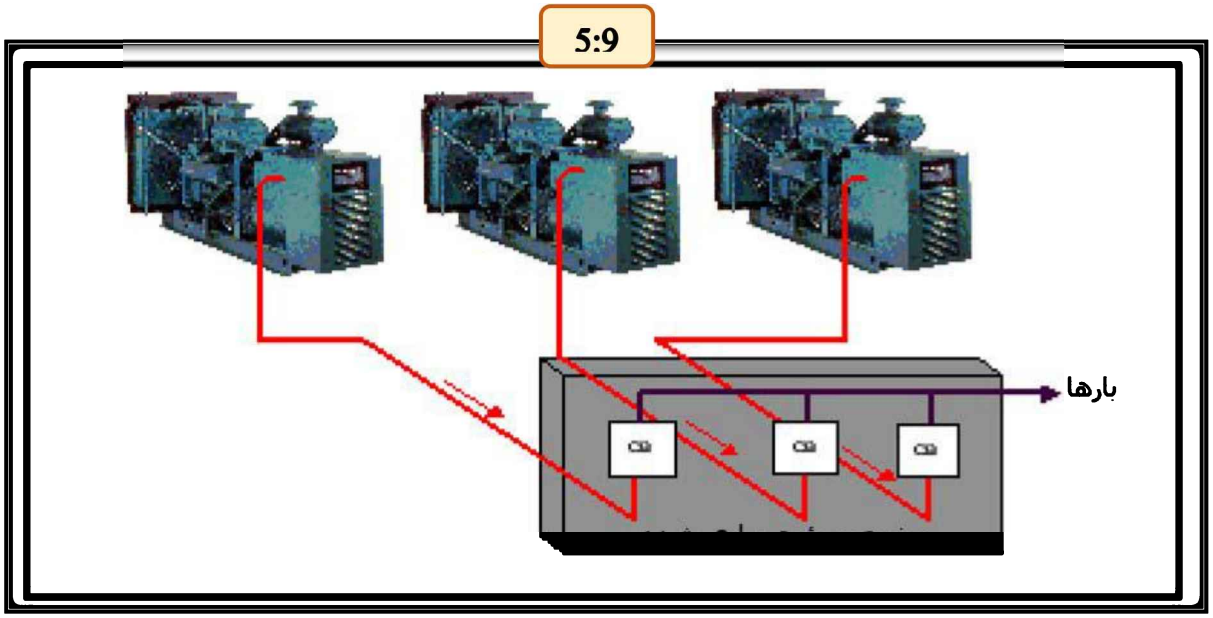
۵-۲-۶-۸ اتصالات (Connection)

نوع اتصال کابلی به هر سیم کشی را باید با در نظر گرفتن کابل های نصب شده انتخاب کرد. این مساله در مدار های ولتاژ بالا که به تکنیک های پایان کار خاصی نیاز است، و مدارهای ولتاژ پایین که کابل های متعددی متصل هستند اهمیت بیشتری پیدا می کند. یک انتخاب پایه بین جعبه های کابل مرکب و عایق هوایی فراهم است و ترکیب های متعددی را می توان به کار برد تا امکان استفاده از کابل هایی با گستره ی بالاتر و تکنیک های پایان کار بیشتری فراهم شود. ورودی کابل معمولا در زیر قرار دارد؛ اگر ورودی کابل از سمت بالا طراحی شده باشد، باید از ورود رطوبت جلوگیری کرد.

۵-۲-۷ مولد های تکی در برابر مولد های موازی (Single versus Parallel Generators)

موازی سازی عملکرد همگام دو یا چند دستگاه مولد متصل به یکدیگر در یک رابط فشار قوی معمول است، تا نیروی بارهای معمول را همان طور که در شکل ۳۶ صفحه ی ۱۲۰ نشان داده شده است فراهم کند. در تصمیم گیری در مورد نصب مولد های تکی یا چندتایی عوامل متعددی باید در نظر گرفته شوند، مثل:

- قابلیت اطمینان
- عملکرد
- هزینه
- گونه های بار
- اندازه ی مولد و اتاق
- کارآمدی
- تنوع بار
- انعطاف پذیری



شکل ۳۶. مولد های موازی

قابلیت اطمینان عامل اساسی در تصمیم گیری در مورد استفاده از موازی سازی در اکثر کاربردهای اضطراری/استندبای، مثل بیمارستان ها، مراکز کامپیوتری و ایستگاه های پمپاژ است؛ در این موارد قابلیت اطمینان "تامین نیرو" مهم است چرا که بارهای اتصالی حیاتی می باشند. در چنین مواردی، استفاده از دستگاه های مولد چندگانه و بار اولویت بندی شده ی سیستم این امکان را می دهد تا بارهای حیاتی تر در ازای بارهای کم اهمیت مصرف شوند. در سیستم هایی که تمامی بارها برای عملکرد مناسب مورد نیاز هستند، دستگاه های مولد اضافی فراهم می شوند تا نقصان یک دستگاه مولد منجر به از کار افتادن امکانات نشود. موازی سازی معمولا به امکان ترتیب بندی بارها در گام ها، و توانایی ساطع کردن بارها برای ایجاد امکان عملکرد دستگاه مولد در محدوده ی درجه بندی بار در صورت نقص آن نیازمند است. نصب دستگاه چندگانه را باید اندازه گیری کرد تا این امکان برای مولد ایجاد شود که در هنگام بررسی روزمره یا تعمیر از سیستم جدا شود و تامین بار به خطر نیفتد.

در صورتی که مولد ها موازی باشند، عملکرد سیستم نیروی قرار گرفته در محل کار می تواند بیشتر مشابه سرویس کاروری باشد، چرا که مجموع گنجایش دستگاه های مولد نسبت به بارهای انفرادی بسیار بیشتر از گنجایش آن با دستگاه های مولد تکی ای می باشد که با بارهای جدا کار می کنند. به دلیل بالا بودن گنجایش رابط فشار قوی، تاثیر بارهای ناپایداری که توسط بارهای انفرادی بر دستگاه های مولد اعمال می شوند به حداقل می رسد.

هزینه. به طور کلی، دستگاه های مولد موازی شده ی چندگانه بیشتر از یک دستگاه مولد تکی با همان ظرفیت هزینه در بر دارد، مگر اینکه لازمه های گنجایش باعث شود طرح از ماشین هایی استفاده کند که عملکرد آن ها کمتر از 1500 rpm است. هزینه ی یک سیستم باید به عنوان هزینه ی کلی مالکیت محسوب شود و عواملی مثل فضای در دسترس

ساختمان، نصب هواکش و لوله های اضافی، نمایه ی کابل ها، لازمه های دنده های سوئیچ و کنترل سیستم برای نصب های چندگانه را نیز در نظر گیرد. قابلیت اطمینان لازم و منفعتی که این مساله با خود به همراه دارد را باید در برابر هزینه های اضافی در نظر گرفت. هزینه ی نگه داری عاملی کلیدی در دستگاه های مولدی است که با استفاده از طرح های نیروی های اصلی یا مولد های مشترک کار می کنند. با وجود این که ممکن است یک دستگاه بزرگ تکی سرمایه ی بالایی را طلب کند، اما این معضل توسط دیگر عوامل مربوط به هزینه های نصب یک سیستم مولد چندگانه رفع می شود.

نکته: در هنگام ارزیابی هزینه ی کلی مالکیت، اهمیت نصب بر تصمیم گیری در مورد میزان اضافی ای که در سیستم قرار می گیرد تاثیرگذار است. بعضی کدها و استانداردهای محلی نیازمند سرویس دهی دائم به بارهای به دست آمده ی مجاز می باشند و ممکن است ذات حیاتی بعضی وسایل الزام تدارک سرویس هایی این چنینی را به وجود آورد. اگر دستگاه های مولد موازی شوند، می توان از هزینه ی نگه داری و مدت زمان توقف موقت مربوط به دستگاه های مولد موقتی جلوگیری کرد. این نکات می تواند بر تعداد دستگاه های لازم برای نصب نیز تاثیر گذار باشد.

اندازه ی مولد و محل می توانند عوامل اساسی باشند و استفاده از نصب دستگاه های تکی یا چندگانه را ملزم کنند. دستگاه مولد تکی معمولا بسیار سنگین تر از دستگاه های مشابهی است که در وضعیت های موازی مورد استفاده قرار می گیرند. برای نصب روی بام یا در مواردی که دستگاه باید به زیرزمین یا مکانی محصور انتقال داده شود، استفاده از چنین مولدی غیر ممکن است، و باید از مولد های کوچک تر و سبک تر استفاده کرد. به هر حال، برای دسترسی و نگه داری باید فضایی بین دستگاه های نصب چندگانه تعبیه شود و این مساله ناگزیرا فضای بیشتری را به ازای هر کیلووات برق ایجاد شده اشغال می کند.

در صورتی که طرح تولید نیرو نیروی بار پایه را تولید می کند یا برای کاهش قیمت ها یا تولید مشترک استفاده می شود، راندمان عاملی بسیار مهم است. معمولا چند کاره بودن سیستم موازی که این امکان را به دستگاه های مولد می دهد تا در بار متناسب و حداکثر بازدهی کار کنند هزینه ی بیشتر نصب ابتدائی را در مواقعی که با نیروی اصلی سروکار داریم در مدت زمان کوتاهی جبران می کند.

بار در تصمیم گیری بر سر نوع نصب لازمه حائز اهمیت است. یک مولد تکی معمولا از نظر اقتصادی بهترین انتخاب برای بارهای کمتر از حدود ۲۰۰۰ کیلووات است، چرا که هزینه ی امکانات کنترل موازی و سوئیچ در مقایسه با هزینه ی مولد بیشتر است. برای نصب های کوچک ولی ضروری، که در آن محافظت از دو مولد حائز اهمیت است اما استفاده از امکانات موازی به دلیل قیمت آن غیر ممکن است، یک نصب استندبای دو طرفه می تواند گزینه ی مناسب دیگری باشد، چرا که در آن یک مولد به عنوان استندبای برای دیگر مولد عمل می کند. برای اطلاعات بیشتر در مورد این طرح به T-011 راهنمای استفاده از سوئیچ ترانسفر مراجعه شود. برای بار های بزرگ تر، انتخاب پیچیده تر است و در حدود 2-3 MV، گزینه های استفاده از دستگاه های مولد تکی یا چندگانه میسر است. در بالاتر از 3 MV، در اکثر موارد از نصب های مولد چندگانه استفاده می شود.

نکته: با وجود این که مولد تکی در نگاه اول مقرون به صرفه تر است، اما کمترین کاربرد را نیز دارد و ممکن است از نظر هزینه از تاثیر کمتری برخوردار باشد، خصوصا در بارهای جزئی و در زمان هایی که مدت کار دستگاه طولانی مدت می باشد. در موارد استفاده ی نیروی اصلی، ممکن است دستگاه های مولد دیزلی پر سرعت، به دلیل بالاتر بودن بازدهی و پایین تر بودن هزینه ی نگه داری در مقایسه با ماشین های کندتر، هزینه ی چرخه عمر کلی کمتری داشته باشند.

تنوع بار را باید در هرگونه تصمیم گیری در مورد استفاده از مولد در نظر گرفت چرا که خیلی از کاربردها تفاوت چشمگیری در پروفایل بار بین روز و شب و تابستان و زمستان از خود نشان می دهند. ممکن است یک کاربرد تولید بزرگ بار روزانه ی 2-3 MV داشته باشد؛ اما در شب، مگر در استفاده در رویه های متداوم، این امکان وجود دارد که بار تا کمتر از چندصد کیلووات و حتی کمتر از آن افت کند. نصب یک مولد تکی بزرگ در چنین کاربردی می تواند منجر به ساعت ها کار با بار ضعیف شود، که برای موتور ضرر دارد. نصبی معمول از این نوع ممکن است از چهار مولد ۱۰۰۰ کیلوواتی استفاده کند، و در یک نمایه موازی با این نصب یک مولد ۵۰۰ کیلوواتی قرار گیرد، به این ترتیب که در بار روزانه سه عدد از چهار دستگاه استفاده شود و در شب تنها استفاده از دستگاه کوچک تر الزامی باشد.

بارهای ناپایدار تاثیری مهم بر سایز لازم مولد دارند و در نظر گرفتن تمامی ترکیب های بار های ناپایدار و ثابت در هر گونه محاسباتی لازم است تا از حفظ کیفیت نیرو اطمینان حاصل شود. توجه داشته باشید که بعضی بارها در دستگاه های مولد بار عامل نیروی هادی ایجاد می کنند، و این موضوع نیز باید در اندازه دستگاه مولد و ترتیب عملیات سیستم در نظر گرفته شود. ابزار اندازه گیری کاربرد "جن سایز" Cummins در چنین مواردی مفید واقع می شود و از طریق پخش کننده های ما قابل دسترسی است.

انعطاف پذیری در مواردی که امکان تغییر نصب در آینده وجود دارد موضوعی بسیار مهم است. تغییر نصب یک دستگاه مولد تکی معمولا دشوار است، در حالی که در مورد نصب دستگاه متعدد، به شرط این که این امکان در طرح ابتدائی به وجود آمده باشد، دستگاه های دیگر به راحتی اضافه می شوند.

۱-۷-۲-۵ خطرات (Risks)

در ارتباط با عملکرد موازی دستگاه های مولد خطراتی وجود دارد، هم بین دستگاه ها و هم در ذخیره ی کاربردی، و این ریسک ها را باید به دلیل بهره وری دستگاه ها از بین برد. این خطرات عبارتند از:

- مواردی که در آن باردهی کافی فراهم نشده است و یا بار در سطح بالایی قرار دارد، در صورت از کار افتادن یک مولد، مولدهای دیگر نتوانند بار سیستم را پشتیبانی کنند. باردهی باید همیشه در یک طرح مولد موازی به کار رود و در طول عملیات ظرفیت ذخیره باید در تمامی مواقع با میزان باری که در صورت از کار افتادن مولد قابل پذیرش است تطابق داشته باشد.

- تمامی مولد ها را نمیتوان با هم موازی بست – اگر باید دستگاه های سازندگان مختلف و یا مولدهایی که سایزهای بسیار متفاوتی دارند با هم موازی شوند، قبل از انجام عملیات با یک پخش کننده Cummins در محل مشورت کنید.
- در صورت موازی شدن با ابزار، مولد عملا بخشی از سیستم کاربردی می شود. اگر عملیات در توازی با ذخیره ی کاربردی مشخص شده است، محافظت بیشتر برای مراقبت از پیوند سیستم کاربردی و مولد لازم است. این محافظت عموما توسط ارائه دهنده ی سرویس کاربردی مشخص و تایید می شود. در صورت استفاده از عملیات موازی همیشه به قوانین و استانداردهای محلی مراجعه کنید.

۸-۲-۵ سیستم های ترکیب شده ی مولد و کاربردی (Combined Generator and Utility Systems)

مولدها می توانند به صورت موازی با یک ذخیره ی کاربردی به کار روند تا موارد زیر را ممکن سازند:

- عدم قطع تغییر کامل بار از ذخیره ی کاربردی به مولد و بالعکس
- اصلاح راس (پیک)
- به راس (پیک) رسیدن
- تولید مشترک

تغییر کامل بدون قطعی بین مولد و ذخیره های کاربردی را می توان با استفاده از یک ATS انتقال بسته (بدون قطعی)، و یا با موازی سازی معمول و جا به جایی بار مهیا ساخت. در ATS انتقال بسته، دستگاه مولد در مقایسه با ابزار در سطح فرکانسی نسبتا متفاوت کار می کند تا رابطه ی فاز بین مولد و ابزار دائما در حال تغییر باشد. هنگامی که منابع با یک دیگر همگام شوند، با استفاده از یک دستگاه بررسی همگام سازی ساده ای در عرض کمتر از ۱۰۰ میلی ثانیه به یکدیگر وصل می شوند. در حالی که این سیستم قطعی کلی نیرو را هنگام سوئیچ کردن بین منبع های در حال کار رفع می کند، اما اختلالاتی که از تغییرات ناگهانی در بار دو منبع نشات می گیرد را مرتفع نمی سازد. اختلالات را می توان با استفاده از چندین سوئیچ در سیستم به حداقل رساند (رفع کامل ممکن نیست)، بدین منظور که هر سوئیچ فقط بار درصد کوچکی از گنجایش مولد را تغییر دهد.

در هنگامی که از دنده ی سوئیچی معمول برای تغییر کامل استفاده می شود، مولد فعالانه با ابزار همگام سازی و موازی می شود؛ و بار توسط کنترل تنظیمات سوخت و برانگیخنگی مولد(ها) به نرمی و آرامی از یک مولد به دیگری جا به جا می شود. این سیستم ها می توانند برای انتقال بار از ابزار به مولد و بالعکس به کار روند. سیستم های همگام سازی دیجیتال اعلب می توانند در گستره های ولتاژ و فرکانس مختلفی کار کنند، و در نتیجه این امکان را به موازی سازی یک ابزار دهند تا حتی خارج از سطوح کاری قابل قبول کار کند. با این وجود، باید احتیاط به کار برد تا از عدم قطعی وسیله های محافظت کننده در طول روند همگام سازی اطمینان حاصل نمود.

مولدها برای مواردی چون کاهش راس یا به راس رسیدن معمولا به مدتی طولانی با ذخیره ی کاربردی به طور موازی قرار می گیرد و باید در هنگام انتخاب درجه کار مناسب دقت به خرج داد. در این مورد، "ادامه دار" و یا "دوره قدرت محدود" گزینه ی مناسب است. این انتخاب مبتنی بر میزان زمان در حال کار نسبت به انوم (annum) می باشد. به بخش ۴ جهت کسب اطلاعات بیشتر در مورد درجه بندی های مراجعه کنید. مولد هایی که برای کاهش راس به کار می روند عموما با دوره های تعرفه بالا تطابق پیدا می کنند تا باردهی راس را کاهش دهند و ممکن است به صورتی تنظیم شوند تا میزان بار خاصی را تولید کنند، یا به ابزار این امکان را دهند تا بخش مشخصی از بار را بردارد، در حالی که مولد دگرسانی (واریانس) را فراهم می سازد. مولدهایی که در با راس رسی استفاده می شوند بیشتر در صورت نیاز در سطح خروجی حداکثر کار می کنند و برق در مواقعی که تقاضا زیاد است به ابزار فروخته می شود. کاهش راس را نیز می توان با به اختیار گرفتن کامل بار منطقه در یک انتقال بدون قطع و قطع کردن ابزار به طور کامل انجام داد. قبل از شروع کار با هر گونه طرح و یا اصلاحات به کدها و استانداردهای محلی مراجعه کنید.

۱-۸-۲-۵ محافظت برای مولد های موازی کاربردی (اصلی)
(Protection for Utility (mains) Paralleled Generators)

دقت داشته باشید که در مواقعی که سیستم مولد در موازات با ذخیره ی کاربردی کار می کند، هر دو سیستم ترکیب شده اند و هر گونه اتفاق برای سیستم کاربردی ممکن است مولد ها را نیز تحت تاثیر قرار دهد. لازمه ی محافظت از عملیات موازی کاربردی نسبت به نوع سیستم نصب شده و شاخصه های محل و سیستم پخش کاربردی بسیار متنوع است. در ضمن، ممکن است مقررات و استانداردهای محلی نیز بین تامین کننده های سرویس کاربردی متفاوت باشند. قبل از شروع کار با طرح برای هر گونه اینترفیس موازی سازی کاربردی با مسئولان مربوطه مشورت کنید.

دستگاه های مولدی که در موازات با ابزار کار می کنند معمولا به رله ی بررسی همگام سازی (۲۵)، محافظت ولتاژ بالا/پائین (۲۷/۵۹)، نیروی معکوس مربوط به شبکه (۳۲)، محافظت از جریان بیش از حد (۵۱)، و محافظت در برابر از دست رفتن شبکه و محافظت از فرکانس بالا/پائین (81O/U) مجهز هستند. نقص دیود نیز ممکن است اضافه شود اما مقررات آن را الزام نکرده است. در بسیاری از مناطق ابزار شناسایی شرایط "جزیره" و قطع دستگاه های مولد نیز الزامی است.

شرایط جزیره هنگامی رخ می دهد که در زمان اتصال سیستم دستگاه مولد نیروی کاربردی دچار نقص شود، و سیستم محافظ نقص را تشخیص ندهد و سیستم مولد را قطع نکند. در نتیجه، ممکن است سیستم دستگاه مولد نه تنها به بارهای مورد نظر، بلکه به سیستم پخش کاربردی و دیگر بارهای مشتری ها انرژی دهد. این باعث در معرض خطر قرار گرفتن کارگران می شود، دستگاه های محافظ سیستم پخش کاربردی را مختل می کند، و می تواند منجر به صدمه زدن به ابزار و امکانات متعلق به مشتری شود. ابزار ضد جزیره نسبت به نوع کار، محل جغرافیایی کار در جهان، و مقررات و استانداردهای محلی متفاوت است. به عنوان مثال، محافظت ضد جزیره در اروپا معمولا شامل درجه تغییر

فرکانس (ROCOF) و محافظت تغییر گذرگاه می شود. ممکن است این ابزار در زمان کار بیش از ۵ دقیقه در ماه در موازات با شبکه مشخص شده باشد. در ایالات متحده، نسبت به ایالت های مختلف موارد الزامی متغیر است.

ابزار ROCOF و تغییر گذرگاه هر دو با تحلیل چرخش گذرگاه ولتاژ و تشخیص تغییر، در فرکانس (هرتز بر ثانیه) یا در درجه نسبت به ثانیه، کار می کنند. دیگر محافظت ها مثل kVAr معکوس، و جریان مستقیم نیز ممکن است استفاده شوند.

برای اطلاعات بیشتر در مورد موارد الزامی ارتباط پیوندی به T-016 مراجعه کنید. دیگر اطلاعات سودمند در IEEE1547، استاندارد برای منابع پخش شده ی ارتباط پیوندی با سیستم های نیروی الکتریکی فراهم شده است.

گزینه های ANSI زیر برای عملکردهای محافظتی بالا مورد استفاده قرار می گیرند:

۲۵ – بررسی همگام سازی

۲۷ – ولتاژ پایین

۳۲ – نیروی معکوس

۴۰ – نقص میدانی (kVAr معکوس)

۵۱ – جریان بالای زمانی AC

۵۹ – ولتاژ بالا

۷۸ – تغییر گذرگاه

۸۱ – O/U – فرکانس بالا یا پایین / ROCOF

سیستم محافظت باید این نکته را نیز تضمین کند که کیفیت ذخیره ی کاربردی به دیگر مشتری ها بدون توجه به وضعیت کاربرد حفظ شود. ممکن است ابزارهای محافظت به عملکردهای یکسان یا مشابه با سمت مولد سیستم نیاز داشته باشد، اما اغلب تنظیم های کاملا متفاوتی دارد. با تامین کننده ی سرویس کاربردی مشورت کنید تا موارد الزامی ابزار، تنظیمات و الزامات کارمزد قبل از موازی سازی یک دستگاه مولد به دیگر سرویس های کاربردی را تنظیم کنید.

نکته: مولدهایی که با ابزار در مدت های کوتاهی موازی می شوند اغلب نیازی به استفاده از محافظت نقص ابزار ندارند. با این وجود، خطر صدمه ای که در نقص ذخیره ی کاربردی زودگذر وارد می شود را باید بررسی کرد و تصمیمات لازم را گرفت.

۵-۲-۹ پخش نیرو (Power Distribution)

ابزارهای پخش نیرو تک ذخیره ای از نیرو را از ابزار سرویس دهنده، مولد مستقر در محل کار، و یا از ترکیبی از این دو دریافت می کند، و آن را برای استفاده به قسمت های کوچک تری تقسیم می کند. کاربران مسکونی، تجاری و یا صنایع کوچک معمولا توسط ابزار در ولتاژ کاربردی سرویس دهی و اندازه گیری می شوند. در مقیاس های بزرگ تر کاربران معمولا توسط نیروی بزرگ تر در ولتاژی میانه و یا حتی بالا تامین و اندازه گیری می شوند و این میزان ولتاژ ممکن است بنا به نیاز محل کار به ولتاژ کاربردی نیز کاهش یابد.

طرح های پخش معمولا شامل چهار سطح یا کمتر می شوند:

- تامین عمده در HV
- تبدیل و پخش عمده در MV
- تبدیل و پخش عمده در LV
- پخش نهایی و استفاده در LV

یک محل کار ممکن است، بنا بر مقتضیات، هر چهار مرحله و یا فقط یک مرحله را در بر داشته باشد.

۵-۲-۹-۱ انتخاب یک سیستم پخش (Selecting a Distribution System)

طرح پخش بر اساس چندین ضابطه انتخاب می شود، از جمله:

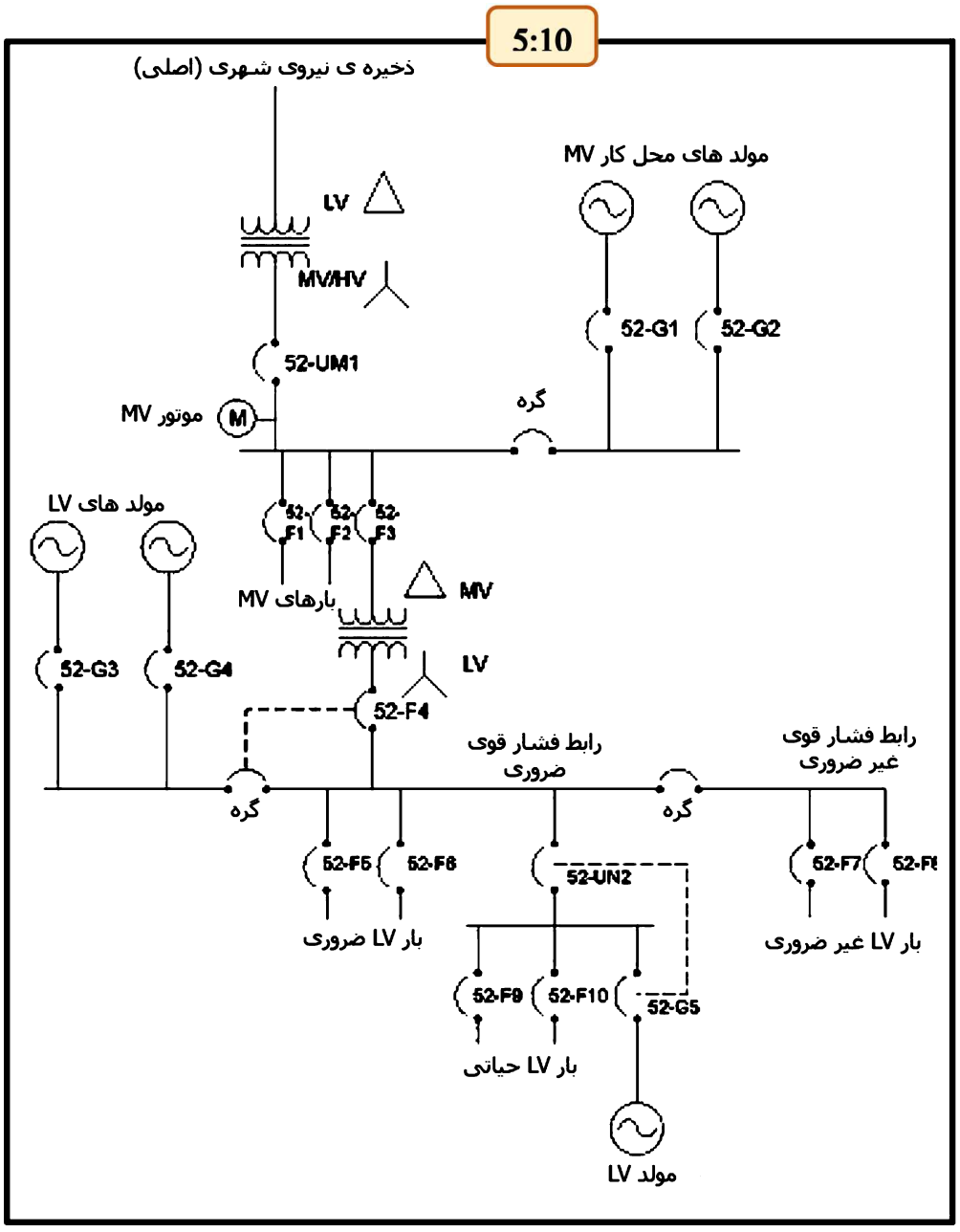
- موارد الزامی دسترسی به انرژی
- اندازه محل کار (منطقه و نیروی کلی ای که قرار است پخش شود)
- نمایه ی بار (ابزار و تراکم نیرو)
- موارد الزامی تغییر پذیری نصب

در بسیاری از نصب های کوچک، پخش و تولید در سطح ولتاژ کاربردی اتفاق می افتد و نیازی به تبدیل نیست. اما برای محل کارهای بزرگ تر، تراکم های نیروی بالا ممکن است این الزام را به وجود آورند که پخش MV در محل انجام شود و شبکه های LV کوچک تر در نقطه استفاده واقع شوند.

شکل ۳۷ در صفحه ۱۲۸ نشانگر تعدادی احتمالات در استفاده از تولید نیرو در سیستم های الکتریکی بزرگ تر، مثل یک مجموعه صنعتی عظیم، است. نمودار برای شفافیت ساده شده است تا شاخصه هایی مثل حلقه های اصلی MV که در چنین شرایطی معمول هستند حذف شود. همان گونه که در این شکل نشان داده شده است، در آمریکای شمالی عملکردهای انتقال نیرو معمولا به جای جفت های جریان شکن باید توسط سوئیچ های انتقال لیست شده فراهم شود.

در این مثال ذخیره ی درون رفت به محل کار ولتاژ میانی یا بالایی، معمولا ۴۰–۱۰ kV دارد، و میزان آن توسط ابزار در یک ایستگاه فرعی نزدیک به مرز محل کار پایین می آید و اندازه گیری می شود. ذخیره ی ارائه شده به مشتری بسته به محل کار معمولا در سطح ولتاژ میانی ۱۴–۱۰ kV یا ۲۴–۲۰ kV است. لذا این منبع اصلی نیرو است و پخش به مناطق مختلف محل کار نیز در سطح ولتاژ میانی صورت می پذیرد تا سایز کابل و نقص ها را کاهش دهد. تولید نیروی عمده را می توان در این نقطه – همچنین در ولتاژ میانی – متصل کرد تا نیروی استندبای را برای کل منطقه فراهم سازد. امکان فراهم سازی تولید مشترک و بازیابی گرما نیز فراهم می شود. این امر ممکن است چندین مولد بزرگ را، به همراه گنجایش کلی تا ۱۰ MW و یا حتی بیشتر، درگیر کند.

برای مقیاس های تکی در همان محل کار، ذخیره در سطح MV گرفته شده و برای استفاده در ایستگاه های فرعی تکی به LV تقلیل می یابد، و ممکن است بار های LV ضروری و غیر ضروری را جدا کند. تولید استندبای ممکن است در این سطح، یعنی LV، فراهم شود و معمولا بارهای ضروری را تنها در طول قطع نیرو فراهم می کند.



شکل ۳۷. نمونه ی سیستم پخش HV/MV/LV

طرح فراهم سازی بارهای ضروری با استفاده از مولد کوچک تر برای تقویت سیستم مولد عمده نیز در این نمودار نشان داده شده است. برای بحث در مورد اتصالات به زمین (ارث) و خنثی به بخش ۵–۳–۵ در صفحه ی ۱۳۸ مراجعه کنید. برای جزئیات بیشتر در مورد صفحه ی سوئیچ، انواع مختلف آن و امکاناتی که همراه با جریان شکن ها فراهم می شود به بخش ۵–۴ در صفحه ی ۱۴۶ مراجعه کنید.

۵-۳ اتصالات الکتریکی (Electrical Connections)

۵-۳-۱ کلیات (General)

۵-۳-۱-۱ ایزوله سازی لرزش (Vibration Isolation)

تمامی دستگاه های مولد در هنگام عملیات عادی دارای لرزش هستند، مساله ای ساده که باید به آن رسیدگی کرد. این دستگاه ها یا به همراه ایزوله ساز های داخلی طراحی شده اند و یا کل مجموعه روی ایزوله گر های فنری سوار شده است تا امکان حرکت را فراهم سازد و لرزش را از ساختمان و یا دیگر سازه ها جدا سازد. ممکن است حرکت های شدید تر نیز بر اثر تغییر بار ناگهانی یا ایجاد نقص و یا در طول شروع به کار یا خاموش شدن به وجود آید. لذا تمامی اتصالات به دستگاه مولد، چه مکانیکی یا الکتریکی، باید قادر باشند تا حرکات لرزشی و شروع به کار/پایان کار را جذب نمایند. خروجی نیرو، عملکرد کنترل، سیستم خبر دهی و مدار های اضافی همگی به هدایت کننده های انعطاف پذیر رشته ای و سیمراه های انعطاف پذیر بین دستگاه مولد و ساختمان، سازه ی سوار شده و یا پی نیاز دارند.

با وجود این که تصور می شود کابل های بزرگ سخت انعطاف پذیر باشند ممکن است آن ها نتوانند امکان خم شدن را به میزان لازم فراهم کنند. این مساله در مورد بعضی سیم راه ها، مانند بعضی سیم راه های مایع–سخت که نسبتا انعطاف ناپذیرند، نیز صادق است. این نکته را نیز در ذهن داشته باشید که کایل ها یا سیم راه ها در راستای طول آن ها قابل فشرده شدن نیستند، لذا انعطاف پذیری در آن بُعد باید توسط طول، انشعاب و یا انحنای کافی فراهم شود.

در ضمن، نقطه های اتصال الکتریکی روی دستگاه مولد – غلاف، رابط فشار قوی، قطعات ترمینال و دیگر نقطه ها – به گونه ای طراحی نشده اند که این حرکات و فشار های مربوطه را جذب کنند (این مساله خصوصا در کابل های بزرگ سخت یا سیم راه های سخت "قابل انعطاف" مشهود است). ناتوانی در ایجاد انعطاف پذیری کافی به صدمه خوردن بدنه، سیم رابط، کابل، عایق بندی و یا نقاط اتصال منجر می شود.

نکته: ممکن است اضافه کردن سیم راه یا کابل نرم به سادگی نتواند توانایی کافی در جذب حرکات لرزشی دستگاه مولد را فراهم کند. کابل ها و سیم راه های قابل انعطاف در انعطاف پذیری متفاوت هستند و کشیده یا فشرده نمی شوند. این معضل را می توان با اضافه کردن حداقل یک انحنا بین بدنه خروجی مولد و سازه (کف سیمانی، لوله ی عایق، دیوار ...) جهت ایجاد فضا برای حرکت های سه بُعدی رفع کرد.

۵-۳-۱-۲ مناطق لرزه خیز (Seismic Areas)

در مناطقی با ریسک زمین لرزه وجود دارد، رویه های نصب الکتریکی خاص که شامل نصب لرزه خیز ابزار می شود الزامی است. جرم، مرکز گرانش و ابعاد نصب ابزار در شکل های طرح های کلی نشان داده شده است.

۵-۳-۱-۳ سیم کشی کنترل (Control Wiring)

سیم کشی کنترل AC و DC (به امکانات کنترل راه دور و هشدار دهنده ی راه دور) باید در سیم راه های مجزا از کابل های نیرو کار کنند تا تداخل مدار نیرو را در مدار کنترل به حداقل برسانند. رساناهای رشته ای و بخشی از سیم راه قابل انعطاف باید برای اتصالات دستگاه مورد استفاده قرار گیرند.

۵-۳-۱-۴ مدار های شاخه اضافی (Accessory Branch Circuits)

مدار های شاخه باید برای تمامی امکانات اضافه ای که برای عملکرد دستگاه مولد الزامی هستند تعبیه شوند. این مدار ها باید از ترمینال های بار یک سوئیچ انتقال اتوماتیک یا از ترمینال های مولد تغذیه شوند. از انواع این امکانات اضافه می توان به پمپ انتقال سوخت، پمپ های سرد کننده برای رادیاتور های دور، و دریچه های موتوری برای تهویه اشاره کرد.

مدار های شاخه ای، که از صفحه ی فرمان نیروی معمول تغذیه می شوند، باید در صورت استفاده از شارژر باتری و هیتر های سرد کننده، برای آن ها فراهم شوند. به شکل ۳۸ مراجعه شود.

۵-۳-۲ اتصالات نیروی AC در مولد (AC Power Connections at Generator)

همتایی مناسب برای تعداد رساناها در هر فاز و اندازه ی آن ها نسبت به ظرفیت های لاگ منتشر شده ی امکانات (مدار شکن ها و سوئیچ های انتقال) پیدا کنید.

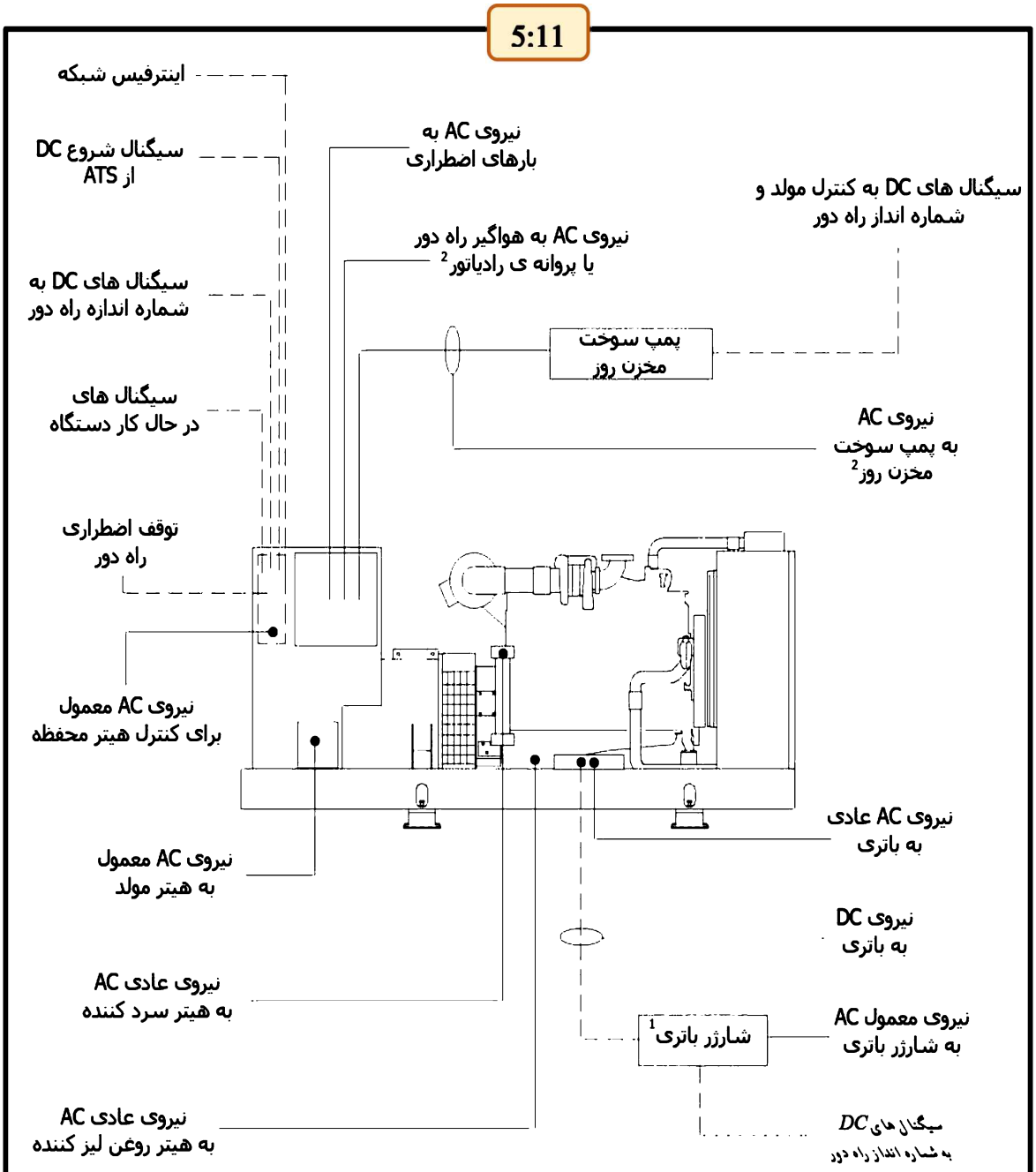
باید بر یک دستگاه قطع کننده ی اصلی (قطع کننده ی مدار/سوئیچ) نظارت شود و ترتیبی اتخاذ شود که در صورت باز بودن آژیر هشداری را فعال کند. بعضی فراهم کنندگان سیستم هشداری که "در حالت اتوماتیک نیست" را در زمان باز بودن CB تعبیه کرده اند. گزینه های اتصال در مولد می توانند شامل موارد زیر باشند:

۵-۳-۲-۲ سوئیچ قطع سوار بر مولد (محفظه ی قالبی)
(Generator-Mounted Disconnect (Molded Case) Switch)

اتصالات را می توان به سوئیچ قطع سوار بر مولدی نصب کرد. این امکان در مواردی فراهم است که مولد شامل ابزاری جدا نشدنی از محافظ جریان بالای مولد، مثل "پاور کامند" باشد. سوئیچ به منظور قطع جریان سطح نقص به کار نمی رود، چرا که درجه قطع آن تنها برای جریان های بار کافی است.

۵-۳-۲-۳ ترمینال های مولد (Generator Terminals)

ممکن است اتصالات به ترمینال های مولدی ایجاد شوند که در آن ها به هیچ مدار شکن سوار بر مولد یا سوئیچ قطع نیاز نیست و خود مولد ابزاری جدا نشدنی از محافظ جریان بالای مولد داشته باشد.



نکات:

1. زمانی که ATS (سوئیچ انتقال خودکار) تولید نیروی کامینز استفاده می شود؛ شارژر باتری را می توان با استفاده از ATS تامین کرد. ATS سوار شده بر روی شارژر های باتری را نمی توان در کاربردهای موازی سازی به کار برد.
2. این بارها را می توان به صورت مستقیم توسط مولد (با محافظت جریان بالای مناسب) ایجاد کرد، یا از سمت بار ATS اولویت اول به وجود آورد.
3. موارد نوشته شده به صورت کج همیشه مورد استفاده قرار نمی گیرند.
4. اتصال بین شبکه می تواند در بعضی اتصالات بین پیوندی کنترل جایگزین سیگنال ها شود.

شکل ۳۸. کنترل دستگاه مولد معمول و سیم کشی اضافه

۳-۳-۵ رساناهای نیروی AC (AC Power Conductors)

خروجی AC دستگاه مولد به رساناهای نصب شده به زمینی اتصال پیدا می کنند که سایز آن ها نسبت به جریان های بار، نوع کاربرد، و مقررات انتخاب شده است. رساناهایی که از ترمینال های مولد به اولین دستگاه جریان بالا وصل می شوند رساناهای بند آور محسوب می شوند، و می توانند مسافت های کوتاه را بدون محافظت مدار کوتاه طی کنند. یک قطع کننده مدار مولد نیز ممکن است در انتهای بار رساناهای ذخیره مولد فرار گیرند (بطور مثال، قطع کننده های جریان موازی در صفحه ی سوئیچ یا قطع کننده ی اصلی در پنل پخش) و در عین حال نقش محافظت از بار بیش از حد را برای رساناها ایفا کنند.

اگر دستگاه مولد به صورت آکبند مجهز به قطع کننده مدار خط اصلی نیست، جریان پذیری رساناهای فاز AC نصب شده در محل از ترمینال های خروجی مولد به اولین دستگاه جریان بالا باید بدون کاهش دما و یا ارتفاع حداقل برابر با ۱۱۵ درصد جریان بار کامل اندازه گیری شده باشد.

اگر دستگاه مولد مجهز به پاور کامند باشد ممکن است جریان پذیری رساناها ۱۰۰ درصد جریان بار کامل اندازه گیری شده باشد. سازنده دستگاه مولد درجه های آمپر خطی دستگاه مولدی خاص در ولتاژ خاص مورد نیاز را مشخص می کند. اگر این میزان مشخص نبود، با استفاده از یکی از فرمول های زیر آن را به دست آورید:

$$I_{LINE} = \frac{KW \times 1000}{V_{L-L} \times 0.8 \times 1.73} \, OR \, I_{LINE} = \frac{\text{kVA} \times 1000}{V_{L-L} \times 1.73}$$

در حالی که:

I_{LINE} = جریان خطی (بر حسب آمپر)

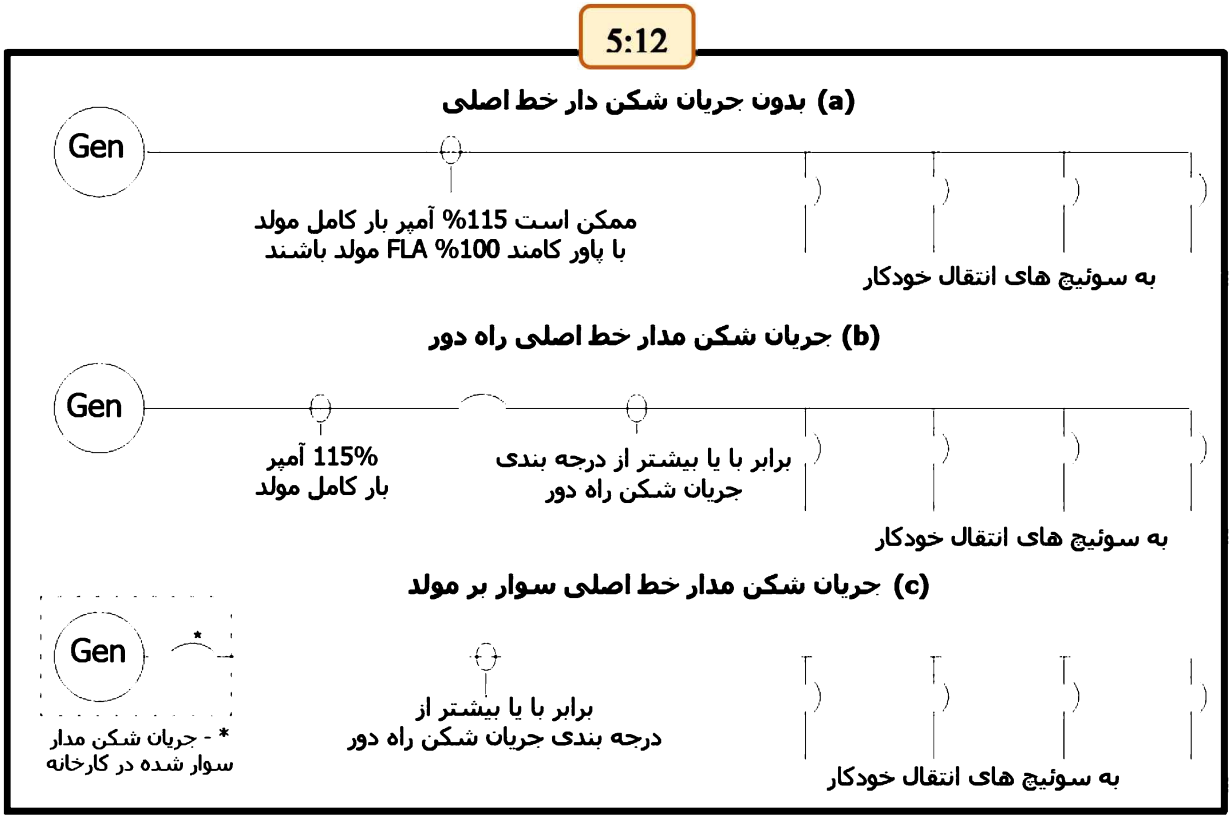
kW = میزان کیلووات دستگاه مولد

kVA = میزان kVA دستگاه مولد

V_{L-L} = ولتاژ اندازه گیری شده ی خط به خط

به نمودار های (a) و (b) در شکل ۳۹ در صفحه ی ۱۳۳ مراجعه کنید. مدت زمان کارکرد رساناهای بندآور مولد به اولین دستگاه جریان بالا باید تا حد ممکن کوتاه باشد (معمولا در حدود ۲۵ تا ۵۰ فوت، ۷,۵ تا ۱۵ متر).

نکته: اگر مولد به سیم رساناگر مجهز است، ممکن است اندازه ی سیم های رساناگر کوچک تر از آن چه که رساناهای نصب در مکان لازم دارند باشد، چرا که سیم های رساناگر مولد روکش نوع CCXL (یا مشابه آن) دمای بالا دارند که در ۱۲۵ درجه یا بالاتر درجه بندی شده است.



شکل ۳۹. جریان پذیری سوخت رسان

اگر دستگاه مولد به صورت آکبند مجهز به قطع کننده مدار خط اصلی باشد، جریان پذیری رساناهای فاز AC نصب شده در محل که به ترمینال های بار قطع کننده ی مدار متصل هستند باید برابر یا بیشتر از درجه بندی قطع کننده مدار باشد. به نمودار (c) در شکل ۳۹ در صفحه ی ۱۳۳ مراجعه کنید.

حداقل جریان پذیری رساناگر خنثی معمولا برابر یا بیشتر از عدم توازن بار تک فاز حداکثری است. در مواردی که بخش زیادی از بار خطی نیست، اندازه ی خنثی باید طبق جریان خنثی باشد ولی از ۱۰۰ درصد درجه بندی شده کمتر نباشد. جریان پذیری خنثی مولد که توسط تولید نیروی کامینز فراهم می شود با رساناهای فاز برابر است.

نکته: کابل ولتاژ متوسط (بیشتر از ۶۰۰ VAC) باید دقیقا طبق توصیه های سازنده ی کابل نصب و قطع شود، و توسط کسی انجام شود که این رویه را از طریق آموزش و تمرین تحت نظارت دقیق فرا گرفته باشد.

۱-۳-۳-۵ محاسبه های کاهش ولتاژ (Voltage Drop Calculations)

آمپدانس رساناگر به دلیل مقاومت و واکنش باعث می شود ولتاژ در یک مدار AC کاهش پیدا کند. برای به دست آوردن عملکرد دلخواه ابزار بار، اندازه ی رساناگر ها باید معمولا به گونه ای باشد که ولتاژ بیش از ۳ درصد در یک شاخه یا مدار سوخت رسان، یا در کل بیشتر از ۵ درصد بین کاهش سرویس و ابزار بار نشود. در هر حالی که محاسبات دقیق پیچیده هستند.

با استفاده از رابطه ی زیر مقدار تقریبی نسبتا نزدیکی را می توان به دست آورد:

$$V_{DROP} = \frac{I_{PHASE} \times Z_{CONDUCTOR}}{V_{RATED}}$$

محاسبه ی نمونه: درصد کاهش ولتاژ در ۵۰۰ فوت از کابل مسی 1/0 را در سیمراهی استیلی که باری ۳ فاز، 100 kW، 480 ولت را فراهم می کند و عامل نیروی آن 0.91 PF است را حساب کنید.

$$Z(ohms) = \frac{L}{(100 \times N)}[(R \times pf) + x\sqrt{(1 - pf^2}]$$

در حالی که:

L = طول رساناگر به فوت

Z = آمپدانس رساناگر

N = تعداد رساناگرها به ازای هر فاز

R =مقاومت رساناگر

pf = عامل نیرو

X = واکنش رساناگر

R = ۰,۱۲ اهم/۱۰۰۰ فوت (NEC فصل ۹، جدول ۹، مقاومت برای رساناگر های مسی AWG در سیمراه استیل)

X = 0.055 اهم/۱۰۰۰ فوت (NEC فصل ۹، جدول ۹، مقاومت برای رساناگر های مسی AWG در سیمراه استیل)

$$Z = \frac{500}{(1000 \times 1)}\left[(0.12 \times 0.91) + 0.055\sqrt{(1 - 0.91^2)}\right] = 0.077\ ohms$$

$$I_{PHASE} = \frac{KW}{KV \times pf \times 1.73} = \frac{100}{0.48 \times 0.91 \times 1.73} = 132.334\ amps$$

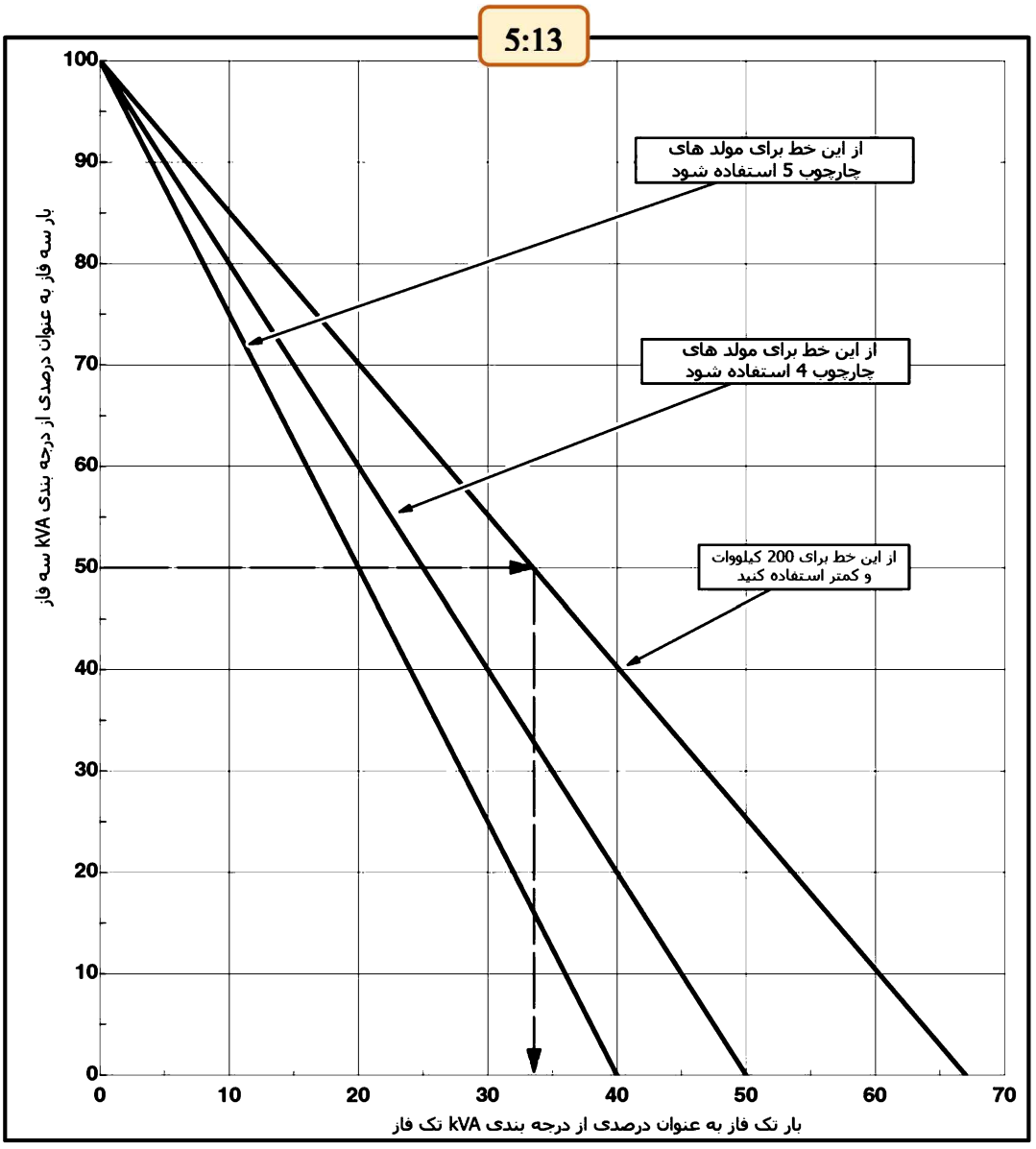
$$V_{DROP}(\%) = 100 \times \frac{132.334 \times 0.077 \times 1.73}{480} = 3.673\ percent$$

۲-۳-۳-۵ عدم توازن باز تک فاز جایز (Allowable Single-Phase Load Unbalance)

بارهای تک فاز باید تا حد امکان به صورت یکدست بین سه فاز یک دستگاه مولد سه فازه پخش شوند تا از گنجایش درجه بندی شده ی دستگاه (kVA و kW) به طور کامل استفاده شود و عدم توازن ولتاژ را محدود کند. همان گونه که در مثال شکل ۴۰ در صفحه ی ۱۳۶ نشان داده شده است، می توان از این شکل برای مشخص کردن حداکثر درصد جایز بار تک فاز نامتوازن استفاده کرد.

نیروی تک فاز را میتوان تا ۶۷ درصد درجه بندی سه فاز، تا ۱۷۵/۲۰۰ kW در دستگاه های مولد "کامینز پاور جنریشن" بالا برد.

عموما هرچه که دستگاه مولد بزرگ تر باشد، درصد نیروی تک فازی که می توان آنرا به کار برد پایین تر است. شکل ۴۰ در صفحه ی ۱۳۶ شامل خطوط درصدی تک فاز برای مولد های فریم ۴ و فریم ۵ سایز متوسط "کامینز پاور جنریشین" است. اندازه ی فریم را با مراجعه به برگه اطلاعات دینام که توسط برگه ی مشخصات دستگاه مولد توصیه شده است تائید کنید. عدم توازن بار تک فاز نباید بیش از ۱۰ درصد شود.



شکل ۴۰. بار تک فاز نامتوازن جایز (مولد معمول سه فازه متعلق به "تولید نیروی کامینز")

محاسبه ی نمونه: بار تک فاز حداکثری را که می تواند در تقارن بار کلی سه فاز 62 kVA توسط دستگاه مولدی درجه بندی شده در 100kW/125 kVA تولید شود را محاسبه کنید.

۱. بار سه فاز را به عنوان درصدی از درجه بندی kVA مولد پیدا کنید.

$$\text{درصد بار سه فاز} = \left(\frac{62\ KVA}{125\ KVA}\right) \times 100\% = 50\%$$

۲. همانگونه که در شکل ۴۰ توسط فلش ها نشان داده شده است، درصد بار تک فاز جایز را پیدا کنید.

۳. بار حداکثر تک فاز را بیابید:

$$\text{حداکثر بار تک فاز} = \left(\frac{125\ KVA \times 34\%}{100\%}\right) = 42.5\ KVA$$

۴. همانگونه که نشان داده شده است دقت داشته باشید که جمع بار سه فاز و حداکثر بار تک فاز جایز کمتر از درجه بندی kVA دستگاه مولد است :

$62\ \mathrm{kVA} + 42.5\ \mathrm{kVA} = 104.5\ \mathrm{kVA}$ و $104.5\ \mathrm{kVA} < 125\ \mathrm{kVA}$ (درجه بندی دستگاه مولد)

نکته: باردهی نامتوازن دستگاه مولد باعث می شود تا بارهای فازی نامتوازن به وجود آیند. سطوح عدم توازن بار که توسط این دستورالعمل ها پیش بینی شده است نباید منجر به صدمه زدن به خود دستگاه مولد شود. با این وجود، ممکن است سطوح مطابق عدم توازن ولتاژ برای بار هایی مثل موتورهای سه فاز قابل قبول باشد.

به دلیل ولتاژهای فاز نامتوازن، بارهای ضروری باید به فازی متصل شوند که رگلاتور ولتاژ، در زمان استفاده از یک فاز به عنوان مرجع، به عنوان ولتاژ مرجع استفاده می کند (L_1-L_2 به همان گونه که در نمودار دستگاه مولد تعریف شده است).

۴-۳-۵ بار عامل نیروی هادی (Leading Power Factor Load)

دستگاه های مولد سه فاز برای عملیات ادامه دار در $0.8\ \mathrm{PF}$ (عایق) درجه بندی شده اند و می توانند برای مدت زمان های کوتاهی در عامل های نیروی پایین تر، مثل زمانی که موتور را راه می اندازند، کار کنند. بارهای واکنشی ای که باعث به وجود آمدن عامل نیروی هدایت گر می شوند می توانند برای دینام نیروی برانگیختگی فراهم کنند، و اگر این بارها به اندازه کافی بالا باشند، ممکن است باعث شوند ولتاژ دینام بدون کنترل بالا رود و به دینام یا بارها یا امکانات قطع کننده ی محافظتی صدمه بزند. شکل ۴۱ در صفحه ی ۱۳۸ نشانگر منحنی نمودار قابلیت نیروی واکنشی (kVAR) دینامی معمولی است. دستورالعملی معقول این است که یک دستگاه مولد می تواند تا ۱۰ درصد قابلیت kVAR اندازه گیری شده ی خود را در بارهای عامل قدرت هدایت گر حمل کند، بدون اینکه آسیب ببیند یا کنترل ولتاژ خروجی را از دست دهد.

معمول ترین منابع عامل نیروی هدایت گر سیستم های UPS هستند که به صورتی خفیف باردار شده اند و فیلتر های ورودی و دستگاه های اصلاح عامل نیرو برای موتور دارند. باردار کردن دستگاه مولد با استفاده از بارهای عامل نیروی عایقی قبل از بارهای عامل نیروی هدایت گر می تواند ثبات را افزایش دهد. در ضمن، توصیه می شود که خازن های اصلاح عامل نیرو را همراه با بار روشن و خاموش کرد. عموما افزایش سایز دستگاه مولد (و کاهش دادن درصد بار غبر خطی) برای رفع این مشکل غیر عملی است.

۵-۳-۵ اتصال به زمین سیستم و امکانات (System and Equipment Grounding)

قسمت پایین توضیحی کلی در مورد اتصال به زمین سیستم و امکانات برای مولد های AC می باشد که در مجموعه به صورت دائمی نصب شده اند. در حالی که هدف در این قسمت راهنمایی است، اما توجه به مقررات الکتریکی محلی نیز مهم است.

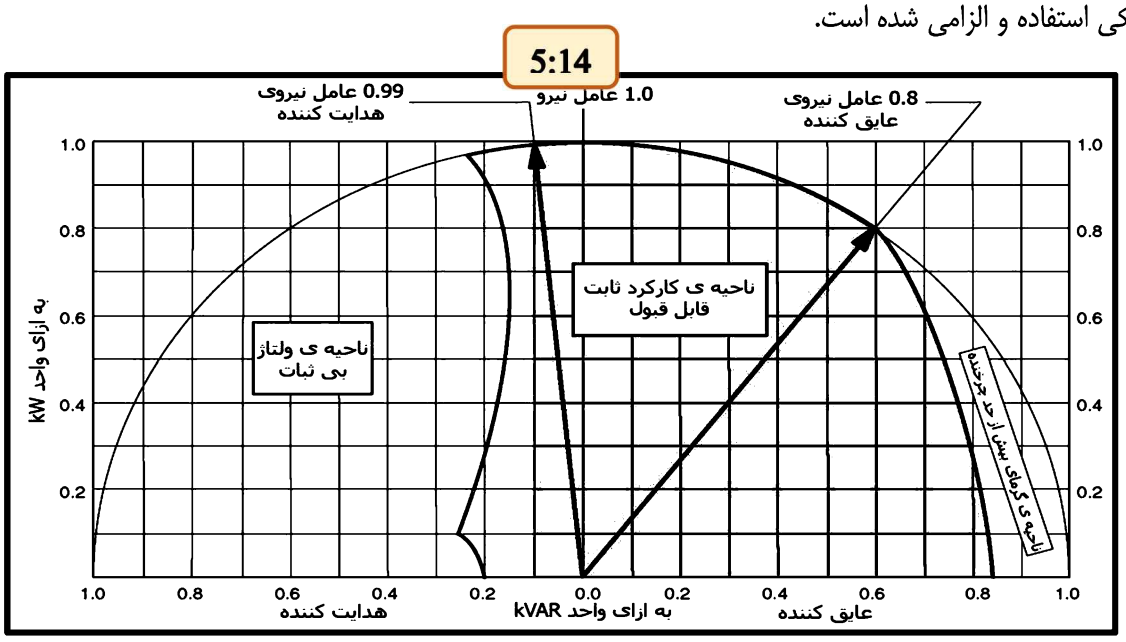
۵-۳-۵-۱ اتصال به زمین سیستم (ارث) (System Grounding (Earthing))

اتصال به زمین سیستم (ارث) اتصال به زمین عمدی نقطه ی خنثی مولدی متصل به وای، گوشه ی مولد متصل به دلتا، یا نقطه ی میانی محفظه ی تک فاز مولدی متصل به دلتا است. به طور معمول نقطه خنثی مولدی متصل به وای به زمین متصل می شود و قسمت خنثی (رسانای مدار متصل به زمین) در یک سیستم سه فاز چهار سیمه قرار می گیرد.

سیستم دلتای به زمین وصل شده از گوشه دارای رسانای مدار متصل به زمینی است که خنثی نیست. در ضمن این سیستم دارای "پایه ی مهار نشده" ای است که باید با رنگ نارنجی کدگذاری شده و به میله ی وسطی یک ابزار سه فازه وصل شود.

۵-۳-۵-۲ اتصال به زمین کامل (Solid Grounding)

سیستم کامل به زمین متصل شده بدون هیچ آمپدانس به زمین خود خواسته، به طور مستقیم توسط یک رساناگر (رساناگر الکترود اتصال به زمین) به زمین متصل می شود. این روش معمولا در تمامی سیستم های ولتاژ پایین (۶۰۰ ولت به پایین) که دارای رسانای مدار اتصال به زمینی است (اغلب خنثی) که بارهای L-N را سرو می کند توسط کدهای الکتریکی استفاده و الزامی شده است.



شکل ۴۱. منحنی قابلیت نیروی واکنشی مولد وضعیت عادی معمولی

در سیستم های استندبایی که به صورت کامل به زمین متصل شده اند، اتصال به زمین صحیح عملکردی از ابزار سوئیچ انتقال استفاده شده (خنثی کامل یا خنثی سوئیچ شده) است. به شکل ۴۲ در صفحه ی ۱۴۰ مراجعه شود.

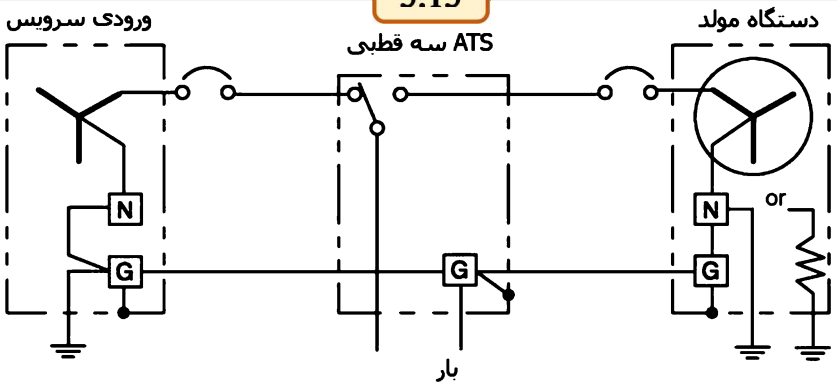
ترمینال خنثی مولد تولید نیروی کامینز به زمین وصل نشده است. اگر مولد منبع نیروی جداگانه ای باشد (مثل سوئیچ انتقال ۴ میله ای)، آن گاه قسمت خنثی باید به زمین متصل شود و یک رسانایی الکترودی اتصال به زمین توسط یک برقکار نصب کننده به سیستم الکترود اتصال به زمین متصل شود.

اگر قسمت خنثی مولد، معمولا در بخش خنثی یک سوئیچ انتقال سه میله ای به قسمت خنثی اتصال به زمین فراهم شده توسط سرویس وصل شود، آن گاه قسمت خنثی مولد نباید در مولد به زمین وصل شود. در این مورد، ممکن است مقررات الکتریکی الزام دارد تابلویی در ذخیره ی سرویس قرار گیرد که نشان گر نقطه ی اتصال قسمت خنثی مولد به زمین باشد.

۳-۵-۳-۵ اتصال به زمین آمپدانس (مقاومت) (Impedance (Resistance) Grounding)

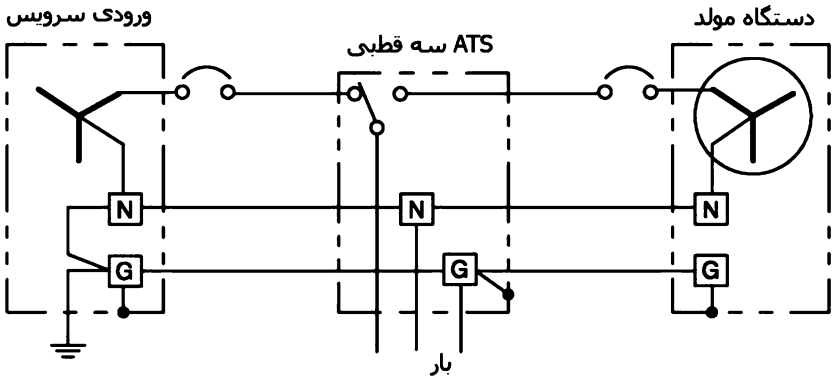
یک مقاومت اتصال به زمین به صورت دائمی در مسیر نقطه ی خنثی مولد به الکترود اتصال به زمین نصب شده است. گاهی اوقات این روش در سیستم های سه فاز سه سیمه (بدون رسانای مدار اتصال به زمین) که در سطح ۶۰۰ ولت یا پایین تر کار می کنند عمل می کند، جایی که حفظ تداوم نیرو در اولین و تنها خطای اتفاقی اتصال به زمین نیاز است. ممکن است مبدل های دلتا وای در سیستم پخش استفاده شوند تا بخشی خنثی برای ابزار بار خط به خنثی به وجود آورند. عموما یک سیستم اتصال به زمین دارای مقاومت بالا و ولتاژ پایین از مقاومت اتصال به زمینی استفاده می کند که اندازه ی آن جریان خطای زمین را در ولتاژ خط به خنثی به ۲۵، ۱۰ یا ۵ آمپر سطحی (درجه بندی زمانی مداوم) محدود می کند. شناسایی خطای اتصال به زمین و سیستم های هشدار دهنده نیز معمولا نصب می شوند.

5:15



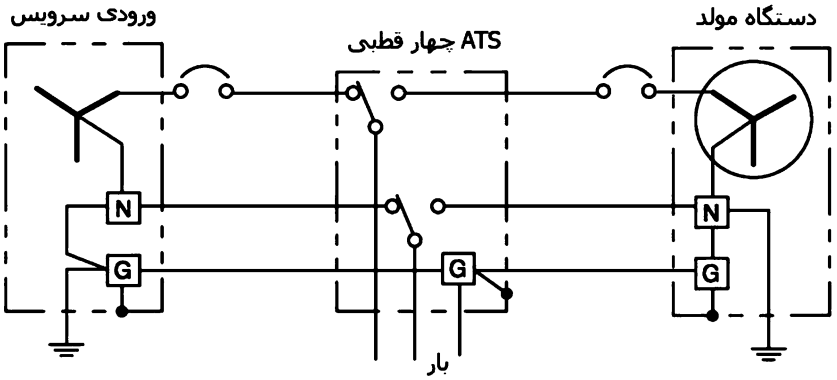
ATS سه قطبی نیروی شهری سه فاز و سه سیمه

ممکن است خنثی مولد، به صورت محکم یا مقاومتی، توسط سیستم سه سیمه به زمین متصل شده باشد، یا اصلا به زمین اتصال نداشته باشد.



ATS سه قطبی نیروی شهری سه فاز و چهار سیمه

خنثی مولد در ورودی سرویس تنها توسط یک ATS سه قطبی به زمین متصل می شود.



ATS چهار قطبی نیروی شهری سه فاز و چهار سیمه

خنثی مولد باید در زمانی که منبعی با نیروی جداگانه و ATS چهار قطبی است به صورت محکم به زمین متصل باشد.

شکل ۴۲. نمودار های معمول تک خطی روش های اتصال به زمین سیستم فرعی

مقاومت اتصال به زمین را بر اساس موارد زیر انتخاب کنید:

۱. درجه بندی ولتاژ: ولتاژ فاز به فاز (ولتاژ سیستم) تقسیم بر جذر سه (۱,۷۳).
۲. درجه بندی جریان: به اندازه کافی پایین باشد تا صدمات را محدود کند، اما به قدر کافی قوی باشد تا رله کردن محافظتی را به صورت قابل اطمینانی انجام دهد.
۳. درجه بندی زمانی: اکثرا ۱۰ ثانیه برای سیستم های رله شده ی محافظتی، و زمان بیشتر برای سیستم های رله نشده.

نکته: اتصال به زمین دارای مقاومت پایین برای سیستم های مولدی که در سطوح ۶۰۱ تا ۱۵۰۰۰ ولت کار می کنند توصیه می شود تا سطح خطای جریان زمین (غالبا ۴۰۰-۲۰۰ آمپر) را محدود کرده و برای هماهنگ سازی انتخابی رله سازی محافظتی زمان ایجاد کند. به شکل ۴۳ در صفحه ی ۱۴۳ و اتصال به زمین ولتاژ میانه مراجعه شود.

۴-۵-۳-۵ عدم اتصال به زمین (Ungrounded)

هیچ اتصال خود خواسته ای بین سیستم مولد AC و زمین ایجاد نشده است. این روش گهگاه در سیستم های سه فاز سه سیمه ای (بدون رسانای مدار متصل به زمین) که در سطح ۶۰۰ ولت یا پایین تر عمل می کنند استفاده می شود، در جایی که حفظ تداوم نیرو با یک خطای زمین، و برقکار های سرویس صلاحیت دار در محل کار مورد نیاز است. به عنوان مثال می توان به تامین بار رویه ی اساسی اشاره کرد. ممکن است مبدل های دلتا وای در سیستم پخش استفاده شوند تا بخشی خنثی برای ابزار بار خط به خنثی به وجود آورند.

۵-۵-۳-۵ اتصال به زمین ابزار (ارث) (Equipment Grounding (Earthing))

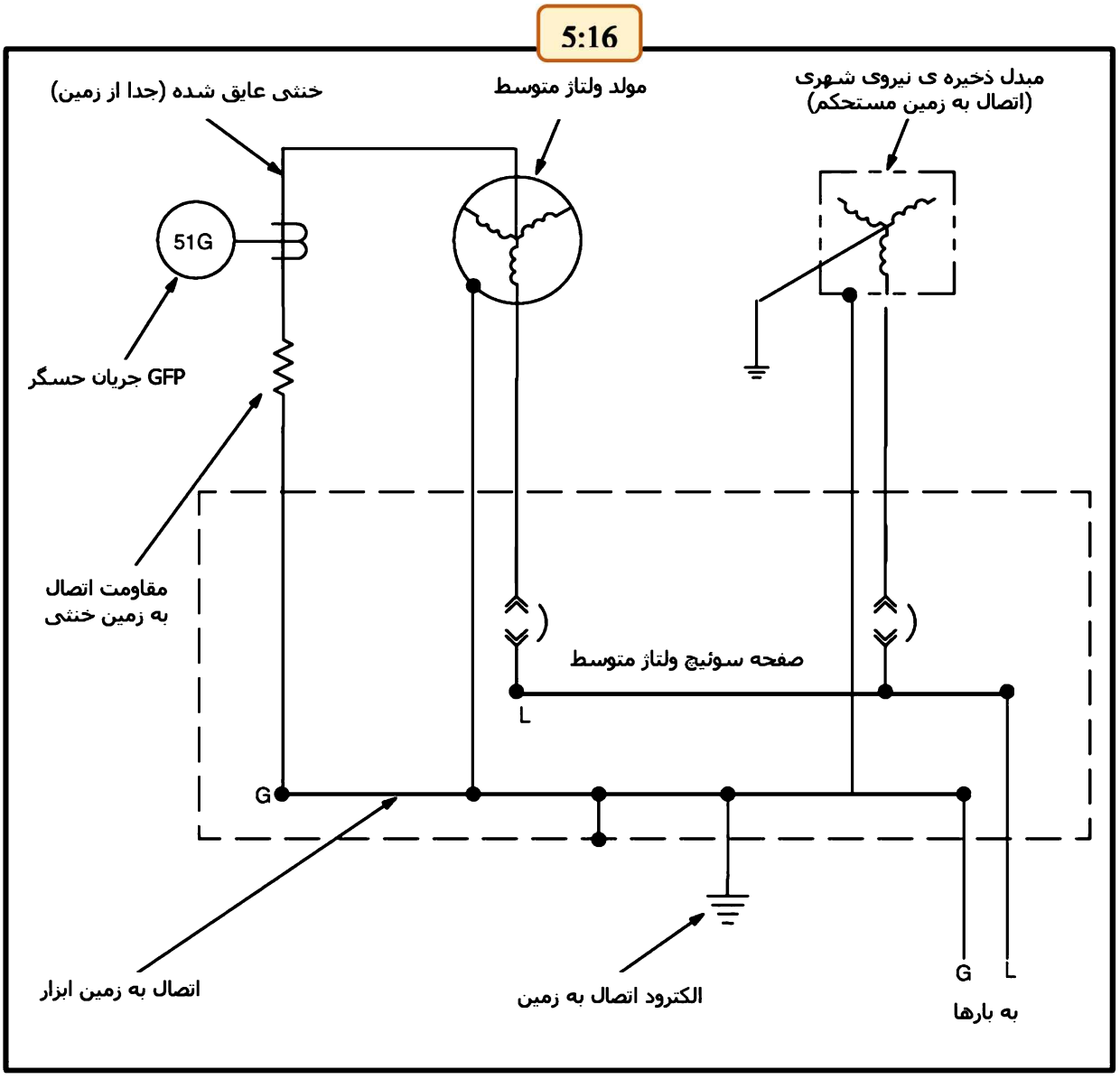
اتصال به زمین ابزار (ارث) پیوند به هم و اتصال به زمین (ارث) تمامی سیمراه های متالیک حمل کننده ی غیر جریانی (در طول عملکرد عادی)، محفظه های ابزار، بدنه ی مولد و دیگر قسمت ها است. اتصال به زمین ابزار مسیری دائمی، ممتد، و با مقاومت الکتریکی کم به منبع نیرو فراهم می کند. اتصال به زمین صحیح عملا "پتانسیل تماس" را حذف کرده و در طول خطای زمین جدا کردن ابزارهای محافظ را آسان تر می کند. یک کابل استارت اتصال دهنده ی اصلی در منبع، سیستم اتصال به زمین ابزار را به رسانای مدار متصل به زمین (خنثی) سیستم AC در یک نقطه ی واحد متصل می کند. مکان پیوند اتصال به زمین در بدنه ی دینام فراهم شده است، یا در صورتی که یک جریان شکن سوار بر دستگاه در اختیار است، ترمینال اتصال به زمین درون محفظه ی جریان شکن مدار در دسترس است. به شکل ۴۴ در صفحه ۱۴۴ مراجعه شود.

۶-۳-۵ هماهنگ سازی انتخابی (Selective Coordination)

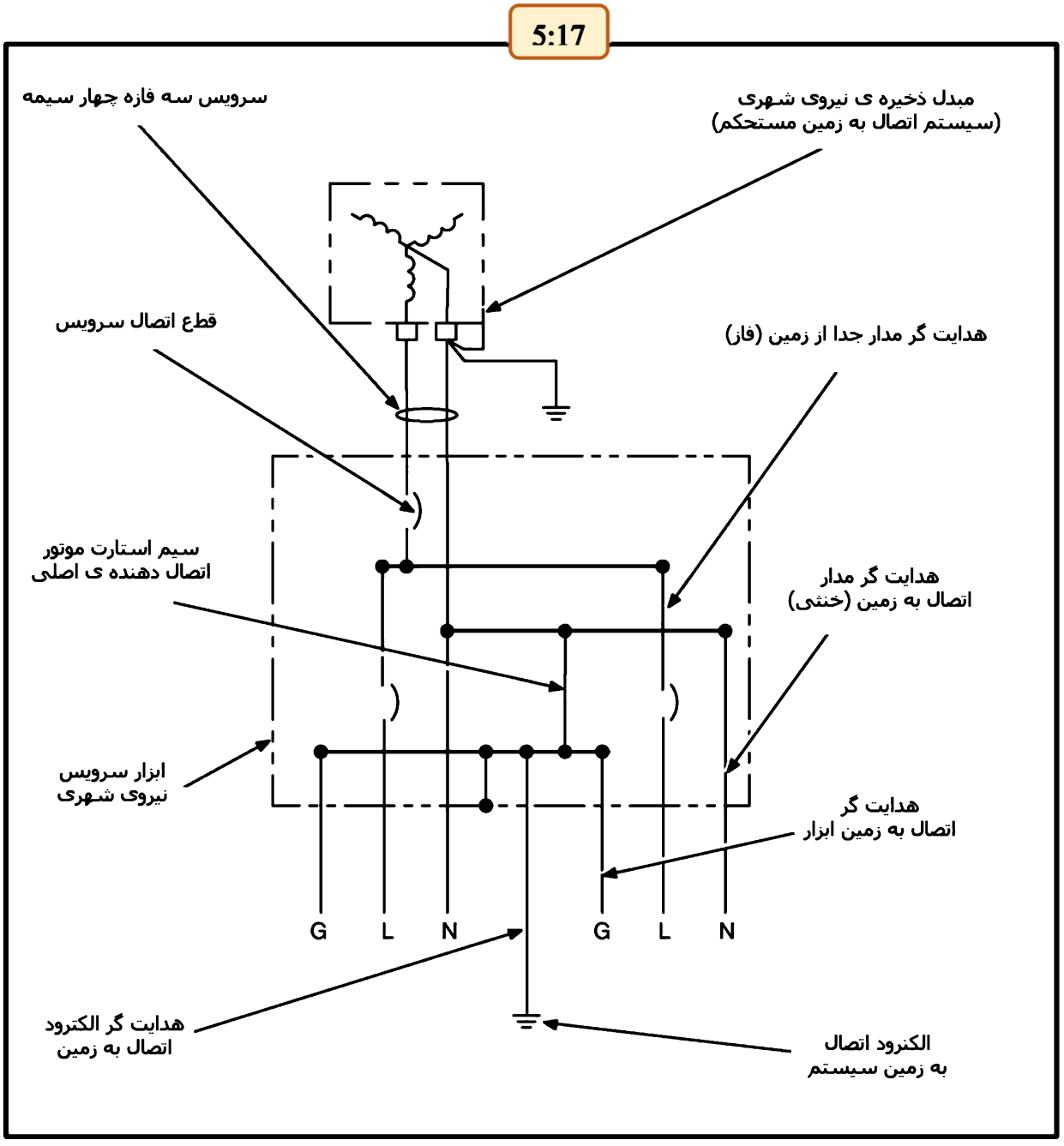
هماهنگ سازی انتخابی، جداسازی مثبت خطای مدار کوتاه در تمامی سطوح جریان خطا است که فقط توسط دستگاهی با جریان بالا که در کنار خطای سمت خط قرار دارد صورت می گیرد. "جداسازی ایراد" یک خطا توسط دستگاه های جریان بالا که در خلاف جریان یک از این دستگاه ها که در نزدیکی خطا قرار دارد منجر به قطع غیر ضروری شاخه های درگیر نشده در خطا در سیستم پخش ی شود و ممکن است باعث شود سیستم اضطراری بی جهت شروع به کار کند.

نقص های نیروی الکتریکی شامل نقص های خارجی مثل خاموشی یا تمام شدن سوخت دستگاه و نقص های داخلی درون سیستم پخش یک ساختمان باشد، مثل خطای مدار کوتاه یا بار اضافه ای که منجر به باز شدن مدار توسط ابزار محافظ جریان بالا شود. به دلیل این که قصد از استفاده ی سیستم های مولد اضطراری و استندبای برای حفظ نیرو برای بارهای ضروری انتخاب شده است، سیستم پخش الکتریکی باید به گونه ای طراحی شود که تداوم نیرو را در موقع رخ دادن یک خطا در سیستم به حداکثر برساند. لذا سیستم محافظت جریان بالا باید به صورت انتخابی هماهنگ سازی شود.

محافظت جریان بالا برای امکانات و رساناهایی که بخشی از سیستم نیروی اضطراری یا استندبای هستند، که شامل مولد حاضر در مکان کار نیز می شود، باید مقررات الکتریکی قابل اجرایی را دنبال کنند. با این وجود، در مواردی که سیستم نیروی اضطراری بارهایی را که برای حفظ حیات ضروری هستند را سرو می کند، مثل بیمارستان ها یا آسمان خراش ها، اولویت مهم تر نه حفظ سیستم اضطراری، بلکه باید حفظ تداوم نیرو باشد. به عنوان مثال، داشتن یک نشان گر هشداری در صورت رخداد بار اضافی یا خطای زمین مناسب تر از داشتن یک جریان شکن مدار باز است که برای محافظت از ابزار به کار می رود، چرا که در غیر این صورت نتیجه از دست رفتن نیروی اضطراری برای بارهایی است که برای حفظ حیات لازم است.



شکل ۴۳. سیستم اتصال به زمین دارای مقاومت پایین معمول برای دستگاه مولدی با ولتاژ میانه و ابزار انتقال بار



شکل ۴۴. پیوندهای اتصال به زمین ابزاری و سیستمی معمول در ابزار سرویس کاربردی

به منظور هماهنگ سازی، جریان مدار کوتاه در دسترس در اولین چند چرخه از دستگاه مولد مهم است. این جریان مستقل از سیستم برانگیختگی است و تنها به شاخصه های مغناطیسی و الکتریکی خود مولد وابسته است. حداکثر جریان مدار کوتاه متقارن سه فاز چرخه ی اول که از یک مولد در ترمینال های آن در دسترس می باشد برابر است با :

$$I_{SC}\ P.U. = \frac{FLA}{X''_d}$$

E_{AC} ولتاژ مدار باز و X''_d واکنش موقتی فرعی محور مستقیم به ازای واحد مولد است. یک مولد معمول تولید نیروی کامینز، بدون توجه به نوع سیستم برانگیختگی مورد استفاده، ۸ تا ۱۲ برابر جریان درجه بندی شده اش را در یک خرابی مدار ناگهانی سه فازه تولید می کند (به برگه های مشخصات دستگاه مولد و برگه های داده های دینام برای X''_d مراجعه شود).

واکنش مولد به صورت واحدی در درجه بندی دینام اصلی مشخص شده منتشر می شود. با این وجود، دستگاه های مولد درجه بندی های اصلی متفاوتی دارند. لذا برای تبدیل مقاومت به ازای هر واحد از پایه دینام به پایه دستگاه مولد از فرمول زیر استفاده کنید:

$$P.U.Z_{new} = P.U.Z_{given}\left(\frac{base\ KV_{given}}{base\ KV_{NEW}}\right)^2\left(\frac{base\ KV_{NEW}}{base\ KV_{given}}\right)$$

محاسبه ی نمونه: X''_d (واکنش موقتی قرعی دینام) در دستگاه مولد دیزل مدل 230DFAB تولید نیروی کامینز که در 277/480 VAC، 230 KW/288 kVA درجه بندی شده است را بیابید. گزارش S-1009a برای این مدل به برگه اطلاعات دینام شماره ی ۳۰۳ ارجاع می شود. برگه اطلاعات دینام شماره ی ۳۰۳ بر این اشاره دارد که X''_d برای دینام هایی با نقطه درجه بندی کامل بارگذاری شده ی 335 kW/419 kVA و 277/480 VAC (افزایش دمای ۱۲۵ درجه) برابر با ۰,۱۳ است. با جایگزینی این مقادیر در معادله ی پایین :

$$X''_{d(Genset)} = X''_{d(ADS)}\ (\frac{KV_{ADS}}{KV_{Genset}})^2\ (\frac{KVA_{Genset}}{KVA_{ADS}})$$

$$X''_{d(Genset)} = 0.13\ (\frac{0.48}{0.48})^2\ \left(\frac{288}{419}\right) = 0.089$$

۵-۳-۶-۱ توصیه های مربوط به مکان امکانات (Equipment Location Recommendations)

توصیه می شود در همگام سازی انتخابی سوئیچ های انتقال در قسمت بار ابزار جریان بالای مدار شاخه قرار گیرد، جایی که در صورت امکان در کنار خط صفحه ی فرمان مدار شاخه ای قرار دارد. در صورت قرار گرفتن سوئیچ انتقال در سمت بار ابزار جریان بالای مدار شاخه ای، خرابی های مدار در سمت بار سوئیچ انتقال باعث نمی شود شاخه های خراب نشده ی سیستم اضطراری همراه با شاخه های خراب شده با مولد فرستاده شوند.

این توصیه در راستای توصیه ها در مورد قابلیت اطمینان کلی برای قرار دادن سوئیچ های انتقال در کنار ابزار بار در حد ممکن، و تقسیم بارهای سیستم اضطراری به کوچک ترین مدارها با استفاده از سوئیچ های انتقال چندگانه است.

دومین توصیه استفاده از مولد پشتیبان (برانگیخته گر PMG) به منظور جدا کردن مثبت جریان شکن های مدار شاخه ای محفظه قالبی است. یک مولد پشتیبان قادر است مزیتی در جدا کردن جریان شکن های محفظه قالبی دارای درجه بندی جریان مشابه اما شاخصه های زمان–جریان متفاوت فراهم کند.

۵-۴ محافظت در برابر خرابی مدار و جریان بالا با استفاده از دستگاه های مولد (Fault and Overcurrent Protection with Generator Sets)

۵-۴-۱ اندازه گیری جریان شکن مدار مولد خط اصلی (Sizing a Main-Line Generator Circuit Breaker)

در اندازه گیری جریان شکن مدار مولد خط اصلی یکی از سه روش زیر استفاده می شود:

معمول ترین روش اندازه گیری جریان شکن مدار برابر با یا درجه بندی جریان بار کامل مولد یا یک درجه بالاتر از آن است. به عنوان مثال، یک جریان شکن مدار ۸۰۰ آمپری برای یک مولد با درجه بندی جریان بار کامل ۷۵۱ آمپری انتخاب می شود. مزیت این روش هزینه ی آن است؛ کابل ها و صفحه ی پخش یا سوئیچ انتقال را می توان با درجه بندی جریان شکن ۸۰۰ آمپری اندازه کرد. اگر جریان شکن مدار به صورت استاندارد درجه بندی شده باشد (۸۰٪ ممتد) ممکن است به صورت خودکار در سطوجی زیر درجه بندی جریان بار کامل مولد باز شود. با این وجود، دستگاه مولد احتمالا نمی تواند در نزدیکی بار kW کامل و یا حتی در حد آن کار کند و در عامل نیروی درجه بندی شده نمی تواند آن قدر روشن باشد که جریان شکن را در استفاده ی واقعی به کار بیندازد. برای رفع این مشکل، ممکن است از یک جریان شکن مدار ۸۰۰ آمپری ۱۰۰٪ درجه بندی شده استفاده شود که ۸۰۰ آمپر را به صورت ممتد حمل می کند.

روش دوم در استفاده از جریان شکن های مدار درجه بندی شده (۸۰٪ ممتد)، بزرگ تر گرفتن جریان شکن مدار به اندازه ی ۱,۲۵ برابر جریان بار کامل مدار است. به عنوان مثال، یک جریان شکن مدار ۱۰۰ آمپری برای یک مولد با درجه بندی جریان بار کامل ۷۵۱ آمپری (۷۵۱ آمپر × ۱,۲۵ = ۹۳۹ آمپر، درجه بندی جریان شکن استاندارد بعدی برابر با ۱۰۰۰ آمپر است) انتخاب شود. یک جریان شکن که بدین صورت انتخاب شده است نباید تحت بار kW کامل در عامل

نیروی درجه بندی شده (kVA درجه بندی شده) به کار بیفتد. نقطه ی ضعف این روش این است که سایز کابل ها و صفحه ی پخش یا سوئیچ انتقال باید تا ۱۰۰۰ آمپر باشد.

اما راه سوم اندازه گرفتن جریان شکن مدار در نتیجه ی محاسبات طراحی برای یک سوخت رسان و ابزار جریان بالای آن است – توجه داشته باشید که هدف اصلی جریان شکن مدار حفاظت از رساناگر های سوخت رسان است.

جریان پذیری سوخت رسان و درجه بندی ابزار جریان بالا با جمع جریان های بار مدارهای شاخه ضرب در هر عامل درخواست (DF) قابل اجرا که طبق مقررات الکتریکی قایل اجرا شدن هستند به دست می آید. بدون در نظر گرفتن گنجایش های آتی، حداقل جریان پذیری سوخت رسان لازم برای استفاده از یک دستگاه مولد معمولی که بارهای موتور و غیر موتوری را درگیر می کند باید برابر با یا بیشتر از موارد زیر باشد:

- ۱,۲۵ × جریان بار غیر موتوری ممتد، و
- ۱,۰۰ × DF (عامل درخواست) × جریان بار غیر ممتد و غیر موتوری، و
- ۱,۲۵ × بیشترین جریان بار کامل موتور، و
- ۱,۰۰ × جمع جریان های بار کامل همه ی دیگر موتورها.

به دلیل این که اندازه ی دستگاه مولد متناسب با بار شروع کننده (فراتاخت) و در حال جریان است، و ممکن است به گونه ای اندازه گیری شده باشد که گنجایش های آتی را نیز امکان پذیر کند، ممکن است جریان بار کامل دستگاه مولد بیشتر از جریان پذیری محاسبه شده ی رساناهای سوخت رسان مولد و درجه بندی جریان شکن مدار باشد تا جریان شکن در جریان کامل ظاهری مولد شروع به کار نکند. این امر گنجایش های آتی را برای اضافه کردن مدارهای شاخه ای فراهم می کند.

نکته: جریان پذیری رساناگر سوخت رسان توسط مقرراتی مثل NFPA یا CSA تنظیم و تعیین می شود. در حالی که این جریان پذیری بر پایه ی گنجایش CB و مولد است، دیگر عوامل مهم نیز تاثیر گذار هستند. به مقررات قابل اجرا برای اندازه ی رساناگر سوخت رسان صحیح مراجعه کنید.

نکته: آزمایش بار کامل گسترش یافته ممکن است جریان شکن مدار خط اصلی ای را که اندازه ی آن برابر با درجه بندی جریان بار کامل دستگاه مولد یا کمتر از آن است را به کار بیندازد.

۲-۴-۵ منابع دستگاه مولد (Generator Set Sources)

زمانی که انرژی سیستم اضطراری توسط دستگاه مولدی تولید می شود، لازم است جریان شکن های مدار شاخه ای (معمولا از نوع محفظه قالبی) با احتمال به کار افتادن بالا است، بدون توجه به نوع خرابی مداری که در یک مدار شاخه ای رخ می دهد.

هنگامی که یک دستگاه مولد در معرض یک خرابی مدار فاز به زمین قرار می گیرد، یا چند خطای مدار فاز به فاز برای آن رخ می دهد، جریانی چند برابر جریان درجه بندی شده را بدون توجه به نوع سیستم برانگیختگی ایجاد می کند. عموما این مساله عامل مغناطیسی یک جریان شکن مدار شاخه ای را به کار می اندازد و خرابی مدار را جدا می کند. در یک سیستم مولد خود برانگیخته، نمونه هایی از خرابی مدار سه فازه و بعضی خرابی های مدار فاز به فاز وجود دارد که در آن جریان خروجی مولد در ابتدا به مقداری در حدود ده برابر جریان اندازه گیری شده افزایش پیدا می کند و سپس در عرض چند چرخه به سرعت تا سطحی بسیار پایین تر از جریان درجه بندی شده می رسد. در یک دستگاه مولد پشتیبان (PMG) جریان های خرابی مدار اولیه یکسان هستند، اما جریان مورد نظر تا جریان مدار کوتاه پشتیبانی شده ای که در گستره ی ۳ برابر جریان درجه بندی شده برای خرابی مدار سه فازه تا حدود ۷,۵ برابر جریان درجه بندی شده برای خرابی مدار فاز به زمین قرار دارد کاهش پیدا می کند.

کاهش در جریان خرابی مدار یک مولد خود برانگیخته لازم می دارد که جریان شکن های مدار باز شوند و در ۰,۰۲۵ ثانیه ای که در آن جریان حداکثری جریان دارد جدا شوند. یک جریان شکن مدار شاخه ای که به کار نیفتد و خرابی مداری را جدا نکند ممکن است باعث شود مولد خود برانگیخته از کار بیفتد و نیرویی به شاخه های خراب نشده سیستم اضطراری جریان دارد را قطع کند. یک مولد پشتیبان (PMG) از کار نمی افتد و این مزیت را دارد که برای چند ثانیه سه برابر جریان درجه بندی شده را تولید می کند، که می تواند برای جدا کردن جریان شکن های مدار شاخه ای کافی باشد.

در استفاده از درجه بندی های جریان بار کامل دستگاه مولد و جریان شکن های مدار شاخه ای، روش زیر به کار انداختن خرابی مدار متقارن سه فازه یا فاز به فاز توسط جریان شکن مدار را مشخص می کند. این روش تنها احتمال به کار انداختن را تحت شرایط مدار کوتاه و جریان خرابی مدار موجود مشخص می کند و به کار افتادن را در تمامی مقادیر جریان خرابی مدار (به عنوان مثال در خرابی مدار قوسی که در آن آمپدانس خرابی مدار بالا است) تضمین نمی کند.

به دلیل این که اکثر نمودار های جریان شکن های مدار جریان را به صورت درصدی از درجه بندی جریان شکن نشان می دهند، جریان خرابی مدار موجود باید به درصدی از درجه بندی جریان شکن مدار تبدیل شود. فرمول زیر برای تعیین جریان خرابی مدار موجود به صورت درصدی از درجه بندی جریان شکن مدار (CB) برای مولدهای AC که در ابتدا قادر به رساندن جریان درجه بندی شده ی ۱۰ برابری هستند استفاده می شود، البته آمپدانس مدار بین مولد و جریان شکن در نظر گرفته نمی شود :

$$CB \text{ جریان خطا به صورت درصدی از درجه بندی} = \left(\frac{10 \text{ . آمپر مولد درجه بندی شده}}{\text{آمپر CB درجه بندی شده}}\right) \times \%100 = \%3470$$

تاثیر خرابی مداری (کوتاه) بر یک جریان شکن مدار شاخه ۱۰۰ آمپری در زمانی که نیرو توسط دستگاه مولدی با جریان درجه بندی ۳۴۷ آمپر فراهم می شود را در نظر بگیرید. در این مثال، جریان خرابی مدار موجود در طول ۰,۰۲۵ ثانیه ی ابتدایی، بدون توجه به سیستم برانگیختگی برابر است با :

$$\text{جریان خطا به صورت درصدی از درجه بندی } CB = \left(\frac{10\,.347}{100}\right) \times \%100 = \%3470$$

اگر مولد AC از نوعی است که می تواند جریان درجه بندی شده ی سه برابری را پشتیبانی کند، از فرمول زیر برای تعیین میزان حدودی جریان در اختیار به صورت درصدی از درجه بندی جریان شکن مدار استفاده کنید:

$$\text{جریان شده پشتیبانی به صورت درصدی از درجه بندی } CB = \left(\frac{3\,.347}{100}\right) \times \%100 = \%1040$$

شکل ۴۵ در صفحه ی ۱۵۰ و شکل ۴۶ در صفحه ی ۱۵۱ نشانگر نتایج دو جریان شکن مدار محفظه ی قالبی گرمایی–مغناطیسی ۱۰۰ آمپری که دارای شاخصه های متفاوت راه اندازی "A" و "B" هستند می باشد. در مورد شاخصه های راه اندازی "A" (شکل ۴۵ در صفحه ی ۱۵۰) جریان خرابی مدار اولیه ی ۳۴۷۰٪ جریان شکن را در عرض ۰,۰۲۵ ثانیه به کار می اندازد. در مورد شاخصه های راه اندازی "B" (شکل ۴۶ در صفحه ی ۱۵۱)، جریان شکن ممکن است در ابتدا با جریان ۳۴۷۰٪ به کار نیفتد، اما اگر جریان خرابی مدار در حدود ۳ ثانیه در ۱۰۴۰ درصدی درجه بندی جریان شکن (سه برابر درجه بندی مولد) باقی بماند جریان شکن به کار می افتد. می توان این گونه نتیجه گرفت که یک مولد پشتیبان (PMG) به دلیل فراهم کردن جریان خرابی مدار کافی برای جدا کردن جریان شکن های مدار شاخه ای برتری دارد.

کاربرد مولد، سیستم برانگیخنگی آن، و ولتاژ کاری مشخص کننده ی میزان محافظت فراهم شده برای مولدها و دستگاه های محافظتی مورد استفاده در برابر بار اضافی را تعیین می کند.

نکته: بحث های ذکر شده در مورد نصب های تک واحدی، ۲۰۰۰ kW و پایین تر صدق می کند. به دستورالعمل T-016 تولید نیروی کامینز، موازی سازی و صفحه سوئیچ موازی سازی، جهت آگاهی از موارد الزامی برای محافظت از مولدهای متعدد در موازات یکدیگر مراجعه کنید.

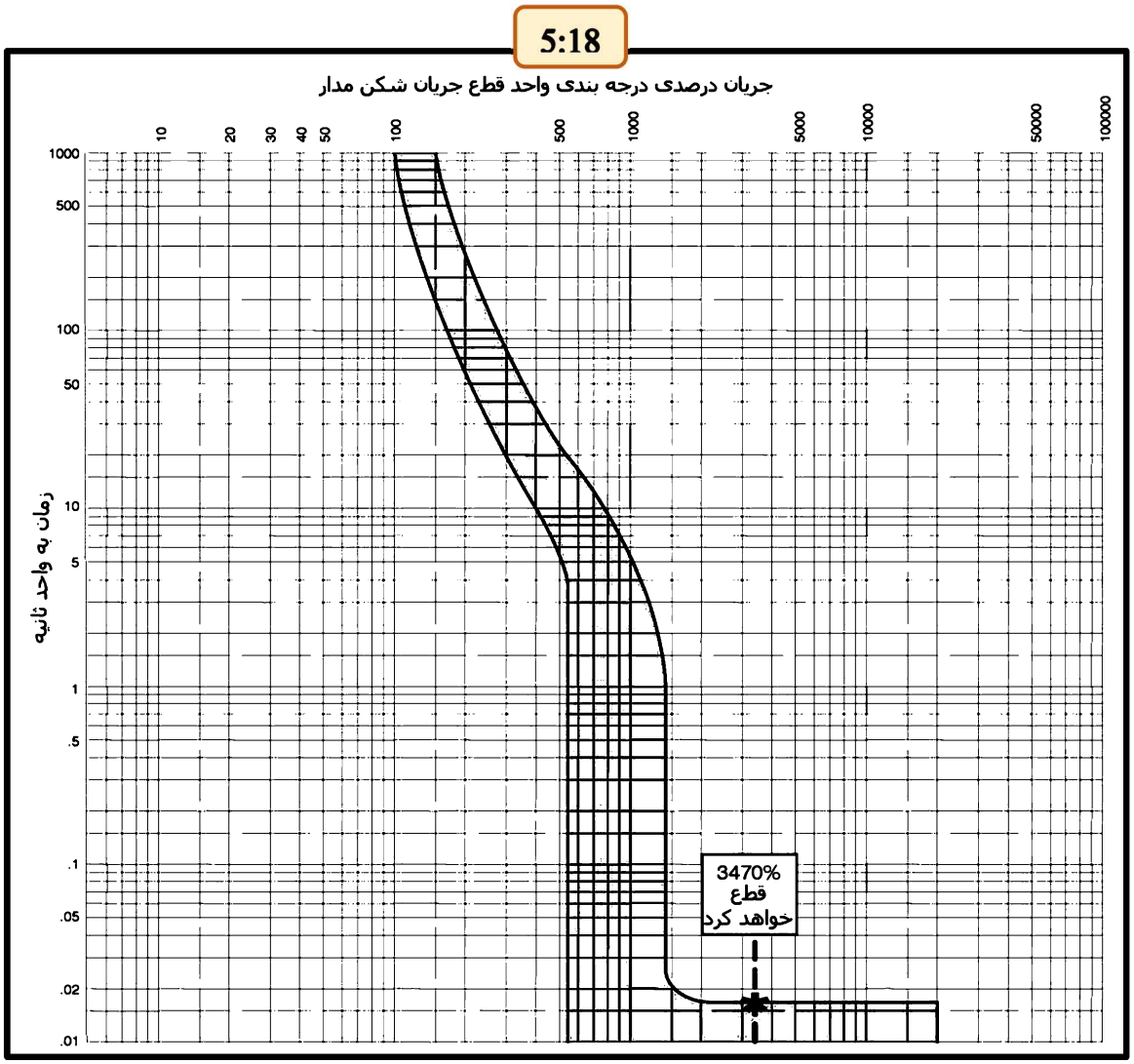
۳-۴-۵ محافظت در برابر بار اضافه در مولدها (Overload Protection of Generators)

در کاربردهای اضطراری/استندبای با ولتاژ پایین (۶۰۰ ولت یا پایین تر) که بارهای ضروری در حال کار کردن هستند و دستگاه مولد تنها چند ساعت در سال کار می کند، حداقل موارد الزامی مقررات الکتریکی قابل اجرا برای محافظت باید اجرا شوند. علاوه بر آن، یک مهندس متخصص باید مبادله ی بین محافظت ابزار و تداوم نیرو رسانی به بارهای اساسی را زیر نظر بگیرد و فراهم کردن سطوحی بالاتر از حداقل میزان محافظت الزامی گردد.

در کاربردهای قابل قطع شدن یا نیروی اصلی ولتاژ پایین، از دست رفتن نیرویی که از عمل کردن ابزارهای محافظتی نشات می گیرد را می توان قابل قبول تصور کرد و لذا سطح بالاتری از محافظت ابزار مناسب تر باشد.

۱-۳-۴-۵ ناحیه ی محافظت شونده (Protection Zone)

ناحیه ی محافظت شونده برای مولد ها شامل مولد و رساناهایی از ترمینال های مولد به دستگاه جریان بالای اول می شود؛ یک دستگاه حریان بالای خط اصلی (در صورت استفاده)، یا رابط فشار قوی دستگاه جریان بالای سوخت رسان. محافظت جریان بالا برای مولد باید شامل محافظت در برابر خرابی مدارهای کوتاه در هر نقطه از این ناحیه باشد.

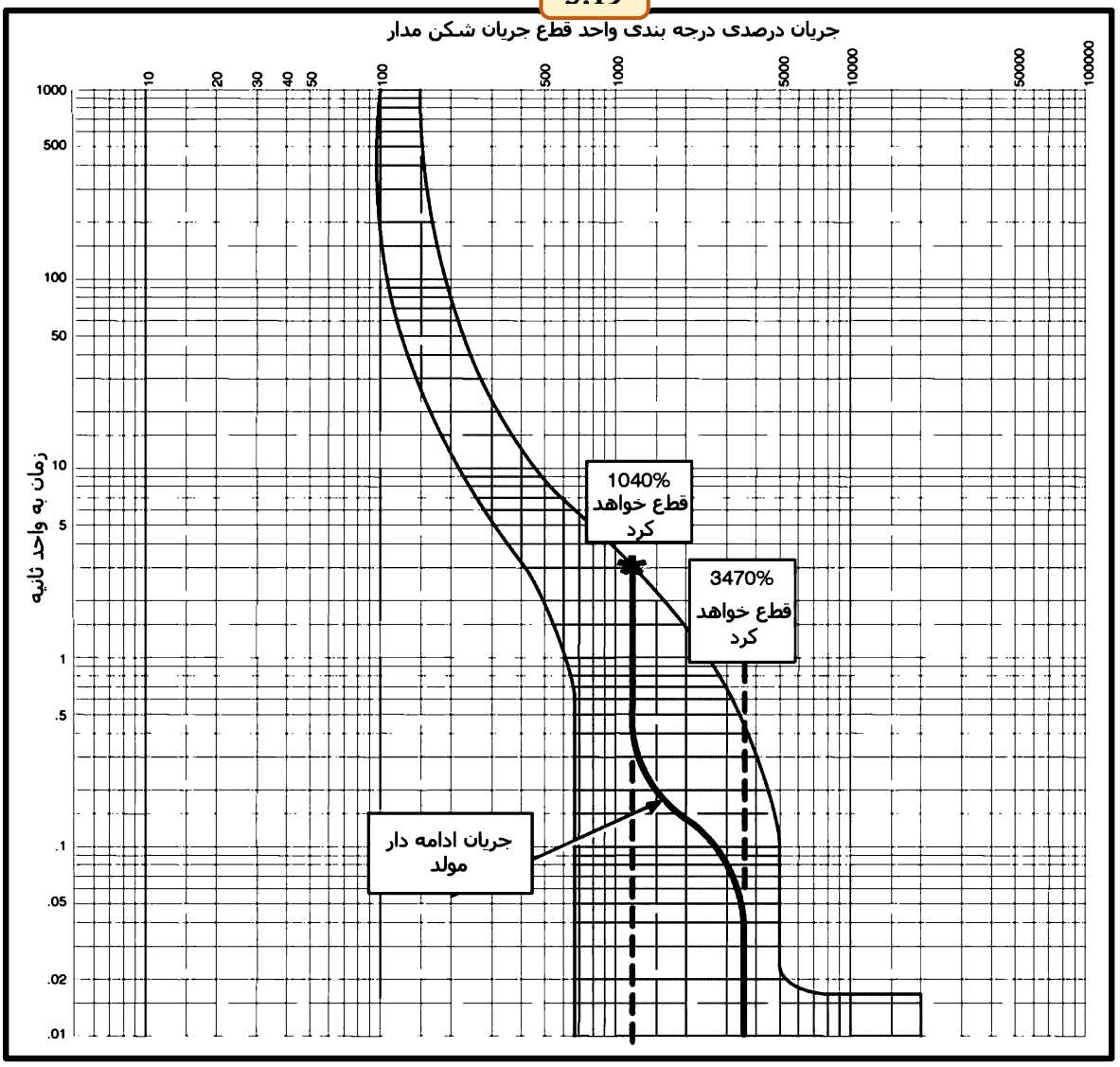


شکل ۴۵. تاثیر خرابی مدار بر یک جریان شکن ۱۰۰ آمپری با شاخصه های راه اندازی "A"

در سمت پایین جریان رابط فشار قوی سوخت رسان، عملیات استاندارد جهت محافظت جریان بالا برای رساناگرها و امکانات صورت می گیرد. نسبت جریان درجه بندی شده مولد به درجه بندی ابزارهای جریان بیش از حد پایین جریان، ضرب در جریان مدار کوتاه موجود از مولد در چند چرخه ی اول باید برای به کار انداختن چنین ابزارهایی در یک یا دو چرخه کافی باشد.

۲-۳-۴-۵ سیستم های اضطراری/استندبای ۶۰۰ ولت و پایین تر
(Emergency/Standby Systems 600 Volts and Below)

حداقل محافظت از جریان بالای مولد که توسط مقررات الکتریکی قابل اجرا الزامی شده است برای کاربردهای اضطراری/استندبای ۶۰۰ ولت و پایین تر توصیه می شود. به طور معمول، این مساله بدین معنی است که مولد باید همراه با ابزارهای جریان بالای فاز مثل فیوز یا جریان شکن مدار فراهم شود، یا توسط طراحی اصلی، مثل "امپسنتری پاورکامند"، محافظت شود. در بعضی کاربردها، ممکن است مقررات الکتریکی علائم خرابی مدار زمین را نیز اجباری کنند.



شکل ۴۶. تاثیر خرابی مدار بر یک جریان شکن ۱۰۰ آمپری با شاخصه های راه اندازی "B"

۳-۳-۴-۵ جریان شکن مدار مولد (Generator Circuit Breaker)

روال معمول در مولدها بدون محافظت جریان بالای اولیه فراهم کردن جریان شکنی مداری محفظه قالبی (MCCB) به صورت گرمایی–مغناطیسی یا حالت جامد است که برای محافظت از رساناهای سوخت رسان مولد اندازه گرفته شده است تا با لازمه های مقررات الکتریکی برای محافظت بار اضافه ی مولد همخوانی داشته باشد. با این وجود یک MCCB گرمایی–مغناطیسی معمولی که برای حمل جریان های درجه بندی شده ی مولد اندازه گرفته شده است محافظت موثری برای مولد فراهم نمی کند. به طور معمول، اگر جریان شکن های مدار برای محافظت از مولد مورد استفاده قرار گرفته اند، به یک جریان شکن مدار حالت جامد که کاملا تنظیم شده است (زمان بلند، زمان کوتاه و لحظه ای، LSI) احتیاج است تا منحنی محافظت جریان شکن درون منحنی قابلیت گرمایی مولد هماهنگ شود. در مواردی مثل مولد های سنتری امپ پاور کامند، که مولد توسط طرح اولیه محافظت می شود، استفاده از جریان شکن مدار خط اصلی برای محافظت از بار اضافی مولد لازم نیست.

دلایل دیگری نیز برای استفاده از یک جریان شکن مدار وجود دارد، که می توان به عنوان مثال به محافظت از رساناهای سوخت رسان مولد، یا فراهم شدن وسیله ای قطع کننده اشاره کرد. برای بهبود قابلیت اطمینان کلی یک سیستم، وسیله ای قطع کننده را می توان با سوئیچ محفظه قالبی یا دیگر ابزارهای غیر اتوماتیک فراهم کرد.

۴-۳-۴-۵ طرح اولیه، خرابی های مدار متعادل (Inherent Design, Balanced Faults)

ممکن است تصور شود یک مولد خود برانگیخته (اتصال موازی) توسط طرح اولیه محافظت می شود چرا که آنقدر قادر به پشتیبانی از جریان مدار کوتاه به خرابی مدارهای سه فاز نیست که صدماتی جدی به مولد وارد شود. با در نظر گرفتن نیاز به قابلیت اطمینان بالای نیرو به بارهای ضروری، گاهی استفاده از برانگیختگی اتصال موازی توسط طرح اولیه برای برآورده کردن لازمه های حداقل محافظت مولد که توسط مقررات الکتریکی وضع شده است کافی است و استفاده از دستگاه های محافظت کننده ی جریان بالای مولد (فیوز ها یا جریان شکن های مدار) را غیر ضروری می کند.

نکته: در آمریکا، مقررات الکتریکی اجازه می دهد رساناگر های سوخت رسانی را که در ۱۱۵٪ جریان درجه بندی شده ی مولد اندازه گرفته شده باشند در مسیرهای کوتاه بدون محافظت جریان بالا برای رساناگر ها جریان داشته باشند.

مولدی با برانگیختگی PMG، اما بدون پاور کامند قادر است جریان مدار کوتاه را با یک خرابی مدار نامتوازن یا متوازن پشتیبانی کند. اگر لازم است دستگاه های جریان بیش از حد در پایین جریان مولد از کار بیفتند تا خرابی مدار کوتاه سه فازه ی متوازنی را جدا کنند، سیستم برانگیختگی PMG شامل عملکرد خاموش شدن در صورت برانگیختگی بیش از حد است که به عنوان مکمل عمل می کند. این عملکرد بیش برانگیختگی رگلاتور ولتاژ را بعد از ۸ تا ۱۰ ثانیه خاموش می کند. این محافظت مکمل تنها برای خرابی های مدار سه فازه مناسب است و ممکن است نتواند از مولد در برابر صدمات ناشی از خرابی های مدار تک فاز محافظت نکند.

۵-۳-۴-۵ امپ سنتری و کنترل های پاور کامند
(PowerCommand Controls and AmpSentry)

پاور کامند از یک ریز کنترل (ریز پردازنده) مجهز به سنسور های جریان سه فازه استفاده می کند تا به صورت ممتد بر جریان در هر فاز نظارت داشته باشد. تحت شرایط خرابی مدار تک یا سه فازه، جریان در ۳۰۰ درصدی درجه بندی مولد تنظیم می شود. ریز کنترل جریان در برابر زمان را تلفیق می کند و نتایج را با منحنی آسیب گرمایی مولد ذخیره شده ای مقایسه می کند. ریز کنترل قبل از رسیدن به منحنی صدمه از مولد با خاموش کردن برانگیخته گر و موتور محافظت می کند. شکل ۴۷ در صفحه ۱۵۴ نشانگر منحنی محافظت امپ سنتری است که برای استفاده در محافظت و مطالعات همگام سازی استفاده می شود. منحنی صدمه گرمایی دینام در سمت راست منحنی محافظت از امپ سنتری نشان داده شده است. جریان بار اضافه ی ۱۱۰ درصدی درجه بندی بعد از ۶۰ ثانیه آژیر هشدار بار اضافه به صدا در آید و عملیات بار تماس ساطع کند. بار اضافه ای بالای ۱۱۰٪ منجر به ایجاد واکنش محافظتی در زمانی می شود که توسط منحنی محافظت زمان معکوس تعیین می گردد. این کنترل ها محافظت مولد را در گستره های زمانی و جریانی کامل، در برابر مدار های کوتاه لحظه ای تک فاز و سه فاز و حتی در برابر بارهای اضافه ای که چندین دقیقه طول می کشند فراهم می کنند. از منظر همگام سازی انتخابی، یک مزیت مهم امپ سنتری در برابر جریان شکن مدار اصلی این است که امپ سنتری در مورد تمامی جریان های خرابی مدار بالای ۴ به ازای هر واحد شامل یک تاخیر اولیه در حدود ۰٫۶ ثانیه است. این تاخیر به جریان شکن های مدار جریان پایین این امکان را می دهد که به سرعت واکنش نشان داده و خرابی مدار را بدون به کار انداختن خط خاموش مولد جدا کنند. این امر امکان همگام سازی انتخابی را در اولین سطح جریان شکن های جریان پایین فراهم می کند.

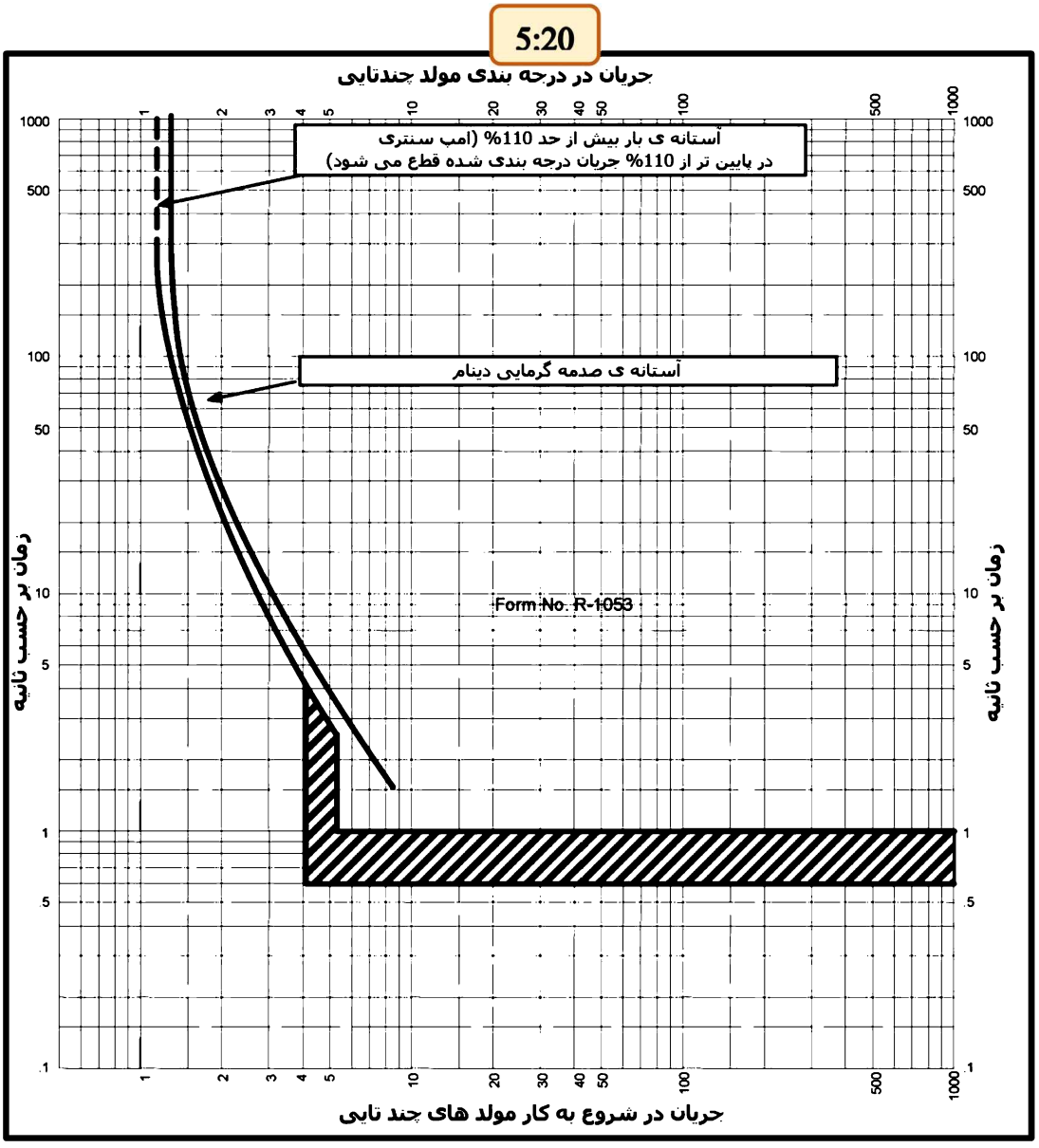
۶-۳-۴-۵ محافظت/نشانه گذاری خرابی مدار زمین
(Ground Fault Indication/Protection)

در ایالات متحده، مقررات الکتریکی در مولد های اضطراری و استندبای (حفظ حیات) که به زمین متصل هستند، در سطحی بیش از ۱۵۰ ولت به زمین و با ابزارهای جریان بالای درجه بندی شده ۱۰۰۰ آمپری یا بیشتر کار می کنند، نشانه گذاری خرابی مدار زمین را الزامی کرده است. در صورت لزوم، رویه ی استاندارد در کاربردهای اضطراری/استندبای فراهم کردن نشانه گذاری چفت دار فقط برای خرابی مدار زمین است و به کار انداختن جریان شکن مدار الزامی نیست. با وجود اینکه ممکن است محافظت خرابی مدار زمین ابزار که جریان شکن مدار مولد اصلی را باز می کند فراهم شده باشد، اما این مساله نه توسط مقررات الزامی شده است و نه در مولد های اضطراری (حفظ حیات) توصیه می شود.

عملکرد درست سنسور های خرابی مدار زمین در دستگاه های مولد معمولا این مساله را الزامی می دارد که مولد به صورت جدا شود و از یک سوئیچ انتقال ۴ ستونه (خنثی سوئیچ شده) استفاده شود.

۷-۳-۴-۵ نیروی اصلی و قطع شونده، ۶۰۰ ولت و پایین تر
(Prime Power and Interruptible, 600 Volts and Below)

محافظت جریان بالای مولد الزامی شده توسط مقررات الکتریکی برای کاربردهای نیروی اصلی و قطع شونده ۶۰۰ ولتی و پایین تر از آن توصیه می شود. به طور معمول، این مساله بدین معنی است که مولد باید با دستگاه های جریان بالای فازی مثل فیوز یا جریان شکن مدار ارائه شود، یا توسط طراحی اولیه محافظت شود.



شکل ۴۷. منحنی شاخصه های زمان بر جریان امپ سنتری کنترل پاور کامند به علاوه ی منحنی صدمه دینام. (توجه: این منحنی مخصوص دستگاه های مولد پاور کامند کامینز است.)

واحدهایی که به کنترل پاور کامند و امپ سنتری مجهز هستند این محافظت را ارائه می کنند. اگر محافظتی با سطح بالاتر مورد نیاز است، پاور کامند محافظت های اولیه ی زیر را نیز در تمامی فازها ارائه می دهد:

- مدار کوتاه
- ولتاژ بیش از حد
- ولتاژ کم تر از حد
- از دست رفتن میدان
- نیروی معکوس

همان گونه که در قبل ذکر شد، کنترل پاور کامند و امپ سنتری در طراحی اولیه خود محافظت جریان بالا و از دست رفتن میدان را فراهم کرده است.

۴-۴-۵ ولتاژ متوسط، تمامی کاربردها (Medium Voltage, All Applications)

در کاربردهای ولتاژ متوسط (ولت ۱۵۰۰۰ – ۶۰۱)، معمولا رویه ی استاندارد فراهم سازی محافظت مولد قابلیت اطمینان ذخیره ی نیرو را به خطر نمی اندازد، چرا که انتخابی بودن ابزار ها قابل تحقق است. هزینه ی سرمایه گذاری در ابزار سطح بالاتری از محافظت را نیز تضمین می کند. محافظت پایه ای حداقل شامل این موارد می شود (به شکل ۴۸ در صفحه ی ۱۵۶ مراجعه شود):

- شناسایی جریان بالای مکمل سه فاز (51V)
- یک رله ی جریان بالای زمانی زمین مکمل (51G)
- شناسایی از دست رفتن میدان (۴۰)
- شناسایی جریان بالای لحظه ای سه فاز برای محافظت های مختلف (۸۷)

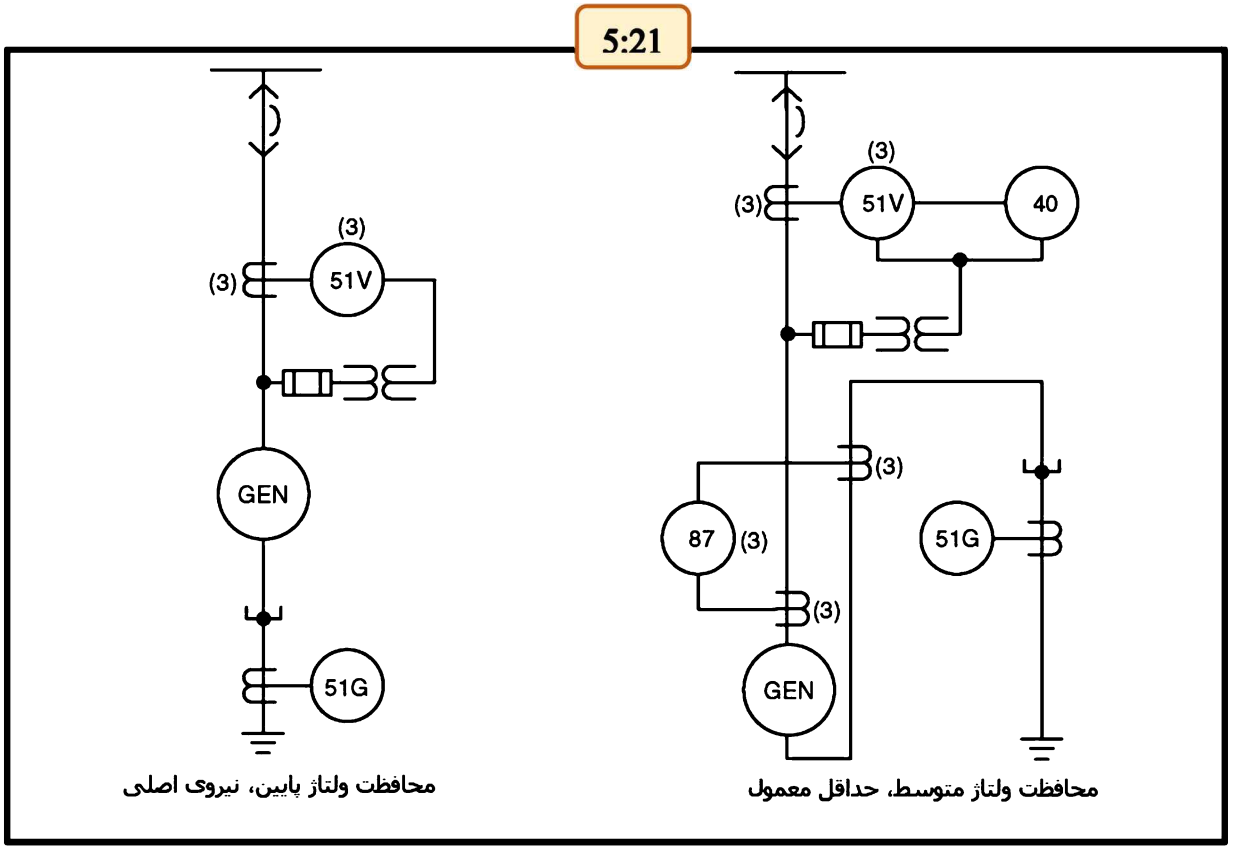
نکته: به استاندارد ANSI/IEEE شماره ی ۲۴۲ برای اطلاع در مورد محافظت جریان بالای این مولدها مراجعه کنید.

۱-۴-۴-۵ محافظت فراتاخت مولد های ولتاژ معمولی

(Surge Protection of Medium-Voltage Generators)

باید به محافظت از مولدهای ولتاژ معمولی در برابر فراتاخت های ولتاژی که از برخورد رعد و برق با خطوط پخش و از عملیات سوئیچ کردن نشات می گیرند توجه کرد. حداقل محافظت شامل موارد زیر است:

- بازدارنده های خط در خطوط پخش
- بازدارنده های فراتاخت در ترمینال های مولد
- خازن های فراتاخت در ترمینال های مولد
- تبعیت دقیق از رویه های اتصال به زمین موثر



شکل ۴۸. طرح محافظتی معمول

بخش ششم

طراحی مکانیکی

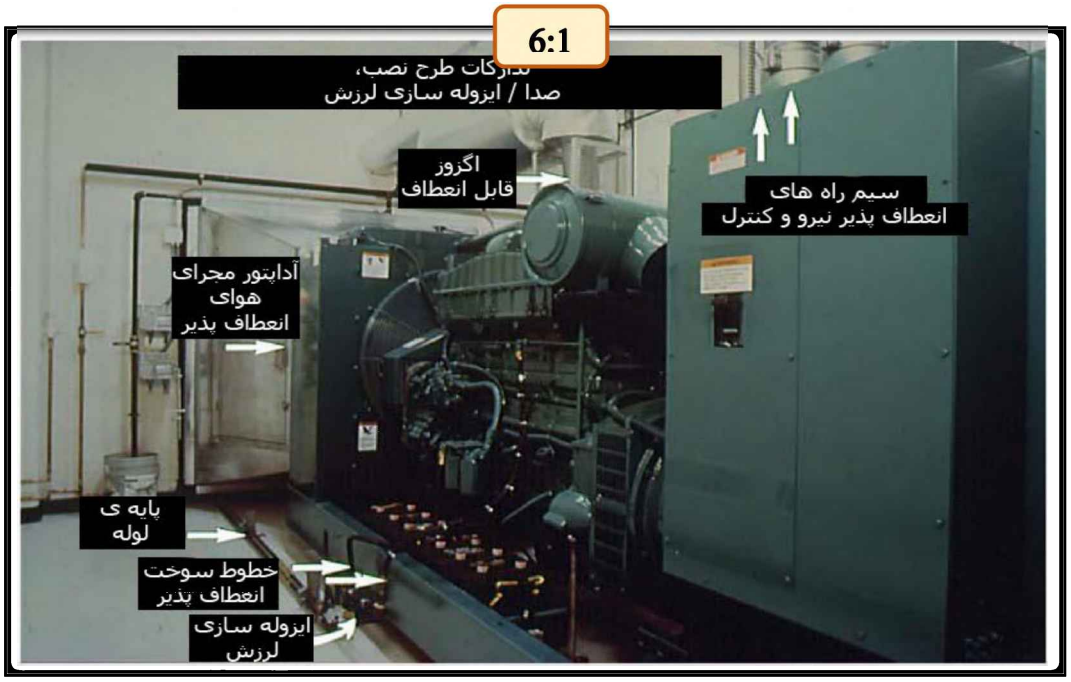
۶ طراحی مکانیکی (Mechanical Design)

۶-۱ پایه گذاری و سوار کردن (Foundation and Mounting)

۶-۱-۱ سوار کردن دستگاه مولد و ایزوله گر های لرزش (Generator Set Mounting and Vibration Isolation)

طراحی نصب باید پایه ای مناسب برای پشتیبانی از دستگاه مولد فراهم کند و از انتقال سطوح انرژی لرزشی آسیب زننده یا مزاحم به ساختار سازه جلوگیری کند. در ضمن، نصب باید این نکته را تضمین کند که زیرساخت پشتیبان برای دستگاه مولد اجازه ی انتقال لرزش از دستگاه مولد به قسمت ثابت امکانات را نمی دهد.

تمامی قسمت هایی که به صورت فیزیکی به دستگاه مولد وصل می شوند باید انعطاف پذیر باشند تا حرکات لرزشی را بدون آسیب دیدن جذب کنند. قسمت هایی که به ایزوله شدن نیاز دارند شامل سیستم اگزوز موتور، خطوط سوخت، سیم کشی ذخیره ی نیروی AC، سیم کشی بار، سیم کشی کنترل (که باید به جای هسته ی اصلی رشته ای باشد)، دستگاه مولد (از لایه نصب شده) و مجرا های تهویه ی هوا (برای دستگاه های مولد با رادیاتورهای نصب بر روی تخته) می شوند (به شکل ۴۹ در صفحه ی ۱۵۸ مراجعه شود). کم توجهی به ایزوله سازی این نقاط بین پیوندی فیزیکی و الکتریکی می تواند منجر به صدمات لرزشی به ساختمان یا دستگاه های مولد، و از کار افتادن دستگاه مولد در حال کار شود.



شکل ۴۹. تدارکات ضد لرزشی برای یک دستگاه مولد عادی

موتور دستگاه مولد، دینام و دیگر ابزار های نصب شده معمولا بر روی یک مونتاژ پایه تخته ای سوار می شوند. مونتاژ پایه تخته ای سازه ای سخت است که استحکام ساختاری و ایزوله سازی لرزش نسبی را به ارمغان می آورد. پایه، کف و یا سقف باید قادر باشند وزن دستگاه مولد مونتاژ شده و ابزار های فرعی آن (از قبیل مخزن سوخت زیرپایه) را تحمل کنند ، و در ضمن در برابر بارهای دینامیک مقاومت کرده و نویز و لرزش آزاردهنده را انتقال ندهند. دقت داشته باشید که در استفاده هایی که ایزوله سازی لرزش مهم است، ممکن است وزن مونتاژ شده ی مجموعه شامل پایه ی سوار شونده ی بزرگی باشد (به تدارکات پایه در این بخش مراجعه شود).

اندازه، وزن، و پیکربندی های نصب شونده بسته به سازندگان آن و اندازه های گوناگون امکانات دارای تنوع زیادی است. به توصیه های نصب سازنده ی مدل خاص نصب شده جهت اطلاعات دقیق در مورد وزن و ابعاد نصب شونده دقت کنید.

۶-۱-۲ تدارکات پایه (Foundation Provisions)

۶-۱-۲-۱ کفپوش تخته ای (Slab Floor)

در بسیاری از کاربردها، پایه ای عظیم برای دستگاه مولد غیر ضروری است. دستگاه های مولد دارای ایزوله کننده های داخلی می تواند لرزه های انتقال یافته را تا ۸۰-۶۰٪ کاهش داده و قرار دادن ایزوله ساز های فنر استیلی بین دستگاه مولد و کفپوش می تواند بیش از ۸۵٪ لرزه ها را ایزوله کند (به ایزوله کننده های لرزش در قسمت های بعدی همین بخش مراجعه کنید). اگر انتقال لرزش به ساختمان معضلی مهم نیست، مساله اصلی نصب دستگاه مولد به گونه ای است که وزن آن به شکل مناسبی تحمل شود و دستگاه به آسانی سرویس دهی شود. یک لایه ی بتونی باید بر روی کف بتونی ریخته شود تا دستگاه مولد را به ارتفاعی برساند که سرویس دهی را بی دردسر ساخته و رسیدگی به امور ساختمان در اطراف دستگاه را آسان تر کند.

- لابه باید از بتون تقویت شده با قدرت فشردگی ۲۸ روزه ی حداقل 2500-psi (17236.89 kPa) ساخته شده باشد.
- لایه باید حداقل ۶ اینچ (۱۵۰ میلی متر) ضخامت داشته باشد و تا شش اینچ (۱۵۰ میلی متر) از هر طرف تخته گسترش یابد.

به تصاویر سازنده ی دستگاه مولد در ارتباط با موقعیت های فیزیکی خطوط سوخت، کنترل و اتصالات داخلی و دیگر اینترفیس هایی که قرار است در بتون ریخته شوند توجه کنید. این اینترفیس ها به طور چشمگیری در عرضه کنندگان مختلف متفاوت است.

ایزوله کننده های لرزش باید توسط پیچ و مهره های نوع J یا L (پیچ و مهره های rag یا rawl) که به لایه ی بتونی وارد می شوند به لایه سوار شونده متصل شوند. قرار گیری پیچ و مهره های وارد شونده مساله ساز است، چرا که حتی کوچکترین خطاها در مکان یابی آن ها می تواند منجر به دریل دوباره پایه ی تخته شود که این امری وقت گیر است.

بعضی طراحی های دستگاه مولد استفاده از پیچ و مهره های قلابی بتونی را میسر می سازند. این طراحی ها الزام می دارند که نقاط سوار شونده بر اساس محل واقعی نقاط سوار شوند در دستگاه مولد و ایزوله ساز ها قرار گیرند.

لایه ی سوار شونده برای دستگاه مولد باید تراز و صاف باشد تا امکان نصب درست و تنظیم سیستم ایزوله سازی لرزش را ایجاد کند. اطمینان حاصل کنید که لایه سوار شونده از طول، عرض و قطر تراز است.

۲- ۲-۱-۶ ستون (ستون پایه) (Piers (Plinth))

از سوی دیگر، دستگاه مولد می تواند بر روی ستون های بتونی (ستون پایه) که در جهت طولی تخته ی دستگاه مولد قرار گرفته است سوار شود. این آرایش قرارگیری آسان صفحه ی چکه زیر دستگاه مولد را میسر می سازد، و فضای بیشتری را برای سرویس دهی دستگاه مولد در اختیار قرار می دهد. ستون ها باید به صورت فیزیکی به کف متصل شوند.

۳-۱-۶ پایه ی ایزوله سازی لرزش (Vibration Isolating Foundation)

در کاربردهایی که میزان انتقال لرزه به ساختمان بسیار مهم است، سوار کردن دستگاه مولد بر روی پایه ی ایزوله سازی لرزش الزامی است. در این مورد، ملاحظات اضافی ضروری است. شکل ۵۰ در صفحه ی ۱۶۲ یک پایه ی ایزوله سازی لرزش معمول را به تصویر کشیده است.

- وزن (W) پایه باید حداقل دو برابر (و تا ۱۰ – ۵ برابر) وزن دستگاه باشد تا در برابر بار دینامیک مقاومت کند (وزن سوخت در مخزن سوخت زیرپایه نباید در وزن لازم برای پایه ی ایزوله سازی لرزه لحاظ شود، با وجود اینکه ایزوله کننده ها بین مخزن و دستگاه مولد قرار دارند).
- پایه باید حداقل ۶ اینچ (۱۵۰ میلی متر) از تخته در تمامی جهات گسترده تر باشد. این طول و عرض پایه را مشخص می کند.
- پایه باید حداقل ۶ اینچ (۱۵۰ میلی متر) بالای کف قرار گیرد تا سرویس دهی و نگه داری دستگاه مولد را آسان تر کند.
- پایه باید تا زیر خط برفک گسترش یابد تا از جا به جایی جلوگیری شود.
- پایه باید از جنس بتون تقویت شده با قدرت فشردگی ۲۸ روزه حداقل 2500 psi (17236.89 kPa) باشد.
- ارتفاع (h) پایه ی لازم برای دستیابی به وزن (W) مورد نظر را از فرمول $h = \frac{W}{d \cdot l \cdot w}$ به دست آورید.

در حالی که:

d = تراکم بتون – ۱۴۵ پوند بر f^3 (۲۳۲۲ کیلوگرم بر M^3)

W = کل وزن مرطوب دستگاه بر حسب پوند (کیلوگرم)

h = ارتفاع پایه بر حسب فوت (متر)

l = طول پایه بر حسب فوت (متر)

w = عرض پایه بر حسب فوت (متر)

- کل وزن دستگاه مولد، خنک کننده، سوخت، و پایه معمولا منتج به بار متحمل شده خاک (SBL) کمتر از psi 2000 lbs/ft^2 (9800 kg/m^2)(kPa 96) می شود. با وجود این که این مقدار در محدوده ی گنجایش تحمل بار بیشتر خاک ها می باشد، همیشه SBL مجاز را توسط بررسی مقررات محلی و گزارش تحلیل خاک برای ساختمان به دست آورید. به یاد داشته باشید که وزن خنک کننده، روغن، و سوخت (در صورت استفاده) را در زمان انجام محاسبات منظور کنید. SBL را با استفاده ار فرمول زیر به دست آورید:

$$SBL(psi) = \frac{w}{1 \times w \times 144} \qquad SBL(kPa) = \frac{w \times 20.88}{1 \times w}$$

محاسبه ی نمونه (بر حسب واحد های ایالات متحده):

یک دستگاه مولد ۵۰۰ کیلوواتی حدودا ۱۰۰۰۰ پوند (۴۵۴۰ کیلوگرم) وزن مرطوب دارد (بدین منظور که شامل خنک کننده و روغن می شود). ابعاد تخته ۱۰ فوت (۳ متر) طول و ۳,۴ (۱ متر) عرض است.

$l = 3.4 + (2 \bullet 0.5) = 4.4$ فوت

وزن پایه = $2 \bullet 10000 = 20000$ پوند

وزن کل = دستگاه مولد + پایه =$10000 + 20000 = 30000$ پوند

$L = 10 + (2 \bullet 0.5) = 11$ فوت

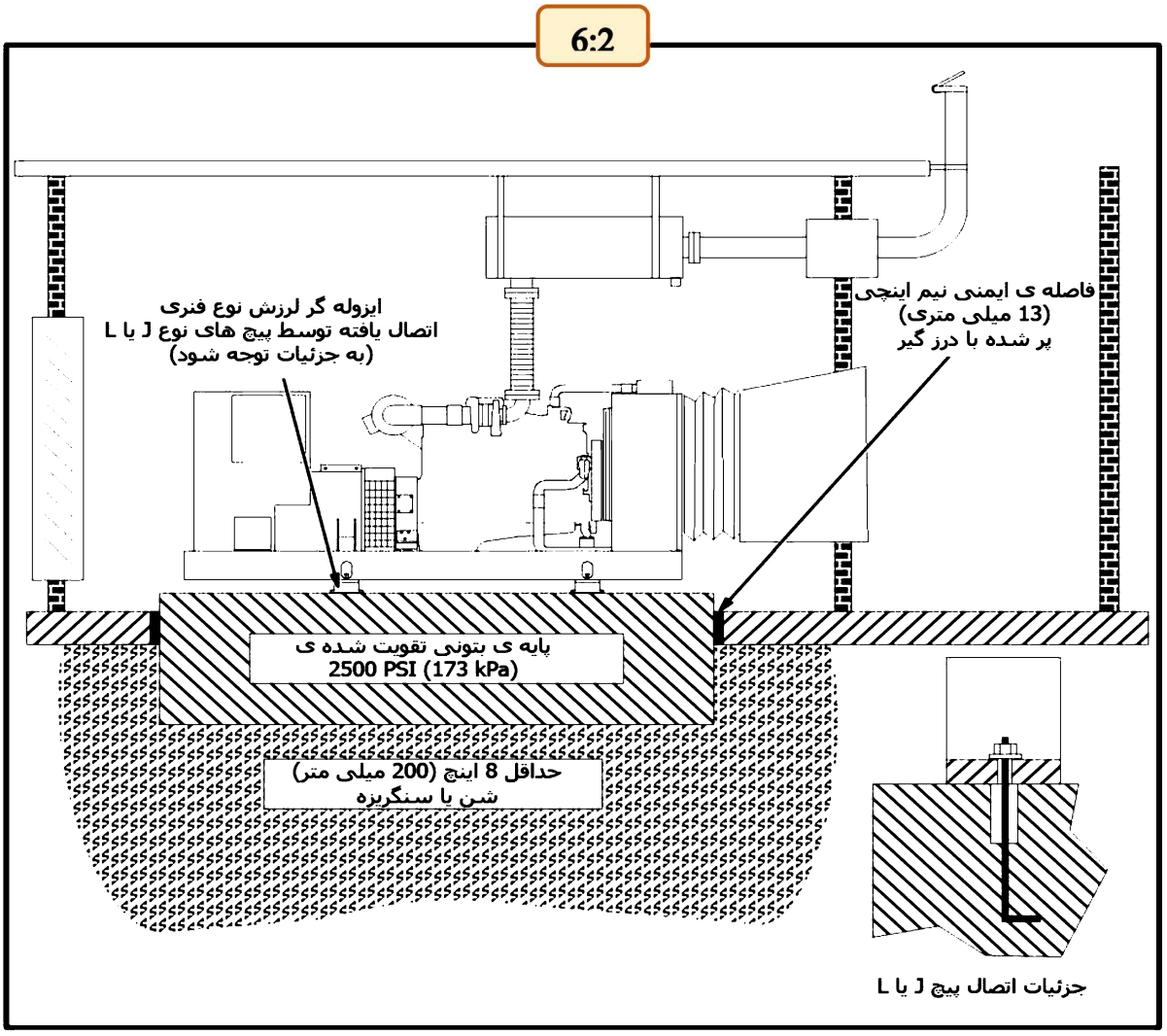
$w = 3.4 + (2 \bullet 0.5) = 4.4$ فوت

وزن پایه = $2 \bullet 10000 = 20000$ فوت

وزن کل = دستگاه مولد + پایه

$= 10000 + 20000 = 30000$ فوت

$SBL = \frac{30000}{11 \bullet 4,4} = 620$ پوند بر مجذور فوت



شکل ۵۰. پایه ی ایزوله ساز لرزش معمول

۶-۱-۴ ایزوله ساز های لرزش (Vibration Isolators)

موتور و دینام یک دستگاه مولد باید در جایی که نصب شده از سازه ی سوار شونده جدا شود. بعضی دستگاه های مولد، خصوصا مدل های kW کوچک تر، از ایزوله کننده های لرزش نئوپرین/لاستیکی استفاده می کنند که بین موتور/دینام و تخته در دستگاه قرار می گیرند. معمولا تخته ی این دستگاه های مولد را می توان به صورت مستقیم به پایه، کف زمین، یا سازه های زیرین پیچ کرد. ممکن است دیگر دستگاه های مولد با طرحی ارائه شده باشند که موتور/دینام را به صورت محکم به مونتاژ تخته وصل کرده باشد. دستگاه های مولدی که شامل ایزوله سازی داخلی نمی شوند باید همراه با ابزار ایزوله سازی لرزش، مثل ایزوله ساز های فنری، لایه ای یا هوا نصب شوند.

نکته: پیچ کردن مستقیم دستگاه مولدی که شامل ایزوله سازهای داخلی نمی شود به زمین یا پایه منجر به نویز و لرزش بیش از حد می شود، و ممکن است به دستگاه مولد، کف، و دیگر ابزار ها صدمه وارد کند. لرزش می تواند از طریق سازه های ساختمان نیز انتقال پیدا کرده و به خود ساختار آسیب وارد کند.

۱- ۴-۱-۶ ایزوله ساز های لایه ای (Pad Isolators)

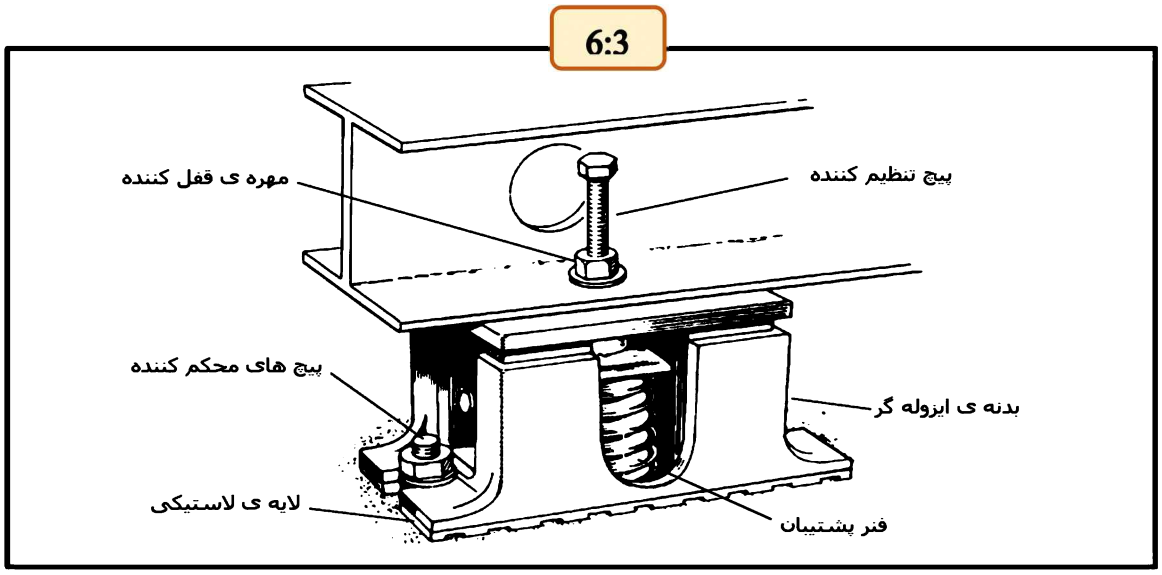
ایزوله سازهای نوع لایه ای از لایه هایی تشکیل می شوند که جنس آن ها از مواد قابل انعطاف است تا سطوح لرزه را در کاربردهای غیر ضروری، مثل grade یا برای دستگاه های مولدی که بر محفظه ی بیرونی خودشان سوار هستند، یا در مواقعی که ایزوله گر های درونی در یک دستگاه مولد استفاده می شوند کاهش دهد. ایزوله سازهای لایه ای از منظر تاثیر گذاری تفاوت دارند، اما حدودا ۷۵٪ موثر می باشند. بسته به نحوه ی ساخت، ممکن است این ایزوله سازها در دماهای مختلف تاثیرگذاری متفاوتی از خود نشان دهند، چرا که در دماهای پایین وسیله ی ایزوله سازی لاستیکی از نظر انعطاف پذیری بسیار ضعیف تر از دمای های بالاتر است.

۲- ۴-۱-۶ ایزوله ساز های فنری (Spring Isolators)

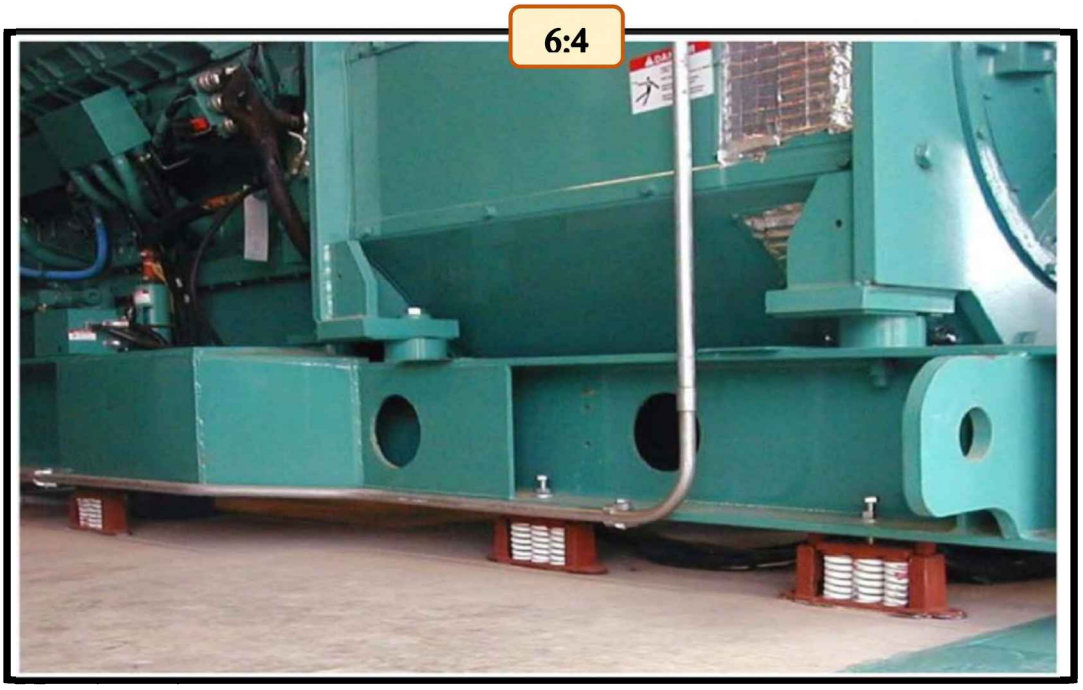
شکل ۵۱ در صفحه ی ۱۶۴ آن دسته از ایزوله ساز لرزش فنری استیلی را نشان میدهد که برای دستگاه های مولد سوار شونده ای الزامی هستند که دارای ایزوله ساز لرزش داخلی نمی شوند. لایه ی لاستیکی پایینی، بدنه ی محافظ، فنر پشتیبان، پیچ تنظیم کننده و مهره ی قفل کننده به تصویر کشیده شده است.

این ایزوله گر های فنری استیلی می توانند تا ۹۸ درصد انرژی لرزشی تولید شده توسط دستگاه مولد را از میان بردارند. ایزوله گر ها را همان گونه که در دستورالعمل های سازنده ی دستگاه مولد نشان داده شده است قرار دهید. ممکن است ایزوله گر ها به صورت متقارن در پیرامون دستگاه مولد قرار نگیرند، چرا که آن ها با در نظر گرفتن مرکز ثقل دستگاه مستقر می شوند. تعداد ایزوله گر های لازم نسبت به درجه بندی های ایزوله گر ها و وزن دستگاه مولد متغیر است. به شکل ۵۲ در صفحه ی ۱۶۴ مراجعه کنید.

هنگامی که دستگاهی بر روی مخزن سوخت زیرپایه ای سوار می شود، نوع ایزوله گرهای لرزش لازم برای محافظت از مخزن سوخت زیرپایه به ساختار مخزن و سطح نیروی لرزش ایجاد شده توسط دستگاه بستگی دارد. معمولا اگر ایزوله گر های لرزش لاستیکی ترکیبی بین دستگاه و تخته نصب شده باشند، ایزوله سازی لرزش اضافی بین دستگاه و مخزن زیر پایه الزامی نمی شود. اگر موتور/دینام به صورتی مستحکم به تخته وصل شده باشد، ایزوله سازی لرزش اضافی بین دستگاه و مخزن زیرپایه مورد نیاز است تا از مخزن سوخت محافظت شده و از ساختمان به خوبی در برابر لرزش محافظت کند. در تمامی موارد، توصیه های سازنده را برای ترکیب خاص دستگاه های مولد و مخزن زیر پایه دنبال کنید.



شکل ۵۱. ایزوله گر لرزش فنر استیلی معمول



شکل ۵۲. دستگاه مولدی سوار بر ایزوله گر های لرزش نوع فنر

ایزوله گر های لرزش نوع فنری باید به درستی انتخاب شده و نصب شوند تا ایزوله سازی موثری داشته باشند. وزن دستگاه مولد باید به اندازه کافی ایزوله گر را فشرده کند تا بدون اینکه ایزوله گر در طول کار از زیر در بیاید فضا برای حرکت وجود داشته باشد. این مساله از طریق انتخاب ایزوله گر ها و تعداد آن ها بر اساس درجه بندی وزن ایزوله گر و وزن کلی دستگاه مولد حل می شود.

در دستگاه های مولدی که از پیچ های Rag (پیچ های L یا J) یا پیچ های Rawl (اتصال بتونی) استفاده می کنند، ایزوله گر باید به لایه ی سوار شونده به خوبی متصل شود.

۳- ۴-۱-۶ ایزوله گر های هوا (Air Isolators)

یک ایزوله گر هوا (یا فنری هوایی) ستونی از گاز محبوس شده در یک محفظه است و بدین منظور طراحی شده است تا از فشار گاز به عنوان ابزار فشار فنر استفاده کند. ایزوله گر های هوا می توانند فرکانس طبیعی پایین تری نسبت به آن چه که به وسیله ی ایزوله گر های الاستومری (لاستیکی) تولید می شود فراهم کنند، و در صورت طراحی خاص این میزان فرکانس از فنرهای استیلی مارپیچ نیز کمتر می شود. آن ها قابلیت متوازن سازی را از طریق تنظیم فشار گاز درون فنر فراهم می کنند.

ایزوله گر های هوا نیاز به نگه داری بیشتری دارند، و محدودیت های دمایی در مورد آن ها در مقایسه با فنرهای مارپیچ بیشتر است. سفتی ایزوله گر های هوا نسبت به فشار هوای آن ها متغیر است و ثابت نیست، همانگونه که سفتی دیگر ایزوله گر ها هم بدین منوال است. در نتیجه، فرکانس طبیعی با بار به اندازه ی دیگر روش های ایزوله سازی تفاوت ندارد. خرابی سیستم فراهم سازی هوا یا نشتی می تواند منجر به از کار افتادگی کامل ایزوله گر شود.

در ایزوله گر های هوا کاهش نسبتا کم است و نسبت کاهش ضروری ۰,۰۵ یا کمتر است. این کاهش به خاطر خمیدگی در دیافراگم یا اصطکاک در دیواره ی کناره، یا با کاهش گاز پیش می آید. ممکن است استفاده از مقاومت جریان باریک (اضافه کردن دهانه به جریان) کاهش را بین سیلندر ایزوله ی هوا و مخزن فراتاخت اتصال دهنده بیشتر کند.

۴- ۴-۱-۶ ایزوله کننده های استفاده شده در مناطق زلزله خیز (Isolators Used in Seismic Locations)

عوامل دیگری باید در مورد ابزاری که در مناطق زلزله خیز نصب شده است در نظر گرفته شود. علاوه بر نقش معمول آن ها در محافظت از ساختمان یا ابزار در برابر لرزه های نشات گرفته از دستگاه، در طول رویداد زلزله ایزوله گر های لرزه باید تضمین کنند که ابزار متصل باقی می مانند و از سازه ای که به آن وصل هستند جدا نمی شوند.

در مناطق زلزله خیز، ایزوله گر های لرزش اغلب بین پایه ی تخته ی دستگاه مولد و سازه ای که به آن وصل است قرار می گیرد. ایزوله گر زلزله خیز باید محبوس باشد، بدین معنی که از حرکات اضافه دستگاه مولد جلوگیری کند و

باید آن قدر قدرتمند باشد که در برابر نیروهای زمین لرزه رخ داده تاب بیاورد. ایزوله گر های لرزش مناسب برای استفاده در این کاربردها از نوع فنر استیلی و لاستیک ترکیبی است.

ایزوله گر های لرزش در صورت نصب بین موتور/دینام و تخته، باید به خوبی موتور/دینام را به تخته متصل کند. معمولا این گونه از ایزوله کننده ها از نوع لاستیک ترکیبی هستند و باید طراحی آن ها از نوع "محبوس" باشد تا به خوبی دستگاه را متصل کند. باید با سازنده یا تامین کننده ی دستگاه جهت تعیین تناسب آن با کاربرد مورد نظر مشورت شود.

هر گاه که وقوع زلزله مطرح است، باید با یک مهندس سازه ی متخصص مشورت کرد.

۶-۱-۵ مقاومت در برابر زلزله (Earthquake Resistance)

دستگاه های مولد تولید نیروی کامینز، در صورت نصب صحیح و چفت شدن، برای استفاده در مناطق معروف به زلزله خیزی مناسب هستند. ملاحظات مخصوص در مورد طراحی برای دستگاه های سوار شده و چفت شده ی تراکم جرم معمول دستگاه های مولد ضروری است. وزن دستگاه مولد، مرکز ثقل، و محل نقاط سوار شدن در شکل های نمای کلی دستگاه های مولد تولید نیروی کامینز مشخص شده اند.

اجزایی از قبیل خطوط پخش برای برق، سرد کننده ها و سوخت باید به گونه ای طراحی شوند که کمترین آسیب را وارد کنند و در صورت وقوع زلزله روند تعمیرات را تسهیل کنند. سوئیچ های انتقال، پنل های پخش، جریان شکن های مدار، و کنترل های مربوط به کاربردهای ضروری باید قادر باشند عملکردهای مشخص خود را در طول تکانه های پیش بینی شده ی زمین لرزه و بعد از ادامه دهند، لذا باید تدارکات خاص در مورد سوار کردن و اتصالات الکتریکی در نظر گرفته شود.

۶-۱-۶ کاهش کشیدگی سیم کشی نیرو و کنترل (Power and Control Wiring Strain Relief)

سیم کشی نیرو و به خصوص سیم کشی کنترل باید به گونه ای نصب شوند که سیم کشی، نه بر روی میله ی سر محور یا انتهای اتصال فیزیکی، بلکه بر روی سازه ی مکانیکی دستگاه مولد یا پنل کنترل پشتیبانی شود. تدارکات در مورد کاهش کشیدگی، همراه با استفاده از سیم کشی کنترل رشته ای به جای سیم کشی تک هسته ای به جلوگیری از خرابی سیم کشی یا اتصالات به دلیل لرزش کمک می کند. به بخش ۳-۵ در صفحه ی ۱۲۳ مراجعه شود.

۶-۲ سیستم اگزوز (Exhaust System)

۶-۲-۱ نکات کلی در مورد سیستم اگزوز (Exhaust System General Guidelines)

وظیفه ی سیستم اگزوز انتقال اگزوز موتور به خارج از ساختمان و پراکنده کردن گازها، دوده و صدای اگزوز به دور از افراد و ساختمان است. سیستم اگزوز باید به گونه ای طراحی شود که فشار عقب به موتور را به حداقل برساند. محدودیت بیش از حد اگزوز منجر به افزایش مصرف سوخت، دمای بالای غیر عادی اگزوز و خرابی های مربوط به دمای بالای اگزوز و دود سیاه بیش از حد می شود.

به شکل ۵۳ در صفحه ی ۱۷۰ و شکل ۵۴ در صفحه ی ۱۷۰ مراجعه شود. در طراحی های سیستم اگزوز باید مسائل زیر را در نظر داشت:

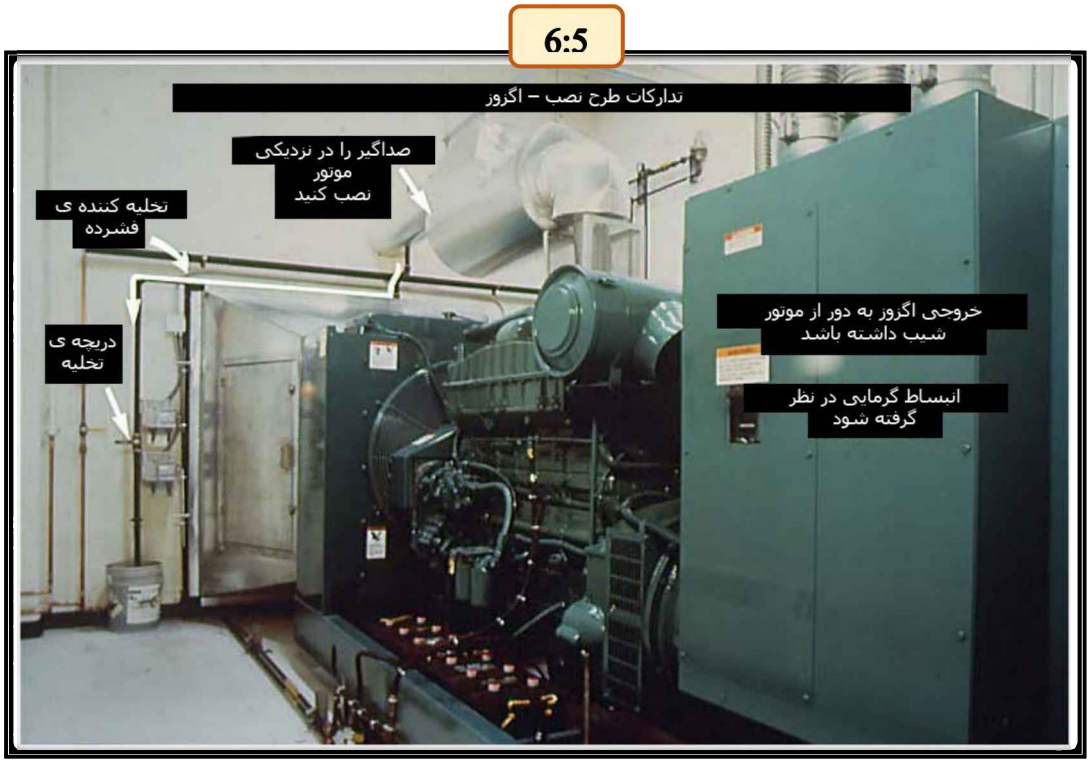
- ممکن است لوله ی آهنی سیاه طرح ۴۰ برای لوله ی اگزوز استفاده شود. دیگر موادی که قابل قبول هستند شامل سیستم های اگزوز استیل ضد زنگ پیش ساخته می شوند.
- لوله ی اگزوز استیل ضد زنگ آجدار بی خط قابل انعطاف که ۲۴ اینچ (۶۱۰ میلی متر) طول دارد باید به خروجی (های) اگزوز موتور متصل باشد تا پخش گرما و حرکت دستگاه مولد و لرزش را در زمانی که دستگاه سوار بر ایزوله گر های لرزش می شود فراهم کند. دستگاه های کوچک تر مجهز به ایزوله سازی لرزش داخلی که به طور مستقیم به کف پیچ می شوند باید به لوله ی اگزوز استیل ضد زنگ آجدار بی خطی وصل شوند که حداقل ۱۸ اینچ (۴۵۷ میلی متر) طول آن باشد. لوله ی اگزوز انعطاف پذیر نباید به منظور ایجاد انحنا یا تصحیح لوله ی اگزوزی که تنظیم نادرستی دارد استفاده شود.
- ممکن است دستگاه های مولد همراه با اتصالات اگزوز رشته ای، اگزوز نوع لغزنده، یا اگزوز نوع کلاهکی ارائه شوند. احتمال این که اتصالات رشته ای و کلاهکی نشت داشته باشند کمتر است، اما نصب آن ها هزینه بر خواهد بود.
- پشتیبان ها یا آویزگرهای قابل احتراق ایزوله شده، نه خروجی اگزوز موتور، باید صداگیر و لوله ها را حمایت کنند. قرار گرفتن وزن بر روی خروجی اگزوز موتور می تواند به لوله ی انشعاب اگزوز موتور آسیب بزند یا عمر توربو چارجر (در صورت استفاده) را کاهش دهد، و امکان دارد باعث شود لرزه های دستگاه مولد به سازه ی ساختمان انتقال پیدا کند. استفاده از پایه در ایزوله گر ها محدودیت بیشتری برای انتقال لرزه به سازه ی ساختمان ایجاد می کند.
- برای کاهش فرسایش نشات گرفته از تراکم، یک صداگیر باید تا حد امکان در نزدیکی موتور قرار گیرد تا سریعا گرم شود. قرار دادن صداگیر در نزدیکی موتور کاهش صدای صداگیر را نیز بهبود می بخشد. محدوده ی انحنای لوله باید تا حد ممکن بلند باشد.

- مجرا و لوله ی اگزوز باید در سرتاسر سیستم اگزوز دارای قطر سطحی یکسانی با خروجی اگزوز موتور باشد (یا از آن بزرگ تر باشد). اطمینان حاصل کنید که لوله دارای قطر کافی برای محدود کردن فشار عقب اگزوز به مقداری باشد که در محدوده ی درجه بندی موتور مورد استفاده است (موتورهای مختلف دارای اندازه اگزوز مختلف و محدودیت های فشار پشت متفاوتی هستند). لوله هایی که دارای قطر کمتر از خروجی اگزوز هستند نباید استفاده شوند. لوله ای که بیش از نیاز بزرگ است به دلیل تراکم بیشتر از لوله های کوچک تر در معرض فرسایش قرار می گیرد. لوله ی بیش از حد بزرگ سرعت گاز اگزوز موجود را نیز، به دلیل پراکندن گازهای اگزوز در بالا و داخل جریان باد خروجی، کاهش می دهد.
- تمامی اجزای سیستم اگزوز موتور باید مجهز به موانعی جهت جلوگیری از تماس های اتفاقی خطرناک باشد. لوله و صداگیر اگزوز باید از منظر گرمایش عایق بندی شده باشند تا از سوختگی به علت تماس اتفاقی و فعال شدن دستگاه ها و آب پاش های تشخیص آتش جلوگیری کرده، و فرسایش ناشی از تراکم و مقدار گرمای ساطع شده به اتاق مولد را کاهش دهد. بست های توسعه دهنده، انشعابات اگزوز موتور و جایگاه توربو چارجر هرگز نباید عایق کاری شوند، مگر اینکه توسط آب خنک شوند. انشعابات و توربو چارجرهای عایق بندی شده ی اگزوز می توانند منجر به ایجاد دماهایی در مواد شوند که توربو چارجر و انشعاب را از بین ببرد، خصوصا در کاربردهایی گه موتور به مدت طولانی ای کار می کند. قرار دادن لوله های اگزوز در حداقل ۸ فوتی (۲,۳ متری) بالای کف زمین به جلوگیری از تماس اتفاقی با سیستم اگزوز نیز کمک می کند.
- مسیر لوله کشی اگزوز باید حداقل ۹ اینچ (۲۳۰ میلی متر) از سازه های قابل احتراق فاصله داشته باشد. در مواردی که لوله کشی اگزوز باید از دیواره ها یا سقف قابل اشتعال گذر کند ا انگشتانه های تایید شده استفاده کنید (به شکل ۵۵ و ۵۶ در صفحه ی ۱۷۱ مراجعه شود).
- مسیر خروجی سیستم اگزوز نیز باید با دقت بررسی شود. اگزوز هرگز نباید به سمت سقف ساختمان یا سطوح قابل اشتعال معطوف شود. اگزوز یک موتور دیزلی داغ است و دارای دوده و دیگر آلاینده هایی است که ممکن است به سطوح محیط بچسبند.
- اگزوز را دور از ورودی های تهویه نصب کنید و خروجی آن را نیز دور از این ورودی ها قرار دهید.
- اگر نویز عامل مهمی است، خروجی اگزوز را دور از مکان های مهم قرار دهید.
- هنگام افزایش دمای گاز اگزوز به ازای هر ۱۰۰ درجه فارنهایت بیشتر از دمای محیط، لوله ی اگزوز (استیل) به ازای هر فوت لوله ۰,۰۰۷۶ اینچ گسترده تر می شود (۱و۱۴ میلی متر به ازای هر متر لوله در افزایش دمای ۱۰۰ درجه سانتی گرادی). لازم است که از بست های گسترشی اگزوز برای پوشش دادن گستردگی ها در لوله های بلند و راست استفاده شود. بست های گسترشی باید حمایت شوند تا گستردگی به سمتی دور از دستگاه مولد رخ دهد. برای موتورهای استفاده شده، دماهای اگزوز توسط سازنده ی دستگاه مولد یا موتور ارائه شده اند.

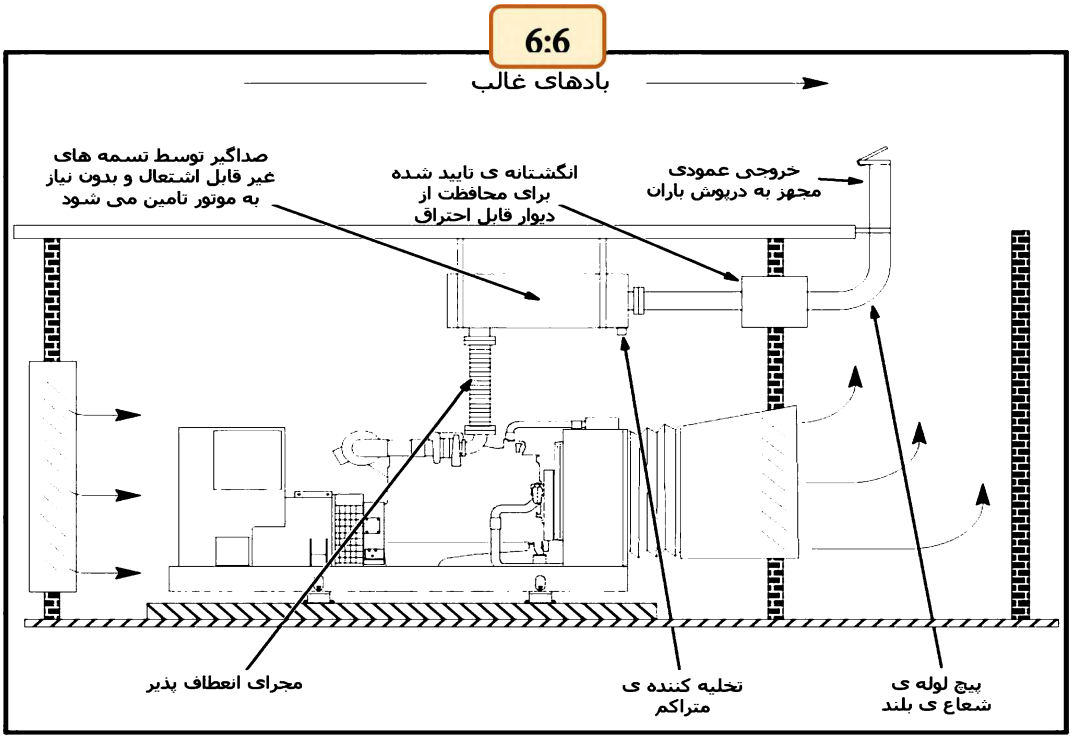
- مسیرهای افقی لوله کشی اگزوز باید شیبی رو به پایین و به دور از موتور داشته باشند و به بیرون یا محفظه ای چگالیده شده منتهی شوند.
- در جاهایی که لوله کشی چرخش دارد تا به صورت عمودی بالا رود، محفظه و درپوش ناودان چگالیده شده ای باید مورد استفاده قرار گیرد. محفظه های چگالیده شده نیز باید به صداگیر مجهز شوند. رویه های نگه داری برای دستگاه های مولد باید شامل زدودن مرتب چگالیدگی از سیستم اگزوز شوند.
- باید تدارکاتی برای جلوگیری از ورود باران به سیستم اگزوز یک موتور که در حال کار نیست در نظر گرفته شود. ممکن است این رویه شامل درپوش باران یا محفظه ی اگزوز (شکل ۵۷ و ۵۸ در صفحه ۱۷۲) بر روی خروجی های عمودی اگزوز شود. خروجی های افقی اگزوز نیز باید در زاویه ای بریده شوند و توسط برداسکرین محافظت شوند. ممکن است درپوش های باران در محیط های سرد یخ ببندند و بسته شوند، و موتور را غیر فعال کنند، لذا دیگر ابزارهای محافظتی برای چنین محیط هایی مناسب تر هستند.
- دستگاه مولد نباید به سیستم اگزوزی که به دیگر تجهیزات سرویس می دهد، مثل دیگر دستگاه های مولد، وصل باشد. دوده، میعان فرسوده، و دمای بالای گاز اگزوز می توانند به وسایلی که در حال کار نیستند ولی از سیستم اگزوز مشترکی استفاده می کنند صدمه بزند.
- فشار عقب اگزوز نباید از فشار عقب مشخص شده توسط سازنده ی موتور تجاوز کند. فشار عقب بیش از حد اگزوز نیرو و عمر موتور را کاهش داده و ممکن است به دمای بالا و دود بیش از حد اگزوز منجر شود. فشار عقب اگزوز موتور باید قبل از نهایی شدن طرح سیستم اگزوز تخمین زده شود، و قبل از قرار گرفتن دستگاه در محل کار، فشار باید در خروجی اگزوز در حین کار کردن با بار کامل سنجیده شود.
- برای دستیابی به اطلاعات بیشتر در مورد صداگیر های اگزوز و عوامل موثر در انتخاب چنین دستگاه هایی به عملکرد صداگیر اگزوز در دیگر قسمت های این بخش مراجعه کنید.

اخطار: اگزوز موتور دارای دوده و کربن مونواکسید، گازی نامرئی، بدون بو ولی سمی، است. سیستم اگزوز باید به بیرون ساختمان در محلی که گازهای خروجی از ساختمان و ورودی های هوای آن دور است منتهی شود. توصیه می شود که سیستم اگزوز تا حد امکان بالای ساختمان در مسیر باد قرار گیرد تا دود را مستقیما به سمت بالا خالی کند و پراکندگی گاز به حداکثر برسد. اگزوز باید در سمت خروجی هوای رادیاتور ساختمان عمل پراکندگی گازها را انجام دهد تا احتمال کشیده شدن گازها و دوده ی اگزوز به اتاق مولد از طریق هوای تهویه شده کاهش دهد.

نکته: بعضی مقررات مشخص کرده اند که خروجی اگزوز حداقل ۱۰ فوت (سه متر) از محدوده ی مالکیت، سه فوت (۱ متر) از دیوار بیرونی یا سقف، ۱۰ فوت (۳ متر) از ورودی ساختمان بیرون تر باشد و حداقل ۱۰ فوت (۳ متر) از grade متصل بالاتر قرار گیرد.



شکل ۵۳. شاخصه های معمول سیستم اگزوز برای مولدی که در داخل ساختمان نصب شده است.

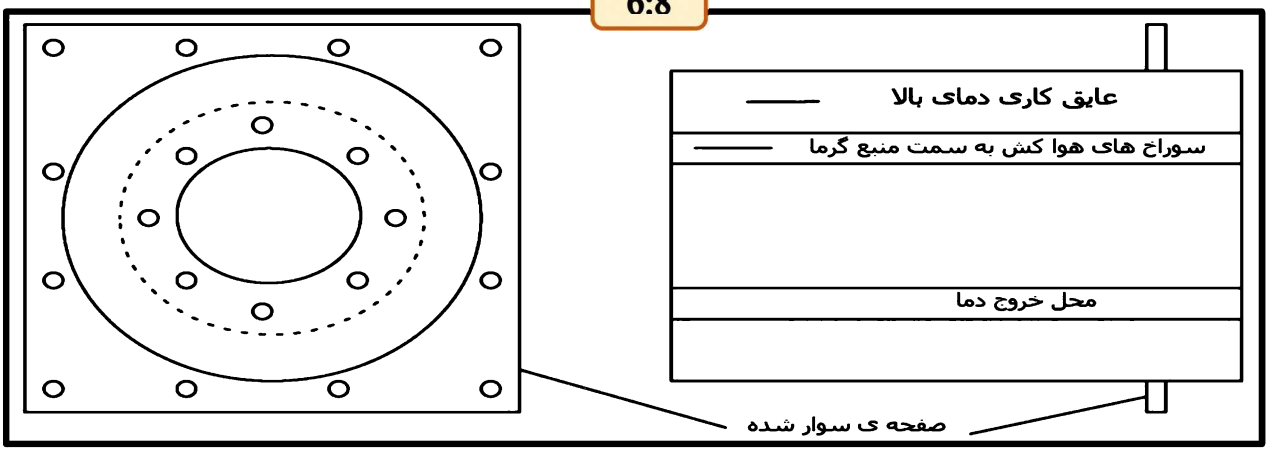


شکل ۵۴. سیستم اگزوز معمول

6:7

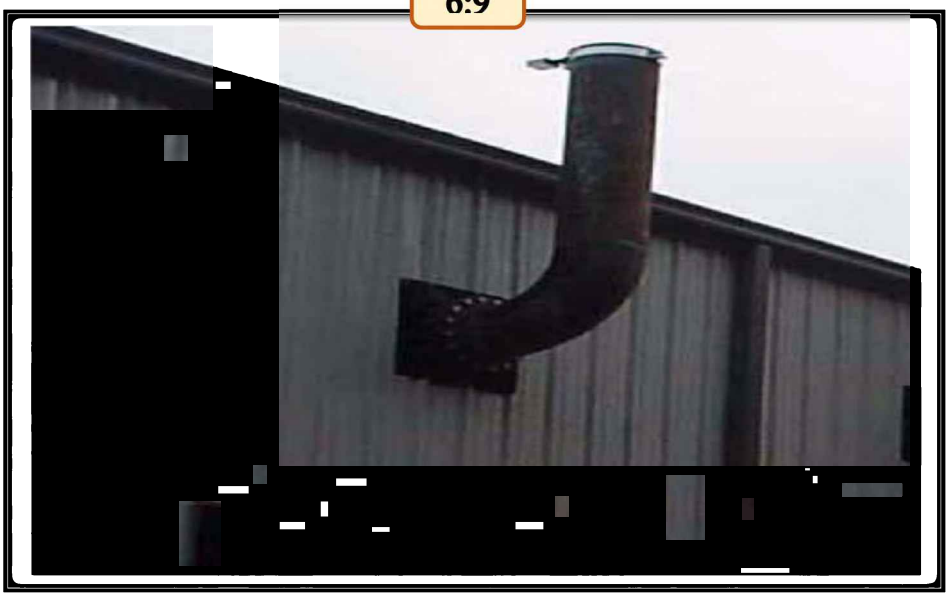
شکل ۵۵. شاخصه های سیستم اگزوز دستگاه مولد. صداگیر دو طرفه ی دهانه ورودی، اتصال دهنده های سیم برق، انگشتانه های اگزوز، و قلّاب های سوار شونده به تصویر کشیده شده اند.

6:8



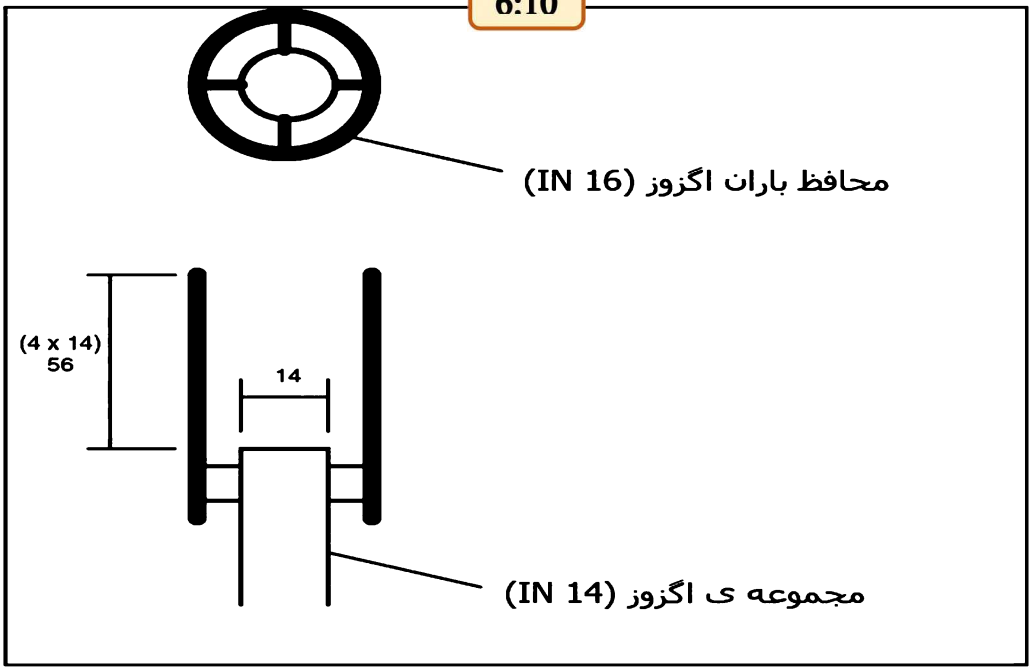
شکل ۵۶. ساختار معمول انگشتانه برای نصب دیوار قابل اشتعال

6:9



شکل ۵۷. سیستم اگزوز ساده که بر روی آن دریچه ی باران نصب شده تا از ورود باران به اگزوز جلوگیری کند.

6:10



شکل ۵۸. حفاظ باران ساخته شده برای چندین اگزوز دستگاه مولد عمودی

۶-۲-۲ محاسبات سیستم اگزوز (Exhaust System Calculations)

۶-۲-۲-۱ محاسبات نمونه فشار عقب اگزوز (بر حسب واحدهای ایالات متحده)
Example Exhaust Backpressure Calculation (US Units)

طرح یک سیستم اگزوز در شکل ۵۹ در صفحه ی ۱۷۶ لوله ی قابل انعطافی به قطر ۵ اینچ (۱۲۵ میلی متر) و طول ۲۴ اینچ (۶۱۰ میلی متر) در خروجی اگزوز موتور، و همچنین یک صداگیر grade ضروری با ورودی ای به قطر ۶ اینچ (۱۵۰ میلی متر)، لوله ای به طول ۲۰ فوت (۶۱۰ متر) که قطر آن ۶ اینچ (۱۵۰ میلی متر) است، و زانویی شعاع بلند آن که ۶ اینچ (۱۵۰ میلی متر) است را مشخص کرده است. برگه مشخصات دستگاه مولد نشان می دهد که جریان گاز اگزوز موتور 2715 cfm (فوت مکعب بر دقیقه)(۷۶,۹ متر مکعب بر دقیقه) است و حداکثر فشار عقب مجاز اگزوز ۴۱ اینچ (۱۰۴۰ میلی متر) WC (ستون آب) است.

این رویه شامل تعیین فشار عقب اگزوز نشات گرفته از هر عامل (مجراهای انعطاف پذیر، صداگیر، زانویی ها، و لوله ها) و سپس مقایسه ی جمع فشار های عقب با حداکثر فشار عقب مجاز می شود.

۱. فشار عقب اگزوز نشات گرفته از صداگیر را مشخص کنید. شکل ۶۰ در صفحه ی ۱۷۷ تصویری از فشار عقب های اگزوز صداگیر معمول است. برای محاسبات دقیق اطلاعات را از سازنده ی صداگیر دریافت کنید. برای استفاده از شکل ۶۰ در صفحه ی ۱۷۷:

a. ناحیه ی بین بخشی ورودی صداگیر را با استفاده از جدول ۱۳ در صفحه ی ۱۷۴ پیدا کنید (در این مثال مقدار آن ۰,۱۹۶۳ فوت مربع است).

b. میزان جریان گاز اگزوز را از سازنده ی موتور دریافت کنید. در این مثال 2715 cfm داده شده است.

c. سرعت گاز اگزوز را با تقسیم جریان گاز اگزوز (cfm) بر ناحیه ی ورودی صداگیر، بر حسب فوت در دقیقه به صورت زیر به دست آورید:

$$\text{سرعت گاز} = \frac{2715 \text{ cfm}}{0.1963\ ft^2} = 13831 \text{ fpm}$$

d. با استفاده از شکل ۶۰ در صفحه ی ۱۷۷ فشار عقب پیش آمده توسط این جریان در صداگیر استفاده شده را تعیین کنید. در این مثال، خطوط تیره در شکل ۶۰ در صفحه ی ۱۷۷ نشان گر این نکته هستند که صداگیر grade ضروری فشار عقبی برابر با ۲۱,۵ اینچ W.C. ایجاد می کند.

a. ۲۰ فون لوله ی ۶ اینچی 20 ft

۲. طول های برابر تمامی ابزار و بخش های مجرای قابل انعطاف را با استفاده از جدول ۱۴ در صفحه ی ۱۷۵ بیابید.
   a. مجرای قابل انعطاف ۲۴ اینچ – 4 ft
   b. زانویی شعاع بلند ۶ اینچی – 11 ft
۳. فشار عقب را در جریان اگزوز داده شده بر حسب واحد طول لوله به ازای هر شعاع لوله ی سطحی استفاده شده در سیستم بیابید. در این مثال، لوله ی ۵ اینچ و شش اینچ سطحی استفاده شده است. طبق خطوط تیره در شکل ۶۱ در صفحه ی ۱۷۰، لوله ی ۵ اینچی فشار عقبی در حدود ۰,۳۴ اینچ WC به ازای فوت و لوله ی ۶ اینچی فشار عقب ۰,۱۳۸ اینچ WC بر حسب فوت به وجود می آورد.
۴. کل فشار عقب های تمامی عوامل مثال را همانند مثال زیر جمع کنید:
   a. مجرای انعطاف پذیر ۵ اینچ (4 • 0.34) – ۱,۴
   b. زانویی شعاع بلند (11 • 0.138) – ۱,۵
   c. لوله ی ۶ اینچی ۲۰ فوتی (20 • 0.138) – ۲,۸
   d. صداگیر – ۲۱,۵
   محدودیت کل (اینچ WC) – ۲۷,۲

این محاسبه نشان گر این نکته است که طرح لوله کشی از منظر فشار عقب اگزوز مناسب است چرا که جمع فشار عقب ها کمتر از حداکثر فشار عقب مجاز ۴۱ اینچ WC است.

نکته: در موتورهایی که از دو اگزوز بهره می برند، جریان اگزوز همان طور که در برگه مشخصات دستگاه مولد تولید نیروی کامینز آمده است جریان کل هر دو ردیف می باشد. مقادیر لیست شده باید بر ۲ تقسیم شوند تا محاسبه ی درست برای هر دو سیستم اگزوز به دست آید.

جدول ۱۳. ناحیه های بین بخشی ورودی با قطر های متفاوت

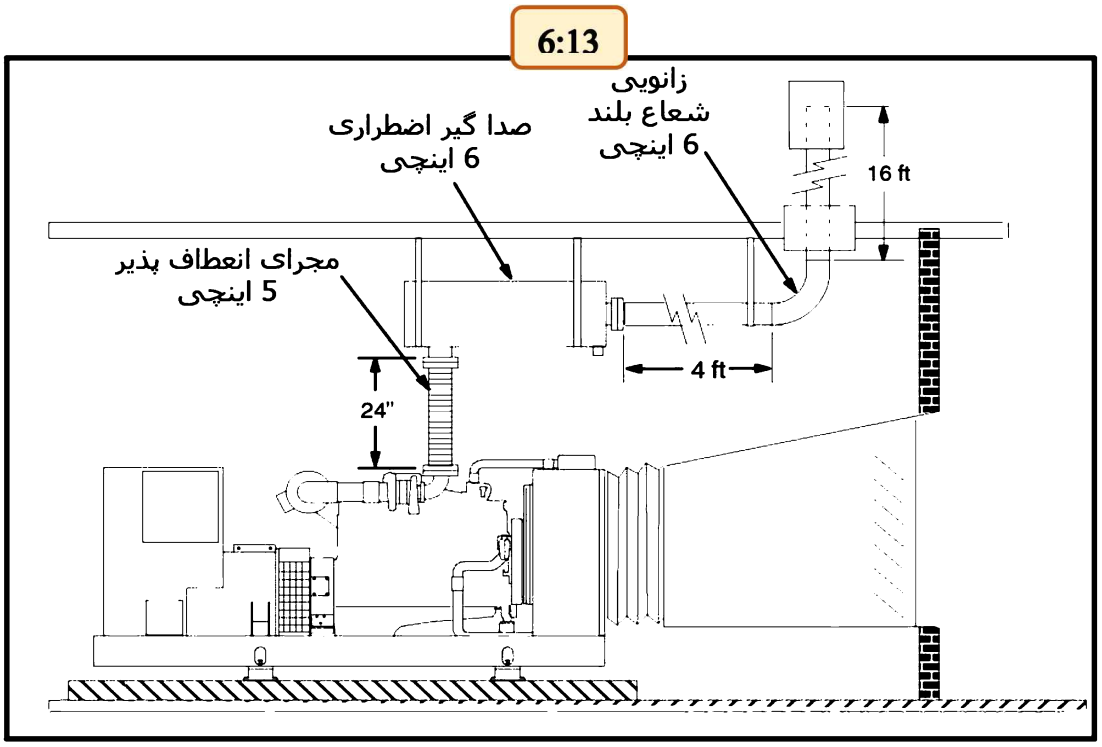
6:11

ناحیه ی ورودی صدا گیر (FT^2)	قطر ورودی صدا گیر (اینچ)	ناحیه ی ورودی صدا گیر (FT^2)	قطر ورودی صدا گیر (اینچ)
0.3491	8	0.0218	2
0.5454	10	0.0341	2.5
0.7854	12	0.0491	3
1.069	14	0.0668	3.5
1.396	16	0.0873	4
1.767	18	0.01363	5
		0.01963	6

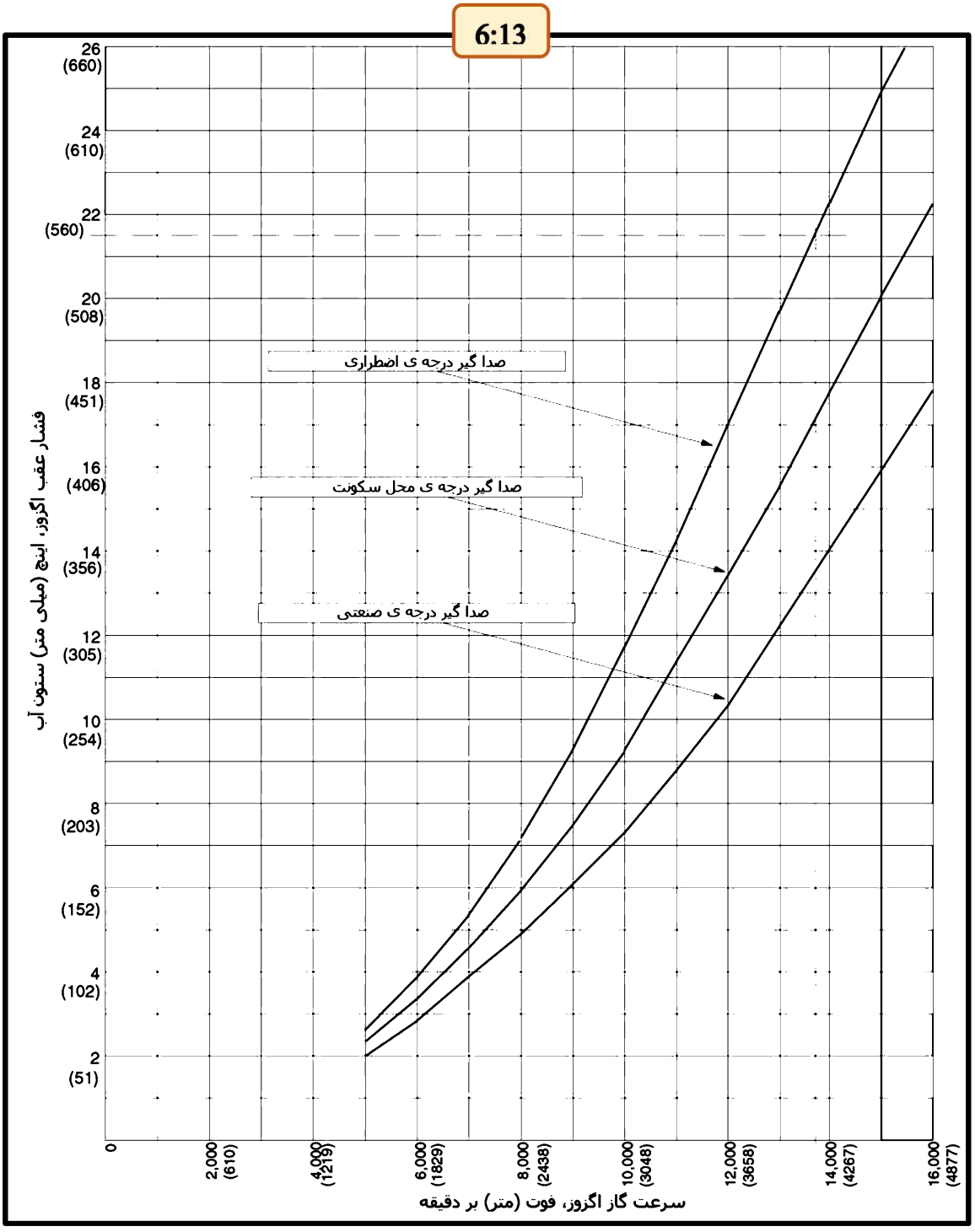
جدول ۱۴. طول هی برابر ابزار لوله بر حسب فوت (متر)

6:12

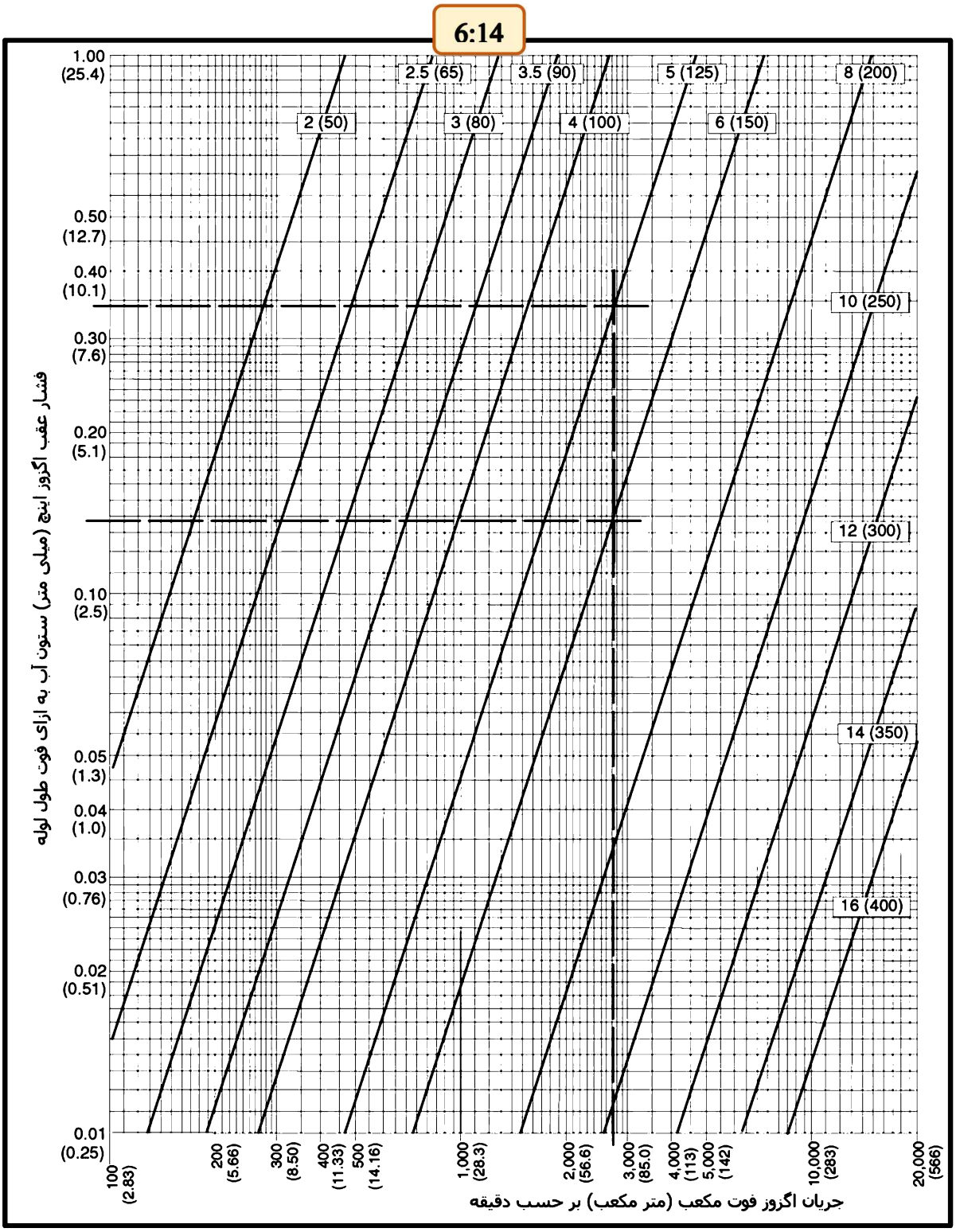
Type of fitting	NOMINAL INCH (MILLIMETER) PIPE SIZE												
	2 (50)	2-1.2 (65)	3 (80)	3.5 (90)	4 (100)	5 (125)	6 (150)	8 (200)	10 (250)	12 (300)	14 (350)	16 (400)	18 (450)
90^0Standard Elbow	5.2 (1.6)	6.2 (1.9)	7.7 (2.3)	9.6 (2.9)	10 (3.0)	13 (4.0)	15 (4.6)	21 (6.4)	26 (7.9)	32 (۹،۸)	37 (11.3)	42 (12.8)	47 (14.3)
90^0Medium Radius Elbow	4.6 (1.4)	5.4 (1.6)	6.8 (2.1)	8 (2.4)	9 (2.7)	11 (3.4)	13 (4.0)	18 (5.5)	22 (6.7)	26 (7.9)	32 (9.8)	35 (10.7)	40 (12.2)
90^0 Long Radius Elbow	3.5 (1.14)	4.2 (1.3)	5.2 (1.6)	6 (1.8)	6.8 (2.1)	8.5 (2.6)	10 (3.0)	14 (4.3)	17 (5.2)	20 (6.1)	24 (7.3)	26 (7.9)	31 (9.4)
45^0 Elbow	24 (0.7)	2.9 (0.9)	3.6 (1.1)	4.2 (1.3)	4.7 (1.4)	5.9 (1.8)	7.1 (2.2)	6 (1.8)	8 (2.4)	9 (2.7)	17 (5.2)	19 (5.8)	22 (6.7)
TEE, side inlet or outlet	10 (0.9)	12 (3.7)	16 (4.9)	18 (5.5)	20 (6.1)	25 (7.6)	31 (9.4)	44 (13)	56 (17)	67 (20)	78 (23.8)	89 (27.1)	110 (33.5)
18 inch flexible tube	3 (۰،۹)	3 (۰،۹)	3 (۰،۹)	3 (۰،۹)	3 (۰،۹)	3 (۰،۹)	3 (۰،۹)	3 (۰،۹)	3 (۰،۹)	3 (۰،۹)	3 (۰،۹)	3 (0.9)	3 (0.9)
٢٤ inch Flexible Tube	٤ (۱،۲)	4 (۱،۲)	4 (۱،۲)	4 (۱،۲)	4 (۱،۲)	4 (۱،۲)	4 (۱،۲)	4 (۱،۲)	٤ (1.2)	4 (1.2)	4 (1.2)	4 (1.2)	4 (1.2)



شکل ۵۹. سیستم اگزوز نمونه برای محاسبه



شکل ۶۰. فشار عقب اگزوز صداگیر معمول در برابر سرعت گاز



شکل ۶۱. فشار عقب اگزوز در برابر قطر لوله ی اینچ (میلی متر) سطحی

۶-۳ خنک کردن موتور (Engine Cooling)

خنک کردن موتورهایی که توسط مایعات سرد می شوند از طریق پمپاژ مخلوطی سرد کننده در مجراهای درون بلوک و راس(های) سیلندر موتور انجام می شود، در حالی که پمپاژ توسط یک پمپ موتوری صورت می گیرد. رایج ترین پیکر بندی دستگاه مولد رادیاتوری متصل و پروانه ای موتوری برای خنک کردن مایع سرد کننده و تهویه هوای اتاق مولد دارد. روش های دیگر برای خنک کردن سرد کننده شامل انتقال گرمای مایع به مایع سوار بر تخته، رادیاتور راه دور، انتقال گرمای مایع به مایع از راه دور، و پیکر بندی های دکل سرد کننده می شود.

۶-۳-۱ لازمه ها (Requirements)

۶-۳-۱ - ۱ تمامی سیستم ها (All Systems)

- مخلوطی از آب کیفیت بالا و اتیلین گلیکول یا پروپلین گلیکول برای خنک سازی متناسب و محافظت از یخ زدگی/جوش آمدن استفاده شود. (بخش ۶-۳-۷ در صفحه ی ۲۱۰)
- هیترهای سرد کننده باید در کاربردهای اضطراری/استندبای نصب شوند تا از شروع موتور متناسب تضمین حاصل شود (در مناطق مرطوب اختیاری است، مگر اینکه توسط قوانین محلی اجباری باشد) (بخش ۴-۵-۸-۲ در صفحه ی ۹۶)
- در مسیر شلنگ هیتر سرد کننده نباید حلقه ای وجود داشته باشد، و شلنگ باید به صورت ممتد بالا برود (بخش ۴-۵-۸-۲ در صفحه ی ۹۶)
- اتصالات هیتر سرد کننده باید با استفاده از سیلیکون مرغوب ساخته شده باشد یا از شلنگ بافته شده استفاده شود (بخش ۴-۵-۸-۲ در صفحه ی ۹۶)
- در زمان کار دستگاه مولد هیتر سرد کننده خاموش شود (بخش ۴-۵-۸-۲ در صفحه ی ۹۶)
- سیستم خنک سازی به صورتی طراحی شود که با ارتفاع منطقه ی نصب و دمای محیط سازگار باشد (بخش ۶-۳-۸ در صفحه ی ۲۱۲)
- رادیاتور و دیگر ابزار حساس باید در برابر کثیفی و گرد و خاک محافظت شود (بخش ۶-۳-۱۰ در صفحه ی ۲۱۵)
- فلکه های به روشنی علامت گذاری شوند تا "باز" و "بسته" مشخص شده باشد. (بخش ۶-۳-۱۱ در صفحه ی ۲۱۵)
- دسترسی برای تمیز کردن و سرویس کل ابزار فراهم شده باشد (بخش ۶-۳-۱۱ در صفحه ی ۲۱۵)
- برای استفاده های سیار، باید تدارکات لازم جهت دوام و توان ابزار در نظر گرفته شود (بخش ۶-۳-۱۲ در صفحه ی ۲۱۶)

۲- ۱-۳-۶ تمامی نصب های انتقال گرما (All Heat Exchanger Installations)

- نصب باید درجه جریان، فشار و محدودیت های دمایی آب خالص که در برگه ی اطلاعات دستگاه مولد آورده شده است را بر آورده سازد.
- آب خالص باید در برابر انجماد محافظت شود.
- قبل از طراحی یا نصب سیستمی که از ذخیره های آب شهری، رودخانه، و یا دیگر منابع آب عمومی تغذیه می شود یا پس مانده هایش را به آن منابع پس میدهد، باید به قوانین محلی رجوع کرد.
- نصب باید سیستم تهویه دستگاه مولد مناسبی داشته باشد.

۳- ۱-۳-۶ تمامی نصب های سیستم سرد کننده ی فراهم شده ی غیر کارخانه ای (All Non-Factory Supplied Cooling System Installations)

- در صورت قرار گرفتن در پشت رادیاتور آب پوششی مجهز به یک پروانه، رادیاتور دمای پایین خنک سازی ثانوی (LTA) باید در خلاف جهت جریان هوا قرار گیرد تا به هوای سرد دسترسی داشته باشد (به بخش ۴-۳-۶ در صفحه ی ۱۸۴ مراجعه شود).
- سیستم های 2P2L باید شیر منحرف کننده ی ترموستاتی و چرخه ی فرعی داشته باشند تا دمای شیر انشعاب ورودی را تنظیم کنند (به بخش ۴-۳-۶ در صفحه ی ۱۸۴ مراجعه شود).
- نصب های خنک سازی راه دور باید سیستم تهویه اتاق دستگاه مولد مناسبی داشته باشند (به بخش ۶-۳-۶ در صفحه ی ۱۹۲ مراجعه شود).
- سیستم ها باید به گونه ای طراحی شوند که:

– دمای خروجی سرد کننده ی موتور را به مقدار حداکثر دمای مخزن بالایی لیست شده در برگه اطلاعات دستگاه مولد محدود کنند (به بخش ۲-۶-۳-۶ در صفحه ی ۱۹۸ مراجعه شود).

– راس سرد کننده ی مثبتی را در پمپ سرد کننده ی موتور حفظ کنند (به بخش ۲-۶-۳-۶ در صفحه ی ۱۹۸ مراجعه شود).

– در محدوده ی راس اصطکاک و ایستای پمپ سرد کننده قرار بگیرند (به بخش ۳-۶-۳-۶ در صفحه ی ۲۰۰ مراجعه شود).

- سیستم های LTA باید لازمه های مدار خنک سازی ثانوی لیست شده در برگه ی اطلاعات دستگاه مولد را بر طرف سازند (به بخش ۲-۶-۳-۶ در صفحه ی ۱۹۸ مراجعه شود).
- بار های الکتریکی پروانه ی رادیاتور راه دور، پروانه های تهویه، پمپ های سرد کننده و دیگر ابزارها را به لازمه ی کلی بار دستگاه مولد اضافه کنید (به بخش ۲-۶-۳-۶ در صفحه ی ۱۹۸ مراجعه شود).

- خطوط سرد کننده باید مجراهای استیل سفت یا لوله ی طرح ۴۰ باشند که به خوبی طراحی شده باشند (به استثنا لازمه های اتصالی که جزئیات آن در پایین آمده است) (به بخش ۳-۶-۳-۶ در صفحه ی ۲۰۰ مراجعه شود).
- لوله کشی خنک سازی بیرون موتور باید برابر یا بزرگ تر از اتصالات ورودی و خروجی موتور باشد (به بخش ۳-۶-۳-۶ در صفحه ی ۲۰۰ مراجعه شود).
- لوله کشی و اتصالات خنک سازی خروجی باید قبل از اتصال به دستگاه مولد تمیز شوند (به بخش ۳-۶-۳-۶ در صفحه ی ۲۰۰ مراجعه شود).
- باید جهت افزایش دمای مجراها/لوله های خنک سازی تدارکاتی ترتیب داده شود (به بخش ۳-۶-۳-۶ در صفحه ی ۲۰۰ مراجعه شود).
- اتصالات سیستم باید به گونه ای طراحی شوند که (به بخش ۳-۶-۳-۶ در صفحه ی ۲۰۰ مراجعه شود):
  - با فشارها و دماهای خنک سازی سازگار باشند.
  - در برابر لرزش ناشی از عملیات موتور و حرکت در طول شروع و خاموشی دوام بیاورند.
- شلنگ اتصال در صورت استفاده باید با SAE J20R1 یا برابر آن مطابقت داشته و برای فشار انفجاری حداقل 75 psi (518 kPa) و دمای ۴۰- درجه فارنهایت (۴۰- درجه سانتی گراد) تا ۲۵۰ درجه فارنهایت (۱۲۱ درجه سانتی گراد) درجه بندی شده باشد. قابلیت فشار انفجاری 100 psi (691 kPa) برای کاربردهای رادیاتور بالای راس توصیه می شود(به بخش۳-۶-۳-۶ در صفحه ی ۲۰۰ مراجعه شود)
- شلنگ اتصال سمت مکش پمپ خنک سازی موتور باید در برابر افت نیرو مقاومت کند. شلنگ SAE J20R1 این لازمه را در موتورهای دیزل کاربرد سنگین دارا می باشد (به بخش ۳-۶-۳-۶ در صفحه ی ۲۰۰ مراجعه شود).
- اتصالات شلنگ خنک سازی باید با پیچ های T یا چفت های پیچی دائمی محکم شوند. چفت های نوع پیچی کرمی قابل قبول نیستند. اگر از مجراهای استیلی سفت استفاده می شود، آن ها باید راس داشته باشند (به بخش ۳-۶-۳-۶ در صفحه ی ۲۰۰ مراجعه شود).
- سیستم باید در عرض ۲۵ دقیقع از زمان در حال کار پس از پر شدن باید خود را از هوای حبابی بزداید (به بخش ۶-۶-۳-۶ در صفحه ی ۲۰۵ مراجعه شود).
- مخزن تخلیه هوا باید (به بخش ۶-۶-۳-۶ در صفحه ی ۲۰۵ مراجعه شود) :
  - در بالاترین نقطه ی سیستم قرار گیرد.
  - گنجایش حداقل ۱۷٪ حجم خنک کننده ی سیستم کلی (۱۱٪ گنجایش پایین رفتن سطح آب، ۶٪ افزایش گرما) را داشته باشد.
  - به موارد زیر مجهز باشد:
    - درپوش پر کردن/فشار

- باریکه ی پر کردن با سوراخی به شعاع حداقل ۰,۱۲۵ اینچ (۳ میلی متر) در یک سمت، که تا حد ممکن به بالای مخزن نزدیک است.
- سوئیچ خاموش کردن سطح خنک سازی پایین (برای موتور های ۹ لیتری و بالاتر).
- دارای خطوط تهویه متصل باشد که بالای سطح خنک ساز باشند.
- برای هر خط تهویه نقطه ی اتصال جدا داشته باشد. خطوط تهویه را به هم متصل نکنید.

- پوشش خنک کننده ی موتور و هر نقطه ی بالایی در سیستم لوله کشی باید به سمت مخزن تخلیه هوا تهویه شود (به بخش ۶-۶-۳-۶ در صفحه ی ۲۰۵ مراجعه شود).
- باید در مورد مکان تهویه ی پوششی خنک سازی و اندازه ی اتصالات در طرح نصب دستگاه مولد با متخصصین مشورت شود (به بخش ۶-۶-۳-۶ در صفحه ی ۲۰۵ مراجعه شود).
- خطوط تهویه باید تا مخزن تخلیه هوا به طور ممتد به سمت بالا بروند. چرخش/فرورفتگی باعث می شود هوا گیر کند و این مساله قابل اغماض نیست. خطوط نباید در هیچ کجای مسیر تحت فشار قرار گرفته یا منقبض شده باشد (به بخش ۶-۶-۳-۶ در صفحه ی ۲۰۵ مراجعه شود).
- اگر شیرهای تهویه که عمل تهویه سازی را به جو انجام می دهند مورد استفاده قرار گیرند، گنجایش پایین رفتن سطح آب باید از ۱۱٪ به ۱۴٪ افزایش پیدا کند (کل گنجایش مخزن از ۱۷٪ به ۲۰٪ افزایش پیدا کند) (به بخش ۶-۶-۳-۶ در صفحه ی ۲۰۵ مراجعه شود).
- سیستم باید قادر باشد در مرتبه ی اول حداقل ۹۰٪ گنجایش را در حداقل میزان 5 gpm (۲۰ لیتر بر دقیقه) پر کند، و سپس آن را به ۱۰۹٪ برساند (به بخش ۶-۶-۳-۶ در صفحه ی ۲۰۵ مراجعه شود).
- سیستم باید به خط پر کننده ای مجهز باشد (به بخش ۶-۶-۳-۶ در صفحه ی ۲۰۵ مراجعه شود):
  - خط باید مستقیما از پایین مخزن تهیه هوا به بخش صاف لوله کشی داخلی پمپ خنک سازی موتور در نزدیکی موتور کشیده شده باشد.
  - خط باید از لوله ی ورودی موتور به مخزن تخلیه هوا به صورت ممتد کشیده شده باشد.
  - هیچ خط دیگری نباید به خطوط پر کننده کشیده شده باشد.
- هر دستگاه مولد باید سیستم خنک سازی مخصوص خود را داشته باشد. چندین دستگاه مولد را به یک سیستم خنک سازی وصل نکنید (به بخش ۹-۶-۳-۶ در صفحه ی ۲۱۰ مراجعه شود).

۲-۳-۶ توصیه ها (Recommendations)

۱- ۲-۳-۶ تمامی نصب های انتقال دهنده ی گرما (All Heat Exchanger Installations)

با توجه به کیفیت آب خنک کننده ی خام باید تدارکات لازم برای مجرای انتقال دهنده ی گرما یا مواد روکش فلزی در نظر گرفته شود. (به بخش۲-۵-۳-۶ در صفحه ی ۱۸۹ مراجعه شود)

۲- ۲-۳-۶ تمامی نصب های سیستم سرد کننده ی فراهم شده ی غیر کارخانه ای (All Non-Factory Supplied Cooling System Installations)

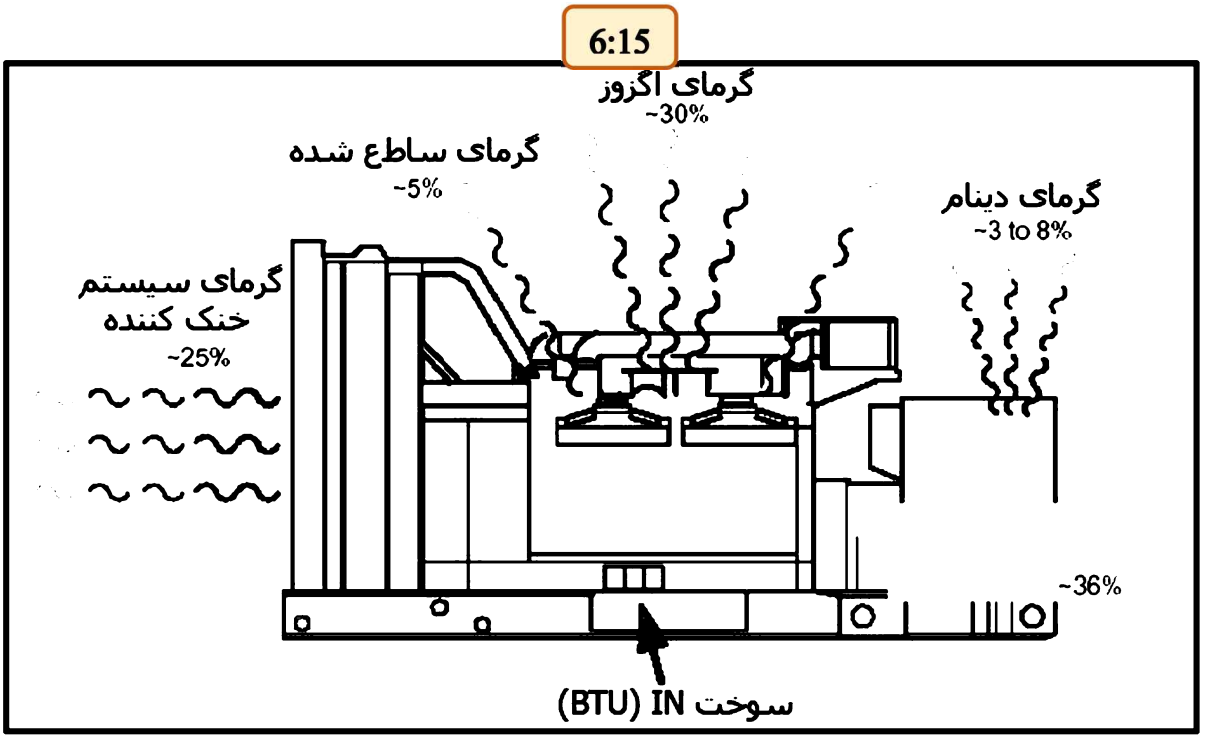
- سیستم های خنک سازی ثانوی هوا به هوا (ATA) یا یک پمپاژ دو چرخش (1O2L) نباید برای کاربردهای خنک سازی راه دور استفاده شوند. (به بخش ۴-۳-۶ در صفحه ی ۱۸۴ مراجعه شود).
- سیستم باید به گونه ای طراحی شود که قابلیت خنک سازی ۱۱۵٪ داشته باشد تا منجر به کاهش سیستم شود. اگر سیستم بر اساس روش ها و دفعات توصیه شده توسط سازنده تمیز شود، گنجایش ۱۰۰٪ همیشه باید در دسترس باشد. این مساله برای مولدهایی که در محیط های پر از گرد و خاک/کثیف کار می کنند از اهمیت بالایی برخوردار است (به بخش ۲-۶-۳-۶ در صفحه ی ۱۹۸ مراجعه شود).
- مخزن تخلیه باید به شیشه ی دید مجهز باشد تا سطح خنک سازی سیستم تعیین شود (به بخش ۶-۶-۳-۶ در صفحه ی ۲۰۵ مراجعه شود).
- توصیه می شود در مورد اندازه ی خطوط تهویه ای که در طرح نصب سیستم مولد مشخص نشده اند، از شلنگ شماره ی ۴ (0.25” ID – 6.35 mm ID) برای خطوط تهویه کوتاه تر از ۱۲ فوت (۳,۷ متر) و از شلنگ شماره ی ۶ (0.375” ID – 9.5 mm ID) برای خطوط تهویه ی بلندتر از ۱۲ فوت (3.7 متر) استفاده شود (به بخش ۶-۶-۳-۶ در صفحه ی ۲۰۵ مراجعه شود).
- شیرهای تخلیه/ایزوله سازی باید نصب شوند تا امکان سرویس دهی دستگاه مولد بدون خالی کردن کل سیستم خنک کننده فراهم شود (به بخش ۱۱-۳-۶ در صفحه ی ۲۱۵ مراجعه شود).

۳-۳-۶ مرور (Overview)

انرژی گرمایشی که از سیستم خنک کننده خارج می شود ۲۵٪ کل انرژی سوخت استفاده شده در موتور است (به شکل ۶۲ در صفحه ی ۱۸۴ مراجعه شود). سیستم خنک کننده باید به گونه ای طراحی شود که از پس این مقدار گرما بر بیاید، وگرنه گرمایش بیش از حد و از کار افتادن سیستم رخ خواهد داد.

خنک کردن موتورهایی که توسط مایعات سرد می شوند از طریق پمپاژ مخلوطی سرد کننده در مجراهای درون بلوک و راس(های) سیلندر موتور انجام می شود، در حالی که پمپاژ توسط یک پمپ موتوری صورت می گیرد. سیستم خنک کننده سامانه ای بسته و تحت فشار است که از ترکیبی از آب صاف و سبک (بدون مواد معدنی) و ضد یخ های پایه اتیلین یا پروپیلین پر شده است (به بخش ۷-۳-۶ در صفحه ی ۲۱۰ مراجعه شود).

قسمت های مربوط این بخش را که بر پایه ی سیستم خنک سازی مورد استفاده شده است بخوانید. رایج ترین پیکر بندی دستگاه مولد سیستم سرد کننده ای سوار بر خود دستگاه دارد که در کارخانه تعبیه شده است. سیستم های خنک کننده ای نیز استفاده می شوند که در کارخانه تعبیه نشده اند. از قسمت های مربوط این بخش برای هر نوع از نصب های سیستم خنک سازی استفاده کنید.



شکل ۶۲. توازن گرمایی دستگاه مولد معمول

۶-۳-۴ انواع سیستم های سرد کننده (Types of Cooling Systems)

موتورهای مولدی از انواع مختلفی از سیستم های خنک کننده بهره می برند. تمام موتورها از یک سیستم خنک کننده ی آب پوششی جهت سرد کردن بلوک سیلندر و راس استفاده می کنند. در ضمن، خیلی از دستگاه های مولد از سیستم خنک سازی ثانوی برای خنک کردن هوای احتراق که از توربو چارجر ها خارج می شود استفاده می کنند. این امر دمای انشعاب های ورودی را در سطحی نگه می دارد که طبق استاندارد های انتشار گاز است.

سیستم های خنک سازی دستگاه های مولد شامل موارد زیر می شوند:

- عدم خنک سازی ثانوی
- خنک سازی ثانوی آب پوششی (JWAC)
- خنک سازی ثانوی هوا به هوا (ATA)
- یک پمپاژ دو چرخش (1P2L)
- دو پمپاژ دو چرخش (2P2L)

برای جزئیات بیشتر در مورد سیستم، با پخش کننده ی کامینز در محل خود برای دسترسی به گزارش های مهندسی کاربردی (AEBs) مناسب تماس بگیرید.

نکته: در صورت قرار گرفتن در پشت رادیاتور آب پوششی مجهز به یک پروانه، رادیاتور دمای پایین خنک سازی ثانوی (LTA) باید در خلاف جهت جریان هوا قرار گیرد تا به سردترین هوا دسترسی داشته باشد.

نکته: از سیستم های ATA یا 1P2L برای کاربردهای خنک سازی راه دور استفاده نکنید.

۱- ۴-۳-۶ عدم خنک سازی ثانوی (Non-Aftercooled)

این موتورها برای حفظ دمای پایین انشعاب ورودی به خنک سازی ثانوی نیازی ندارند. سیستم خنک سازی آب پوششی ای برای بلوک سیلندر، راس های آن و روغن لیز کننده استفاده می شود.

۲- ۴-۳-۶ خنک سازی ثانوی آب پوششی (Jacket Water Aftercooling (JWAC))

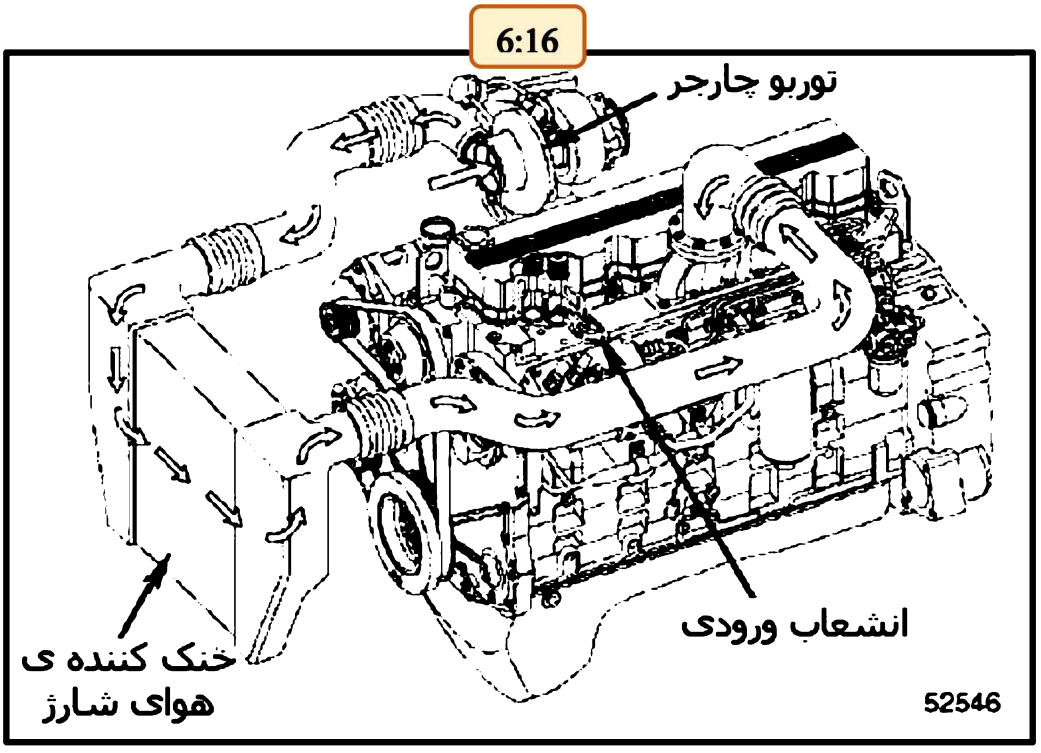
در سیستم های JWAC، همان خنک کننده ای که برای سرد کردن بلوک موتور و راس (های) سیلندر استفاده می شود به منظور سر کردن هوای احتراق خلاف جهت انشعاب ورودی نیز به کار می رود. جریان های پوشش موتور و خنک سازی ثانوی ترکیب می شوند و یک پمپ سرد کننده موتور به کار می رود. این طرح سیستم سرد کننده سنتی است که در آن کل خروجی گرمای سرد کننده ی موتور در یک رادیاتور خارجی یا انتقال دهنده ی گرما اعمال می شود.

۳- ۴-۳-۶ خنک سازی ثانوی هوا به هوا (Air-to-Air Aftercooling (ATA))

سیستم های ATA رویه ای برای به دست آوردن خنک سازی ثانوی دمای پایین (LTA) لازم برای دست یابی به استاندارد های انتشار گاز موجود فراهم می کنند. هوای اشباع شده به یک یا چند سرد کننده ی هوا به هوای سوار بر رادیاتور هدایت می شود. به شکل ۶۳ در صفحه ی ۱۸۶ مراجعه شود.

این سیستم ها به دو دلیل برای خنک سازی راه دور توصیه نمی شوند:

- کل لوله کشی سیستم و رادیاتور تحت فشار توربو چارج کار می کنند (این فشار می تواند بسته به نوع موتور از 40 psi (276 kPa) تجاوز کند).
- طول مجرای هوایی که به رادیاتور کشیده شده و برمیگردد فاصله زمانی ای در عملکرد توربو چارج ایجاد می کند و می تواند منجر به پالس های فشاری شود که از عملکرد متناسب جلوگیری می کنند.



شکل ۶۳. نصب رایج یک سیستم خنک سازی ثانوی هوا به هوا (سیستم آب پوششی برای وضوح حذف شده است.)

۴-۴-۳-۶ سیستم های خنک سازی یک پمپاژ دو چرخش (1P2L)
(One-Pump Two-Loop Cooling Systems (1P2L))

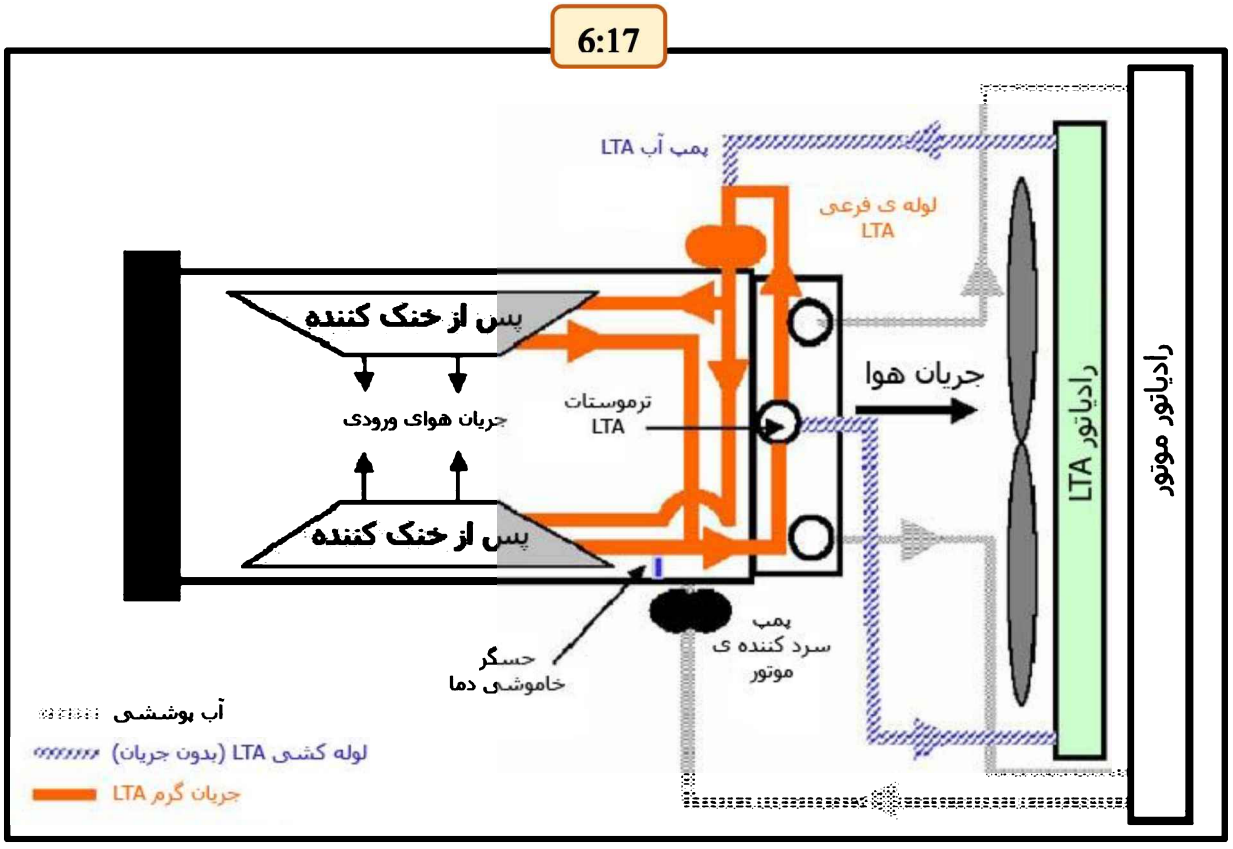
راهی دیگر برای دستیابی به خنک سازی ثانوی دمای پایین (LTA) استفاده از سیستم 1P2L است. این سیستم ها از دو مدار سرد کننده و دو هسته ی رادیاتور استفاده می کنند، اما تنها یک خنک کننده پمپاژ را انجام می دهد. این سیستم ها عموما به دلیل سختی در دستیابی به جریان های سرد کننده متعادل و خنک سازی متناسب هر مدار برای کاربردهای خنک سازی راه دور توصیه نمی شوند.

۵- ۴-۳-۶ سیستم های خنک سازی دو پمپاژ دو چرخش (2P2L)

(Two-Pump Two-Loop Cooling Systems (2P2L))

راهی دیگر برای دستیابی به خنک سازی ثانوی دمای پایین (LTA) استفاده از سیستم 2P2L است. به شکل ۶۴ در صفحه ی ۱۸۷ به منظور دیدن نمودار سیستم 2P2L رایج مراجعه کنید. این سیستم ها از دو مدار سرد کننده کاملا جدا بهره می برند و دو هسته ی رادیاتور، دو پمپ خنک سازی و مایع خنک کننده ی مخصوص دارند. یک مدار بلوک موتور و راس های سیلندر را سرد می کند، در حالی که دیگری هوای احتراقی از توربو چارجر را خنک می کند. برای سیستم های راه دور، موتورهایی که از این سیستم استفاده می کنند به دو هسته ی رادیاتور یا انتقال دهنده ی گرمای مجزا احتیاج دارند. هر کدام مشخصه های خود را از منظر دما، محدودیت های فشار، خروج گرما و دیگر مسائل خواهد داشت.

نکته: سیستم های 2P2L باید یک شیر منحرف کننده ی ترموستاتیک و چرخه ی میان بر داشته باشند تا دمای انشعاب ورودی را تنظیم کنند.



شکل ۶۴. جریان سرد کننده ی 2P2L همراه با ترموستات LTA بسته

بعضی دستگاه های مورد مجهز به نوع خاصی از سیستم خنک سازی هستند که به آن ها 2P2L اطلاق می شود اما در حقیقت دو چرخه ی جداگانه ندارند. این سیستم های از یک پمپ خنک سازی با دو محرک استفاده می کنند. به دلیل انتقال خنک سازی کمی که در پمپ رخ می دهد، سیستم باید یا از یک مخزن تخلیه یا از دو مخزن متصل به هم استفاده کند. این مساله برای حفظ سطوح سرد سازی در هر چرخش لازم است. به بخش ۶-۶-۳-۶ در صفحه ی ۱۹۶ مراجعه شود.

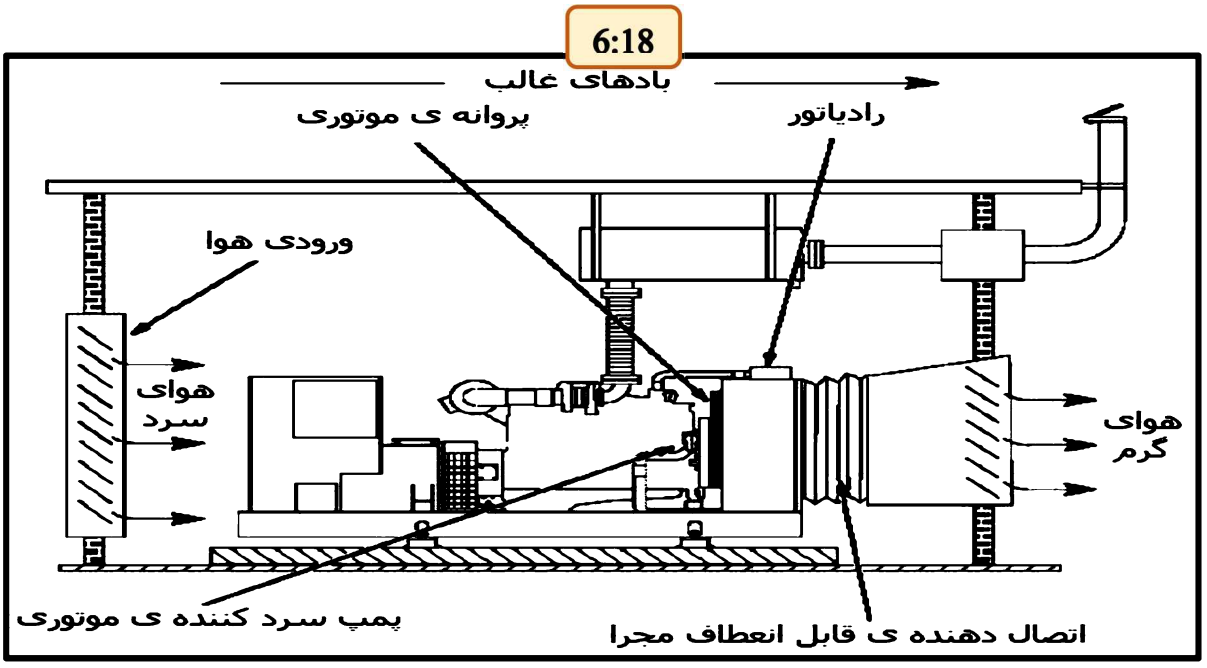
۶-۳-۵ سیستم های خنک کننده ی تعبیه شده در کارخانه (Factory-Supplied Cooling Systems)

سیستم های سرد کننده ی فراهم شده در کارخانه شامل رادیاتورها و انتقال دهنده های گرما می شود. مزیت بزرگ نصب یک دستگاه مولد مجهز به سیستم سرد کننده ی تعبیه شده در کارخانه این است که مقدار چشمگیری از طرح و کارهای مربوط به نصب قبلا صورت گرفته است. مشتریانی که باید سیستم خنک سازی راه دوری را نصب کنند باید الزامات بسیاری را در نظر بگیرند که در سیستم های نصب شده در کارخانه فراهم شده است.

۶-۳-۵-۱ رادیاتور سوار بر دستگاه (Set-Mounted Radiator)

دستگاه مولدی که مجهز به رادیاتور سوار بر دستگاه است سیستم خنک سازی و تهویه ی تلفیقی ای دارد. به شکل ۶۵ در صفحه ی ۱۸۹ مراجعه شود. پروانه ی رادیاتور معمولا توسط موتور به صورت مکانیکی به حرکت در می آید. پروانه های الکتریکی در بعضی کاربردها مورد استفاده قرار می گیرند.

یکی از لازمه های رادیاتور سوار بر دستگاه حرکت حجم نسبتا زیادی از هوا از محدوده ی دستگاه مولد است. هوا باید برای خروج گرمای ناشی از ابزار فراهم شده و احتراق سوخت را پشتیبانی کند. این می تواند جریان هوای زیادی بطلبد، و ممکن است منجر به تصمیم گیری برای استفاده از سیستم خنک سازی راه دور شود. با این وجود، حتی اگر یک سیستم راه دور استفاده شود، جریان هوای لازم برای خارج کردن گرما و فراهم سازی هوای احتراق بسیار زیاد است، و سیستم تهویه ی هوای متناسب نیز مورد نیاز است. برای اطلاعات بیشتر به بخش ۵-۶ در صفحه ی ۱۸۰ این راهنما مراجعه کنید. در سیستم های رادیاتور سوار بر دستگاه، پروانه ی موتور اغلب تهویه کافی را فراهم می کند، و نیاز به دیگر ابزار و سیستم های تهویه را رفع می کند.



شکل ۶۵. خنک سازی رادیاتور سوار بر دستگاه تعبیه شده در کارخانه

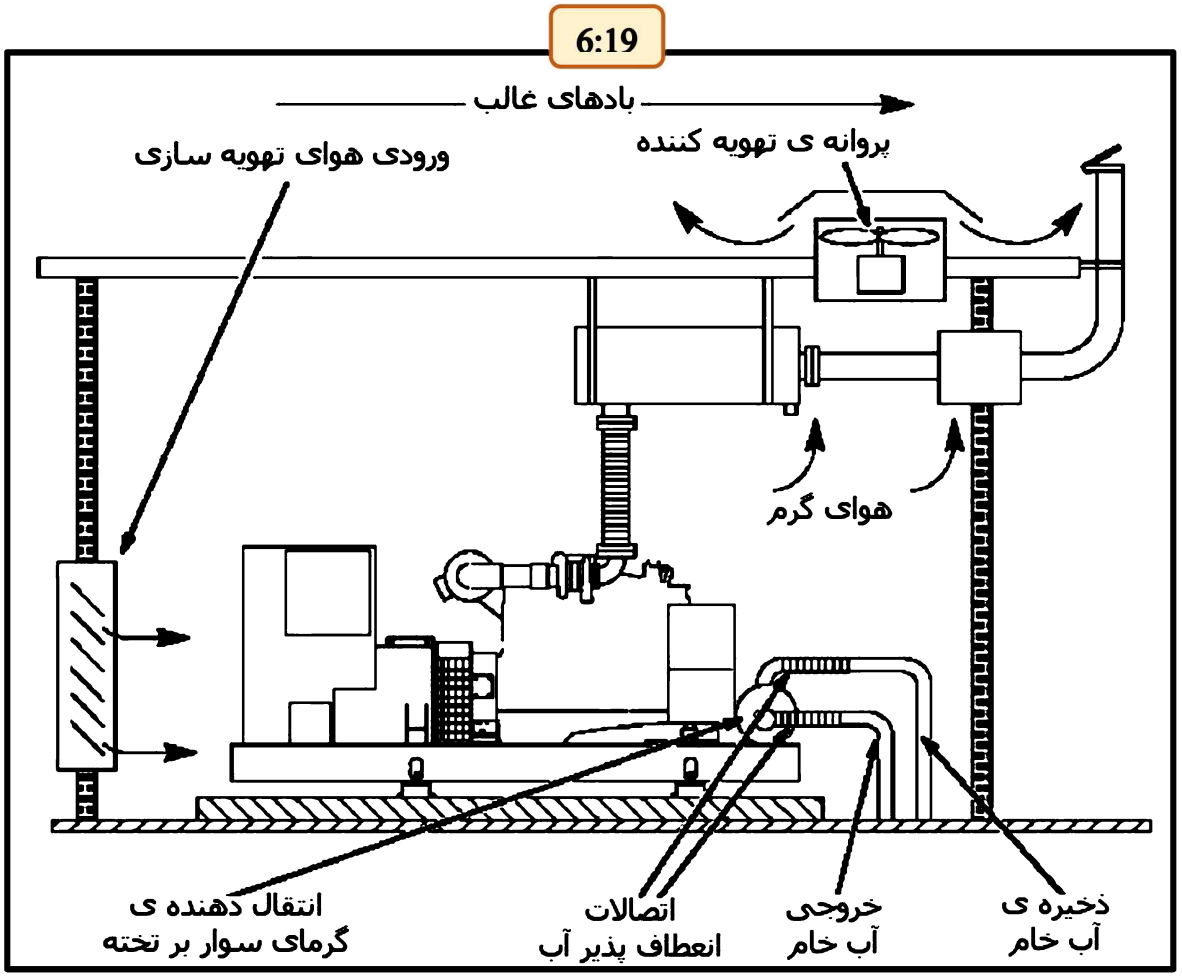
۲- ۵-۳-۶ انتقال دهنده ی گرما سوار بر دستگاه (Set-Mounted Heat Exchanger)

در انتقال دهنده های گرما، گرما در یک سیستم بسته توسط آب خامی از یک منبع مناسب از سرد کننده ی موتور جدا می شود. موتور، پمپ، و انتقال دهنده ی گرما یک سیستم خنک سازی بسته ی تحت فشار را تشکیل می دهند. به شکل ۶۶ در صفحه ی ۱۹۰ مراجعه شود. سرد کننده ی موتور و آب خام ترکیب نمی شوند.

- نصب باید محدودیت های میزان جریان آب خام، فشار و دمای لیست شده در برگه اطلاعات دستگاه مولد را برآورده کند.
- آب خام باید در برابر یخ زدگی محافظت شود.
- قبل از طراحی یا نصب سیستمی که از ذخیره های آب شهری، رودخانه، و یا دیگر منابع آب عمومی تغذیه می شود یا پس مانده هایش را به آن منابع پس میدهد، باید به قوانین محلی رجوع کرد.
- نصب باید دارای سیستم تهویه مناسبی باشد.
- باید برای مجرای انتقال دهنده ی گرما یا مواد با روکش فلزی بسته به کیفیت آب سرد کننده خام تدارکاتی ترتیب داده شود.

ملاحظات دیگر در مورد سمت آب خام انتقال دهنده ی گرما:

- فلکه آب ترموستاتیکی را می توان برای تنظیم جریان آب در واکنش به دمای سرد کننده به کار برد.
- فلکه انسداد باتری خور معمولا بسته ای را می توان برای مسدود کردن جریان آب هنگام کار نکردن دستگاه به کار برد (نیروی باتری نباید برای بسته نگه داشتن فلکه به کار رود).
- منابع محتمل برای سمت آب خام انتقال دهنده ی گرما شامل ذخیره های شهری، رودخانه ها، دریاچه ها، چاه ها، برج های سرد کننده و دیگر موارد می شوند.
- کاربرد برج های سرد کننده، پشتیبانی طراحی و نصب گسترده ای از تامین کنندگان دستگاه و مهندسین مشاور می طلبد.



شکل ۶۶. سرد کننده ی انتقال دهنده ی گرمای سوار بر دستگاه

انتخاب انتقال دهنده ی گرمایی برای سرد کننده ی دستگاه مولد پروانه ی رادیاتور را از دستگاه حذف می کند. لذا فضای دستگاه نیز به سیستم تهویه ی قدرتمندی برای رفع گرما و فراهم کردن هوای احتراق برای موتور نیاز دارد. به منظور دسترسی به جزئیات بیشتر، به بخش ۵-۶ همین راهنما در صفحه ی ۲۲۸ مراجعه شود.

انتقال دهنده های گرما به گونه ای طراحی شده اند تا با ذخیره ی سرد کننده ای از آب تمیز در دمایی مشخص کار کنند. کیفیت آب خام باید در زمان مشخص کردن انتقال دهنده ی گرما در نظر گرفته شود، چرا که ممکن است ناخالصی ها منجر به فرسایش مواد و کم شدن عمر آن ها بیانجامد. ممکن است به انتقال دهنده ی گرمایی ساخته شده از مواد کیفیت بالا نیاز باشد.

۱-۲-۵-۳-۶ محاسبات (Calculations)

همانگونه که در برگه اطلاعات دستگاه مولد ذکر شده است، باید جریان آب خام کافی برای از میان برداشتن خروج گرما به سرد کننده وجود داشته باشد.

$$\mathrm{RWR} = \frac{\mathrm{HR}}{(\Delta \mathrm{T})(\mathrm{c})}$$

در حالی که:

RWR = آب خام لازم، بر حسب گالن بر دقیقه (لیتر بر دقیقه)

HR = پس زدن گرما به سرد کننده، بر حسب BTU بر دقیقه (کیلو ژول بر دقیقه)

ΔT = افزایش دمای آب در طول هسته ی سرد کننده، $^{\circ}$F ($^{\circ}$C)

C = گرمای مشخص آب، 8 BTU/$^{\circ}$F/gallon (4 KJ/$^{\circ}$C/liter)

به عنوان مثال، فرض کنید برگه اطلاعات دستگاه مولد اشاره دارد که دستگاه 15340 BTU بر دقیقه (16185 کیلو ژول بر دقیقه) خارج می کند، . دمای ورودی آب خام ۸۰ درجه فارنهایت (۲۷ درجه سانتی گراد) است. هم چنین فرض کنید که آب خام در رودخانه ای در نزدیکی ریخته می شود، و قوانین محلی ریخته شدن آب با دمای ۹۵ درجه فارنهایت (۳۵ دره سانتی گراد) را ممنوع کرده است. جریان ذخیره ی آب خام مورد نیاز توسط فرمول زیر تعیین می شود:

$$RWR = \frac{15{,}340\ {}^{BTU}/_{min}}{(15\ ^{\circ}\mathrm{F})(8^{BTU}/_{^{\circ}\mathrm{F}.gollon})} = 128\frac{gollon}{min}$$

یا

$$RWR = \frac{16{,}185\ {}^{KJ}/_{min}}{(8\ ^{\circ}\mathrm{C})(4\ {}^{KJ}/_{^{\circ}\mathrm{C}.\ Liter})} = 128\frac{liter}{min}$$

به یاد داشته باشید که انتقال دهنده های گرما محدودیت حداقل جریان دارند (که در برگه اطلاعات دستگاه مولد لیست شده است). این الزامات باید جدی گرفته شوند، حتی اگر محاسبات بالا نشان دهد که جریان پایین تر نیز کافی است.

۶-۳-۶ سیستم های خنک سازی تعبیه شده غیر کارخانه ای (Non-Factory Supplied Cooling Systems)

در سیستم های خنک سازی تعبیه شده غیر کارخانه ای عوامل طراحی متعددی جهت ارزیابی وجود دارند که در سیستم های تعبیه شده در کارخانه برطرف شده اند. بعضی از این عوامل عبارتند از:

- نوع سیستم مورد استفاده
- خنک سازی سوخت
- تخلیه ی گاز سیستم، تهویه و ...
- نصب خنک سازی راه دور بیاد سیستم تهویه اتاق دستگاه مولد متناسبی داشته باشد.

سیستم های راه دور معمولا در زمانی استفاده می شوند که رساندن هوای تهویه کافی به سیستم رادیاتور سوار شده بر دستگاه عملی نیست. سیستم های خنک سازی راه دور نیاز به تهویه دستگاه مولد را رفع نمی کنند، بلکه ممکن است آن را کاهش دهند. دستگاه مولد هنوز به محیط اطراف خود گرما ساطع می کند، و این گرما باید به بیرون رانده شود. برای جزئیات بیشتر به بخش ۵-۶ این راهنما در صفحه ی ۲۳۸ مراجعه شود.

خصوصیات سیستم های خنک سازی راه دور عبارتند از:

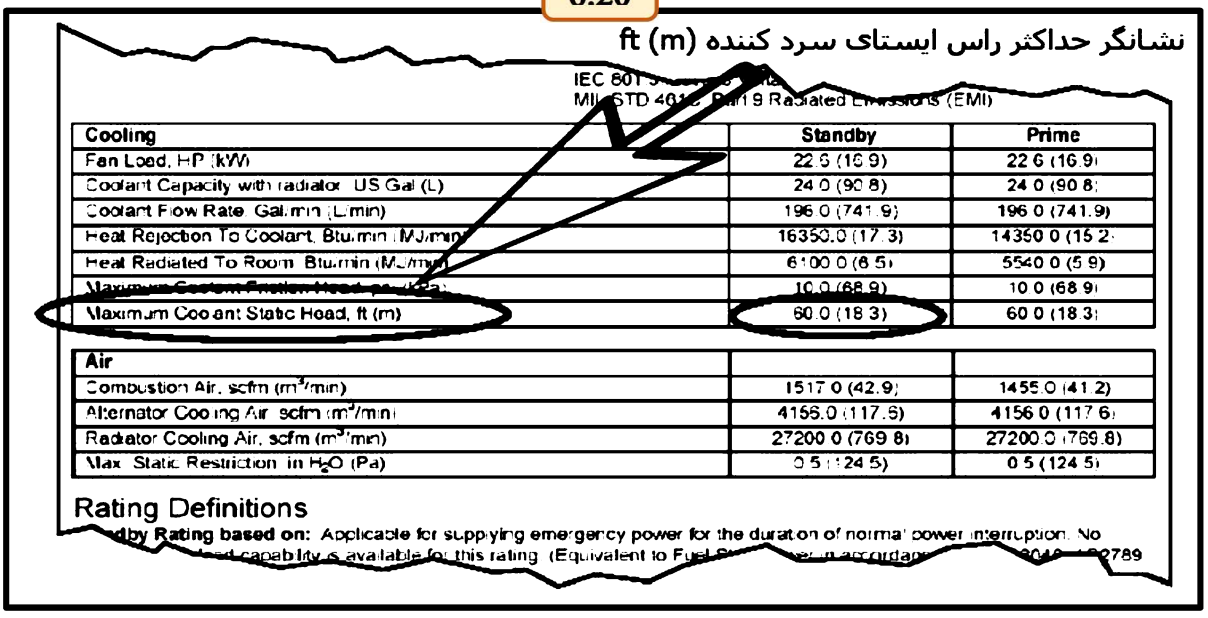
- قابلیت رساندن هوای دارای دمای محیط به هسته ی رادیاتور
- انعطاف پذیری در طرح محل کار
- قابلیت خدمات رسانی بهبود یافته، نسبت به نصب

۱-۶-۳-۶ تعیین استراتژی خنک سازی راه دور برای استفاده (Determining the Remote Cooling Strategy to Use)

رادیاتور های راه دور (چه همراه با پمپ خنک سازی استاندارد موتور، یا با یک پمپ سرد کننده ی یدکی) و انتقال دهنده های گرما را می توان برای سرد کردن از راه دور دستگاه مولد به کار برد.

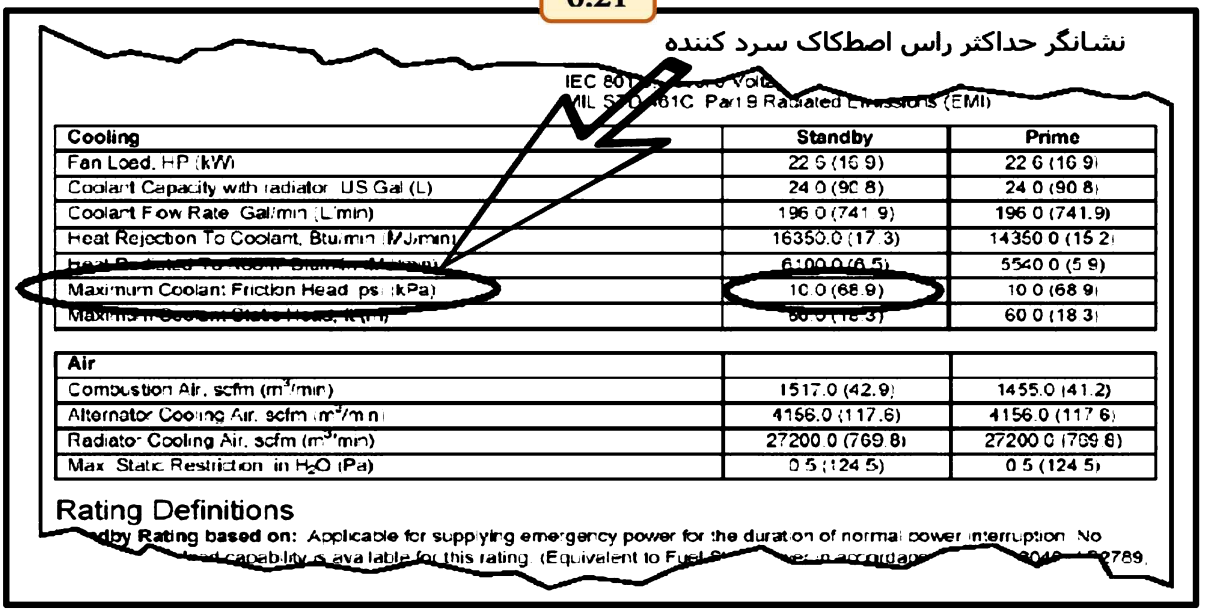
همان گونه که در برگه اطلاعات دستگاه مولد نشان داده شده است، تصمیم بر نوع سیستم مورد استفاده اغلب توسط محدودیت های راس اصطکاک و ایستای پمپ موتور سرد کنند مشخص می شود. برای مثال های بیشتر به شکل ۶۷ و ۶۸ در صفحه ی ۱۹۳ مراجعه کنید.

6:20



شکل ۶۷. برگه ی مشخصات دستگاه مولد DFXX که نشانگر حداکثر راس ایستای سرد کننده است.

6:21



شکل ۶۸. برگه ی مشخصات دستگاه مولد DFXX که نشانگر حداکثر راس اصطکاک سرد کننده است.

رادیاتور های راه دور به دلیل عدم احتیاج به جریان آب خام ممتدی که انتقال دهنده های گرما به آن نیاز دارند گزینه ی بهتری محسوب می شوند. با این وجود، رادیاتور های راه دور معمولا به خاطر اینکه برای دسترسی به جریان آب تازه ی ممتد باید خیلی از دستگاه مولد فاصله بگیرند گزینه ای غیر عملی محسوب می شوند. این امر اغلب منجر به نقض محدودیت راس اصطکاک و/یا ایستای پمپ خنک سازی موتور می شود.

اگر نصب یک رادیاتور راه دور محدودیت های راس اصطکاک و/یا ایستای پمپ خنک سازی موتور را نقض کند، می توان یک انتقال دهنده ی گرما نصب کرد. در خاطر داشته باشید که انتقال دهنده ی گرما به ذخیره ی آب خام ممتدی نیاز دارد که الزامات جریان، دما و فشار آن را رفع کند. انتقال دهنده ی گرما باید در مکانی نصب شود که همزمان محدودیت های راسی پمپ سرد کننده ی موتور را رفع کرده و الزامات آب خام خود انتقال دهنده ی گرما را نیز برطرف سازد. به بخش ۲-۵-۳-۶ در صفحه ی ۱۸۹ و بخش ۵-۶-۳-۶ در صفحه ی ۲۰۳ مراجعه شود.

۱-۱-۶-۳-۶ تعیین راس ایستا در پمپ خنک سازی موتور
(Determining the Static Head on the Engine Coolant Pump)

"راس ایستا" به فشار ایستای پمپ خنک سازی موتور که از ارتفاع سیستم خنک سازی راه دور نشات می گیرد اطلاق می شود. راس ایستا همان تفاوت در ارتفاع بین بالاترین نقطه در سیستم خنک سازی و خط مرکزی میل لنگ موتور است. به مثال ارائه شده در شکل ۶۹ صفحه ی ۱۹۷ مراجعه شود. فاصله ی عمودی برای برگه ی اطلاعات دستگاه مولد DFXX، که در شکل ۶۷ صفحه ی ۱۹۳ نشان داده شده است، باید کمتر یا برابر با ۶۰ فوت (۱۸,۳ متر) باشد.

۲-۱-۶-۳-۶ تعیین راس اصطکاک خارجی موتور در پمپ خنک سازی موتور
(Determining the Friction Head External to the Engine on the Engine Coolant Pump)

راس اصطکاک خارجی موتور به کاهش فشار پیش آمده در لوله کشی خنک سازی، فلکه ها، هسته ی رادیاتور، انتقال دهنده ی گرما، یا هر ابزار سیستم خنک سازی دیگری که در خارج از موتور نصب شده اطلاق می شود. می توان مقدار تقریبی این مساله را با محاسبات به دست آورد. این محاسبات شامل تعیین کاهش های فشار نشات گرفته از هر عامل انفرادی در سیستم، و سپس اضافه کردن تمامی کاهش های فشار به منظور به دست آوردن راس اصطکاک کلی است.

۱. کاهش فشار در رادیاتور یا انتقال دهنده گرما را از طریق مراجعه به اطلاعات سازنده تعیین کنید. به عنوان مثال، فرض کنید قرار است رادیاتور راه دوری نصب شود، و کاهش فشار در رادیاتور 1.5 psi (10.3 kPa) در جریان 198 gpm (741.9 L بر دقیقه) است.

۲. طول کلی تمامی لوله های خنک سازی صاف در سیستم را به دست آورید. به عنوان مثال، فرض کنید که لوله های صاف به قطر ۳ اینچ (80 میلی متر)، ۸۰ فوت (۲۴,۴ متر) طول دارند.

۳. طول تخمین زده ی متناظر با تمامی قطعات و فلکه ها را با استفاده از جدول ۱۶ در صفحه ی ۱۹۶ به دست آورده و به طول کل لوله های صاف اضافه کنید. به عنوان مثال، فرض کنید که سه زانویی بلند، دو سوئیچ فلکه برای ایزوله سازی رادیاتور به منظور سرویس دهی موتور و یک انشعاب T شکل برای اتصال خطوط پر کننده/جبران وجود دارد.

جدول ۱۵. طول های متناظر مثال

6:22

قطعه	طول متناظر, ft (m)
۳ زانویی بلند	3* 5.2 ft = 15.6 ft (3*1.6m=4.8 m)
۲ سوئیچ فلکه	2* 1.7ft = 3.4 (2*0.5 m= 1.0 m)
تی (T) (مسیر مستقیم)	5.2 ft (1.6 m)
لوله ی مستقیم ۸۰ فوتی (۲٤,٤ متری)	80 ft (24.4 m)
کل طول متناظر لوله	104.2 ft (31.8 m)

۴. کاهش فشار را در جریان داده شده ای که بر حسب واحد طول لوله برای قطر لوله های سطحی استفاده شده در سیستم است را بیابید. در این مثال لوله ی سطحی ۳ اینچی (۸۰ میلی متری) استفاده شده است. با توجه به شکل ۷۱ در صفحه ی ۲۰۰، لوله ی ۳ اینچی (۸۰ میلی متری) کاهش فشار حدودی 4.0 psi در هر ۱۰۰ فوت لوله (28 kPa در هر ۳۰ متر) را در میزان جریان خنک سازی ۱۹۶ گالن بر دقیقه (741.9 لیتر بر دقیقه) به بار می آورد. همان گونه که در شکل ۷۰ صفحه ی ۱۹۹ نشان داده شده است، میزان جریان خنک سازی لازم را از برگه اطلاعات دستگاه مولد به دست آورید.

۵. کاهش فشار در لوله کشی را به طریق زیر محاسبه کنید:

$$\text{کاهش فشار لوله} = 31.8\ m\left(\frac{28\ KPA}{30\ m}\right) = 29.7\ kPa$$

$$\text{کاهش فشار لوله} = 1042\ \text{ft}\left(\frac{4.0\ psi}{100\ fi}\right) = 4.2\ psi$$

۶. راس اصطکاک کل برابر با جمع کاهش فشار رادیاتور و لوله کشی است. به عنوان مثال:

راس اصطکاک =29.7kPa+10.3kPa=40kPa یا راس اصطکاک =4.2psi+1.5psi=5.7 psi

مقادیر محاسبه شده را با حداکثر راس اصطکاک خنک سازی بیرونی موتور که در لیست برگه اطلاعات دستگاه مولد قرار دارد مقایسه کنید. اگر مقدار محاسبه شده از حداکثر تجاوز کند، به تنظیم کردن نیاز است، و این تنظیمها ممکن است شامل موارد زیر باشد:

- جا به جایی دستگاه مولد و/یا رادیاتور/انتقال دهنده ی گرما برای کاهش فاصله ی بین آن ها
- استفاده از لوله های خنک سازی با قطر بیشتر
- طراحی دوباره ی سیستم برای استفاده از پیچ های لوله ی کمتر
- نصب پمپ خنک سازی یدکی

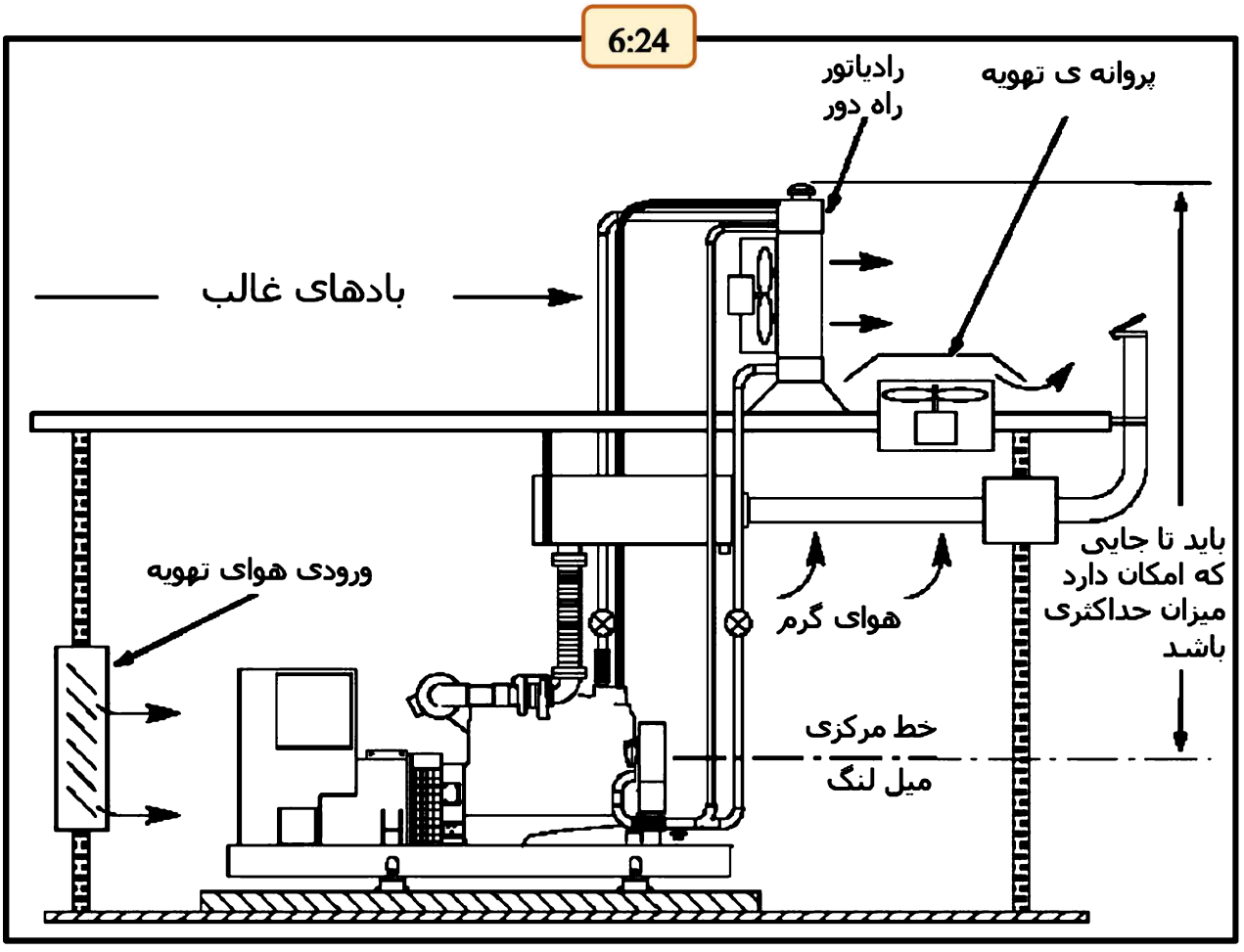
برای مثال DFXX برگه ی اطلاعات دستگاه مولد نشان داده شده در شکل ۶۸ صفحه ی ۱۸۵، حداکثر اصطکاک راس خنک کننده ی خارجی به موتور برابر با 10 psi (68.9 kPa) است. از آنجایی که مقدار محاسبه شده کمتر از حداکثر مجاز است، طراحی سیستم باید مورد قبول واقع شود. در هنگام نصب سیستم، این مساله باید به صورت عملی آزمایش و تایید شود. برای دسترسی به سنجش سیستم گزارش های کاربرد مهندسی (AEBs) به پخش کننده ی سیستم های کامینز واقع در محل خود مراجعه کنید.

جدول ۱۶. طول های متناظر قطعات لوله بر حسب فوت (متر)

6:23

نوع قطعات	اندازه ی ظاهری لوله بر حسب اینچ (میلی متر)										
	½ (15)	¾ (20)	1 (25)	1-1/4 (32)	1-1/2 (40)	2 (50)	2-1/2 (65)	3 (80)	4 (100)	5 (125)	6 (150)
زانویی ۹۰ درجه ی استاندارد یا تی صاف که به 1/2 کاهش یافته است	1.5 (0.5)	2.1 (0.6)	2.6 (1.1)	3.5 (1.3)	4.3 (1.7)	5.5 (2.0)	6.5 (2.0)	8.0 (2.4)	11 (3.4)	14 (4.3)	16 (4.9)
زانویی بلند ۹۰ درجه یا تی صاف	1.0 (0.3)	1.4 (0.6)	2.6 (0.5)	2.4 (0.7)	2.7 (0.8)	3.5 (1.1)	4.2 (1.3)	5.2 (1.6)	7.0 (2.1)	9.0 (2.7)	11 (3.4)
زانویی ۴۵ درجه	0.8 (0.3)	1.4 (0.4)	1.6 (0.5)	2.4 (0.7)	2.7 (0.8)	3.5 (1.1)	4.2 (1.3)	3.8 (0.9)	5.0 (1.5)	6.3 (1.9)	7.5 (2.3)
پیچ برگشت بسته	3.5 (1.1)	4.8 (1.5)	6.0 (0.5)	8.5 (2.6)	9.9 (3.0)	13 (4.0)	15 (4.6)	18 (5.5)	24 (7.3)	31 (9.4)	37 (11.3)
تی، ورودی یا خروجی کنار	3.1 (0.9)	4.0 (1.2)	5.6 (1.7)	7.2 (2.2)	9.0 (2.7)	12 (3.7)	14 (4.3)	17 (5.2)	22 (6.7)	27 (8.2)	33 (10.1)

آبکش و فلکه ی پایی	3.7 (1.1)	4.9 (1.5)	7.5 (2.3)	8.9 (2.7)	11 (3.4)	15 (4.6)	18 (5.5)	22 (6.7)	29 (8.8)	36 (11.0)	46 (14.0)
فلکه ی بررسی نوسان؛ کاملا باز	3.8 (1.2)	5.0 (1.5)	6.5 (2.0)	9.0 (2.7)	10 (3.0)	13 (4.0)	15 (4.6)	19 (5.8)	26 (7.9)	33 (10.1)	40 (12.2)
فلکه ی کروی، کاملا باز	16 (4.9)	21 (6.4)	26 (7.9)	39 (11.9)	45 (13.7)	55 (16.8)	67 (20.4)	82 (25.0)	110 (33.5)	140 (42.7)	165 (50.3)
فلکه ی زاویه ای، کاملا باز	8.3 (2.5)	115 (3.5)	15 (4.6)	18 (5.5)	22 (6.7)	27 (8.2)	33 (10.1)	41 (12.5)	53 (16.2)	70 (21.3)	85 (25.9)
سوئیچ فلکه؛ کاملا باز	0.4 (0.1)	0.5 (0.2)	0.6 (0.2)	0.8 (0.2)	1.0 (0.3)	1.2 (0.4)	1.4 (0.4)	1.7 (0.5)	2.3 (0.7)	2.9 (0.9)	3.5 (1.1)



شکل ۶۹. نمونه ی سیستم رادیاتور راه دور

۲-۶-۳-۶ موارد الزامی کلی برای تمامی سیستم های خنک سازی تعبیه شده غیر کارخانه ای (General Requirements for All Non-Factory Supplied CoolingSystems)

بدون در نظر گرفتن نوع سیستم نصب شده در محل مولد برای خنک کردن دستگاه، لازمه ها و توصیه های زیر صدق می کنند. اولین لازمه ی طرح، محدود کردن دمای خروجی خنک کننده به "حداکثر دمای مخزن بالا" است، به میزانی که در برگه اطلاعات دستگاه مولد آمده است. مقادیر "خروج گرما به سرد کننده" و "میزان جریان خنک کننده" نیز در برگه ی اطلاعات دستگاه مولد لیست شده اند، و تمامی این اطلاعات برای مشخص کردن رادیاتور یا انتقال دهنده ی گرمای مناسب ضروری است.

- سیستم باید به گونه ای طراحی شود که دمای خروجی خنک کننده ی موتور را به "حداکثر دمای مخزن بالا" در برگه ی اطلاعات دستگاه مولد محدود کند.
- سیستم های خنک سازی ثانوی دما پایین (LTA) باید لازمه های لیست شده در برگه اطلاعات دستگاه مولد را در مورد مدارهای خنک سازی ثانوی برآورده کنند.
- راس سرد کننده ی مثبتی همیشه باید روی پمپ سرد کننده ی موتور قرار داشته باشد. فشار منفی می تواند منجر به فرورفتگی و از کار افتادن دستگاه شوند.
- بارهای الکتریکی مربوط به پروانه ی رادیاتور راه دور، پمپ های خنک کننده، و دیگر وسایل جانبی را به کل لازمه ی بار دستگاه مولد اضافه کنید.
- سیستم را برای گنجایش ۱۱۵٪ خنک سازی طراحی کنید تا از افت سیستم جلوگیری کند. در صورتی که دستگاه طبق روش ها و تعداد دفعات توصیه شده توسط سازنده تمیز شود، همیشه گنجایش ۱۰۰ درصدی در اختیار است. این مساله برای دستگاه های مولدی که در مکان های پر گرد و غبار و کثیف نصب شده اند از اهمیت بالایی برخوردار است.

6:25

میزان جریان خنک کننده (لیتر بر دقیقه)

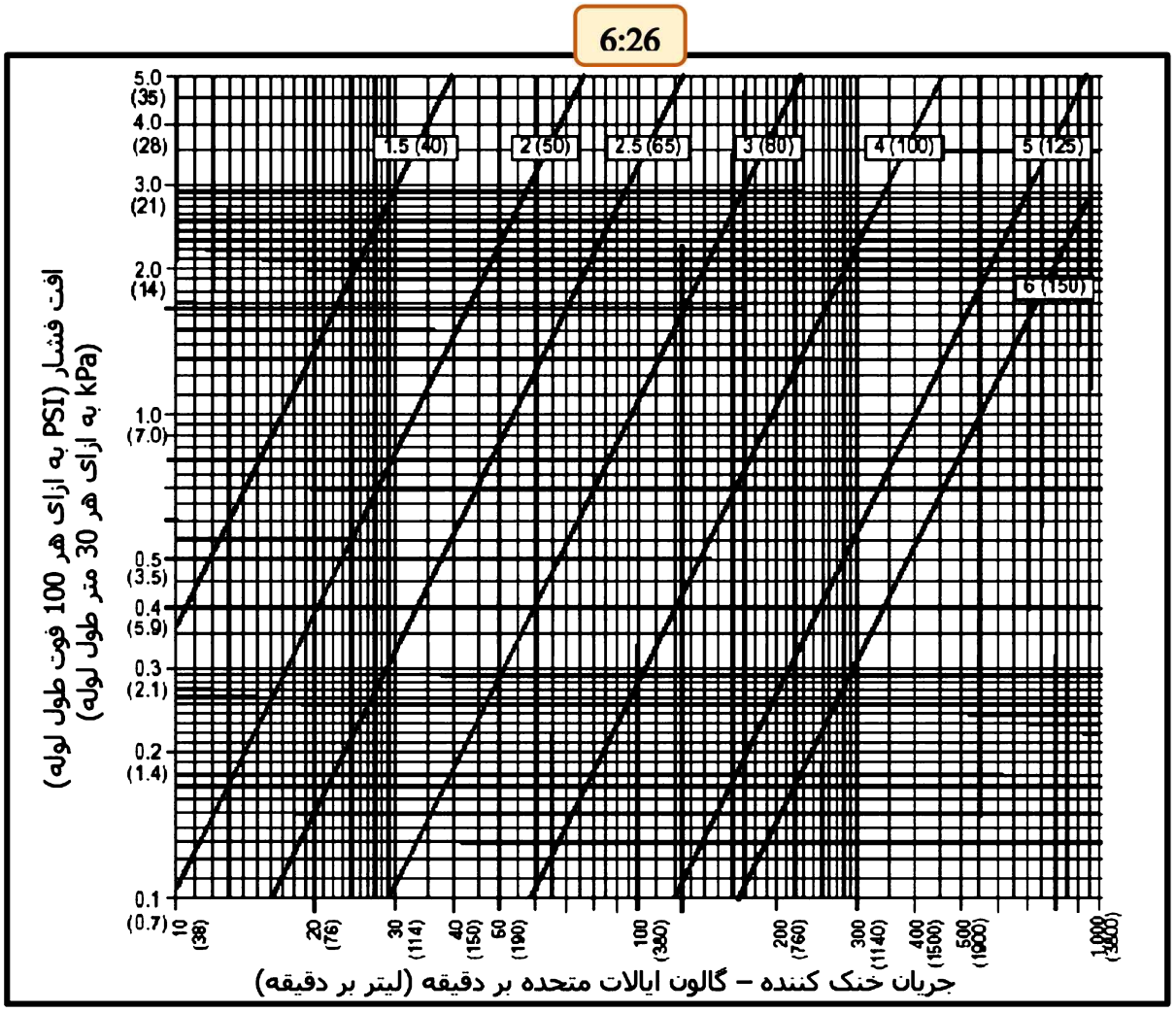
Cooling	Standby	Prime
Fan Load, HP (kW)	22.6 (16.9)	22.6 (16.9)
[illegible]	24.0 (90.8)	24.0 (90.8)
Coolant Flow Rate, Gal./min (Limin)	196.0 (741.9)	196.0 (741.9)
[illegible]	16350.0 (17.3)	14350.0 (15.2)
Heat Radiated To Room, Btu/min (MJ/min)	6100.0 (6.5)	5540.0 (5.9)
Maximum Coolant Friction Head, psi (kPa)	10.0 (68.9)	10.0 (68.9)
Maximum Coolant Static Head, ft (m)	60.0 (18.3)	60.0 (18.3)

Air		
Combustion Air, scfm (m^3/min)	1517.0 (42.9)	1455.0 (41.2)
Alternator Cooling Air, scfm (m^3/min)	4156.0 (117.6)	4156.0 (117.6)
Radiator Cooling Air, scfm (m^3/min)	27200.0 (769.8)	27200.0 (769.8)
Max. Static Restriction in H_2O (Pa)	0.5 (124.5)	0.5 (124.5)

Rating Definitions

[illegible]dby Rating based on: Applicable for supplying emergency power for the duration of normal power interruption. No [illegible] capability is available for this rating. (Equivalent to Fuel St[illegible]ver in accordan[illegible]2789.

شکل ۷۰. برگه مشخصات DFXX دستگاه مولد که نشانگر "میزان جریان خنک کننده" است.



شکل ۷۱. کاهش فشار اصطکاکی در هر اینچ (میلی متر) قطر لوله ها

۳-۶-۳-۶ اتصالات و لوله کشی سیستم (System Connections and Plumbing)

لوله کشی صحیح مجموعه ی خنک سازی راه دور به موتور بسیار حیاتی است. خنک کننده باید قادر باشد در طول تمامی ابزارهای رادیاتور/انتقال دهنده ی گرما که در بیرون پوشش موتور قرار دارند آزادانه جریان داشته باشد. اصطکاک یا مقاومت ایجاد شده توسط این جریان بسیار مهم است چرا که عملکرد پمپ خنک سازی موتور و جریان سرد کننده در طول پوشش موتور را ضعیف می کند. برگه اطلاعات دستگاه مولد نشانگر جریان سرد کننده ی موتور در دو محدوده ی خارجی جداگانه است. این اطلاعات برای نشان دادن رابطه ی بین جریان سرد کننده و محدوده ی خارجی برای طراح سیستم ارائه شده است و بعضی حدس و گمان ها را در طول روند طراحی حذف می کند. الزامات پایین در طرح صدق می کنند:

نباید از مقادیر حداکثری مجاز برای راس ایستا و اصطکاک تجاوز شود. به بخش ۱-۶-۳-۶ مراجعه شود.

- لوله کشی سرد کننده که در خارج موتور قرار دارد باید برابر یا بزرگ تر از قطر اتصالات ورودی و خروجی موتور باشد.
- لوله کشی و اتصالات سرد کننده ی خارجی باید قبل از اتصال به دستگاه مولد تمیز شوند.
- باید تدارکاتی برای افزایش گرمایش لوله ها/مجراهای سرد کننده ترتیب داده شود.
- خطوط سرد کننده باید از لوله های طرح ۴۰ یا مجراهای استیل سختی باشند که درست طراحی شده اند (به جز الزامات اتصال که جزئیات آن در زیر آمده است).
- اتصالات بین دستگاه مولد و سیستم راه دور باید به گونه ای طراحی شده باشند که با فشارها و دماهای سرد کننده سازگار باشند.
- اتصال باید همچنین در برابر لرزش به وجود آمده به خاطر کارکرد موتور و حرکات در طول روشن و خاموش شدن تاب بیاورند. باید از اتصالات استیل ضد زنگ قابل انعطاف یا شلنگ های دو گیره ای استفاده کرد.
- در صورت استفاده، شلنگ اتصال باید با SAE J20R1 یا مشابه آن مطابقت داشته و برای فشار انفجاری حداقل 75 psi (518 kPa) و دمای -40 ° F (-40 ° C) درجه بندی شده باشد. قابلیت فشار انفجاری 100 psi (691 kPa) برای کاربرد رادیاتور بالای سر توصیه می شود.
- شلنگ اتصال در سمت مکش پمپ سرد کننده ی موتور باید در برابر افت مقاوم باشد. شلنگ SAE J20R1 این شرط را در موتور های دیزل کارهای سنگین برآورده می سازد.
- اتصالات شلنگ سرد کننده باید توسط پیچ های T شکل یا گیره های پیچی دائمی محکم شوند. گیره های نوع پیچی کرمی قابل قبول نیستند. اگر مجراهای استیل سفت مورد استفاده قرار می گیرند، باید از نوع رشته ای باشند.

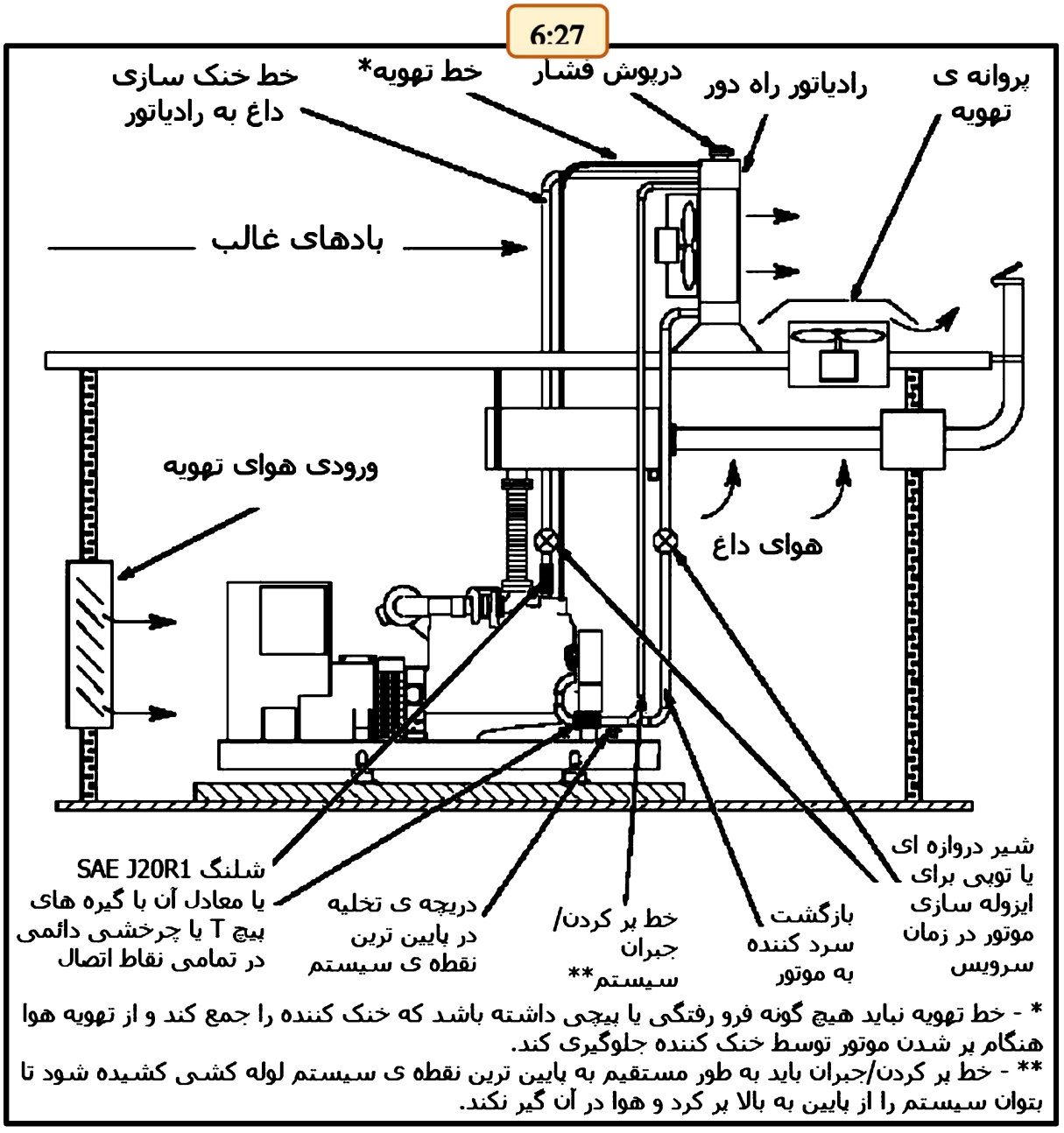
۴-۶-۳-۶ رادیاتور راه دور (Remote Radiator)

استفاده از رادیاتور راه دور برای سرد کردن دستگاه مولد به طراحی دقیق نیاز دارد. به شکل ۷۲ در صفحه ی ۲۰۲ برای دیدن مثالی در مورد سیستمی با رادیاتور سوار شده به صورت عمودی، و به شکل ۷۳ در صفحه ی ۲۰۳ برای دیدن رادیاتوری افقی مراجعه کنید.

مکان رادیاتور تاثیری اساسی بر عملکرد دارد. به عنوان مثال، دمای بالای سقف (شن، پارکینگ ...) می توانند بسیار گرم تر از گزارش های دمای محلی باشند، و این مساله باید در نظر گرفته شود. دمای هوای هسته ی رادیاتور اغلب با دمای هوای محیط تفاوت دارد. (به بخش ۸-۳-۶ در صفحه ی ۲۱۲ مراجعه شود).

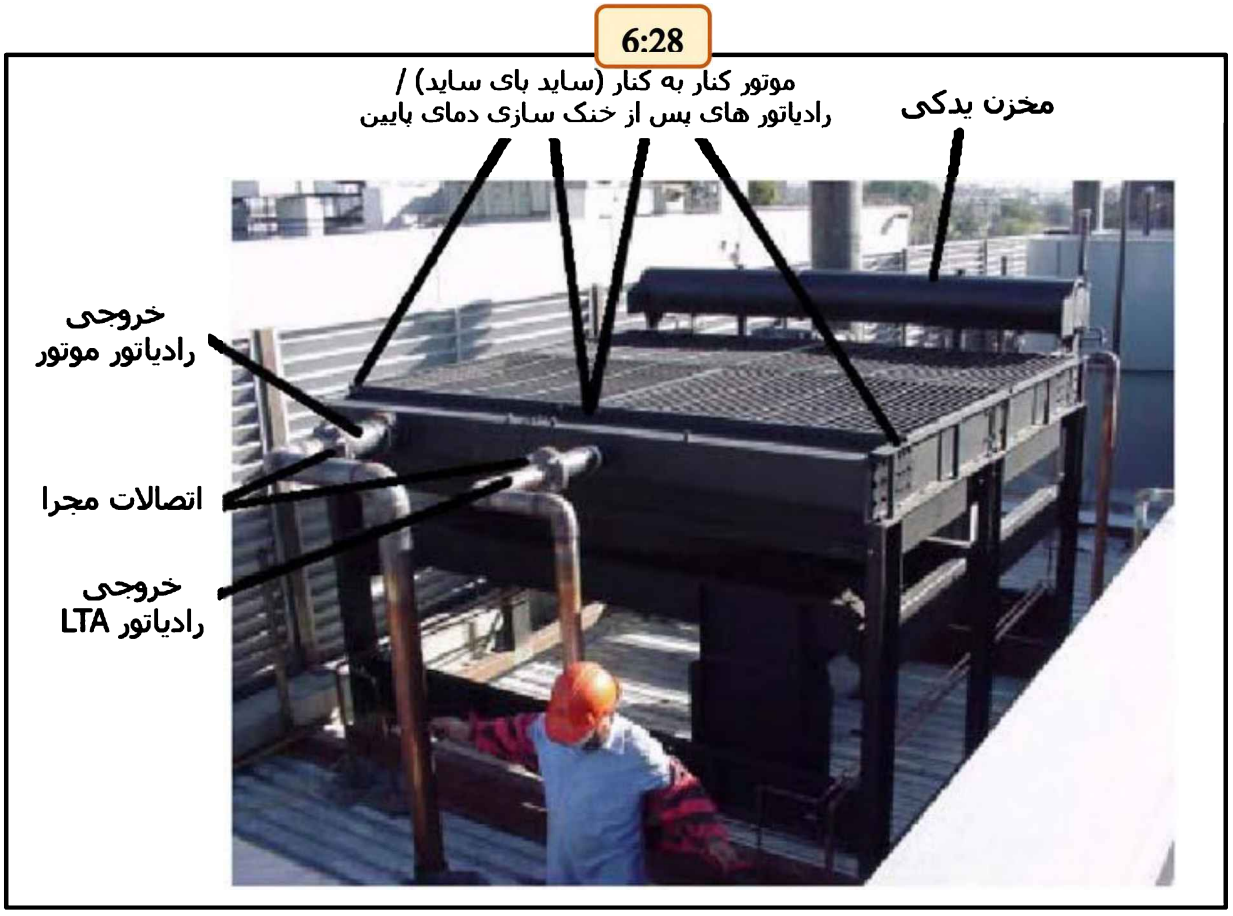
مسیر بادهای موجود نیز باید در نظر گرفته شود. ممکن است دیوارهای بادی برای جلوگیری از قرار گرفتن باد در مسیر مخالف جریان هوای پروانه ی سرد کننده لازم باشند. در نصب های بالای سقف، باد می تواند به خاطر سازه های همسایه بسیار قوی و غیر قابل پیش بینی باشد.

شرایط محل نصب را باید در زمان انتخاب رادیاتور در نظر گرفت. هسته های رادیاتوری که به ازای هر اینچ پرّه های متعددی دارند را نمی توان در محل های کثیف (پر از گرد و غبار، شنی، ...) به کار برد. ذرات معلق به راحتی می توانند در هسته های رادیاتوری که فاصله های بین پرّه هایشان کم است گیر کنند، و عملکرد رادیاتور را تضعیف کنند. فاصله بیشتر بین پرّه ها به ذرات شن و گرد و غبار ریز اجازه می دهد بدون گیر کردن از درون هسته رد شوند.



* - خط تهویه نباید هیچ گونه فرو رفتگی یا پیچی داشته باشد که خنک کننده را جمع کند و از تهویه هوا هنگام پر شدن موتور توسط خنک کننده جلوگیری کند.
** - خط پر کردن/جبران باید به طور مستقیم به پایین ترین نقطه ی سیستم لوله کشی کشیده شود تا بتوان سیستم را از پایین به بالا پر کرد و هوا در آن گیر نکند.

شکل ۷۲. سیستم رادیاتور راه دور معمول



شکل ۷۳. مثالی از رادیاتور راه دور افقی

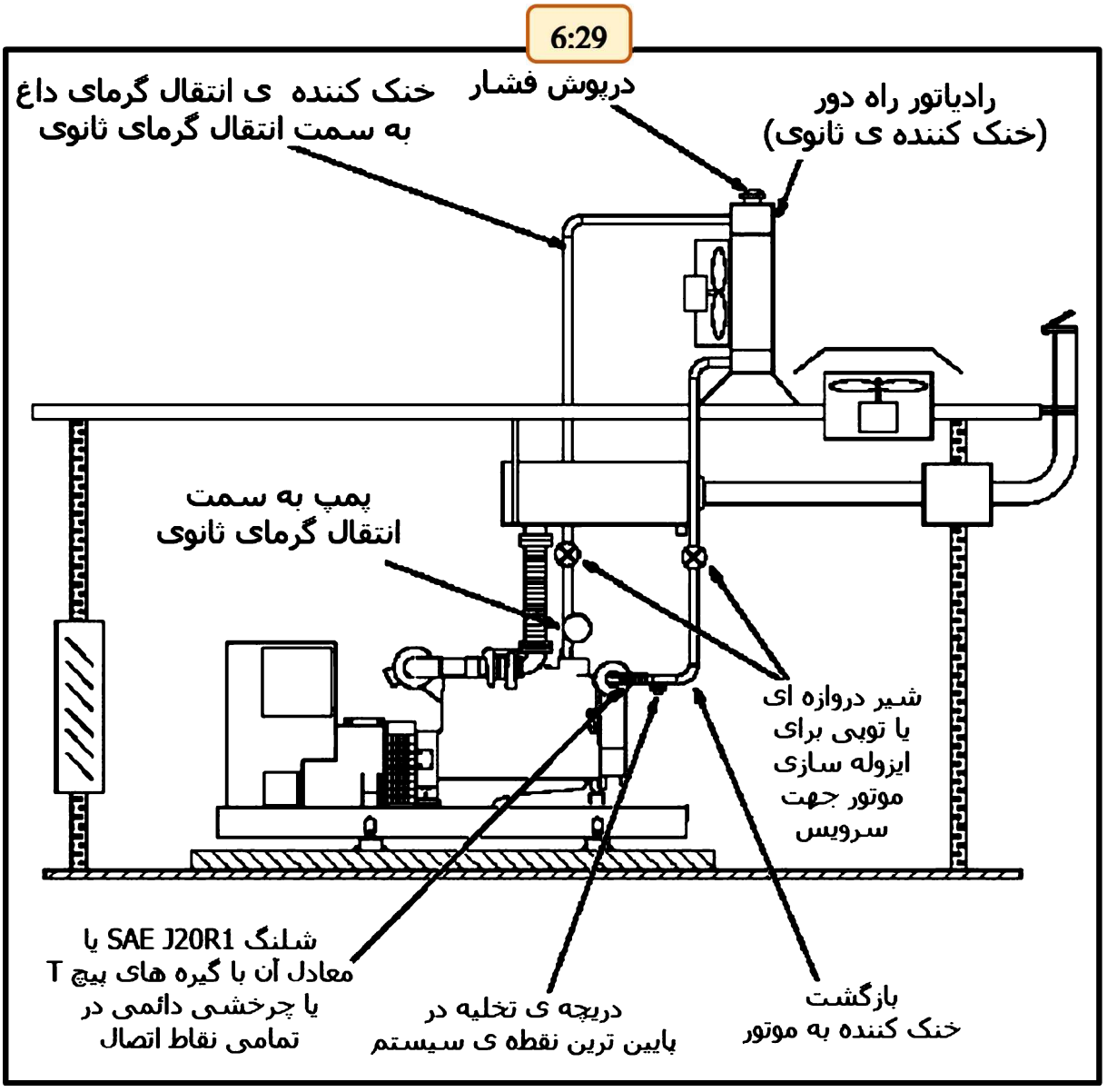
۶-۳-۶-۵ انتقال دهنده ی گرمای راه دور (Remote Heat Exchanger)

ممکن است انتقال دهنده ی گرمای راه دوری به عنوان جایگزینی برای نصب رادیاتور راه دور مورد استفاده واقع شود. جزئیات و الزامات آن همان موارد مربوط به انتقال دهنده گرمای سوار بر دستگاه است. به بخش ۲-۵-۳-۶ در صفحه ی ۱۸۹ مراجعه شود.

۶-۳-۶-۵-۱ سیستم های انتقال گرمای دوگانه (Dual Heat Exchanger Systems)

سیستم های انتقال گرمای دوگانه (شکل ۷۴ در صفحه ی ۲۰۴ را ببینید) تنها در زمانی توصیه می شود که ایزوله کردن سیستم سرد کننده راه دور از موتور اجباری است، آن هم در مواقعی که از محدودیت راس ایستای پمپ خنک سازی موتور تخطی شده است. طراحی و به کارگیری این سیستم ها مشکل است، خصوصا اگر رادیاتوری برای سرد کردن آب خام

انتقال دهنده ی گرما مورد استفاده قرار گرفته است. در چنین مواقعی، ممکن است رادیاتور بسیار بزرگ تر از حد تصور باشد، و به احتمال زیاد انتقال دهنده ی گرمای نصب شده در کارخانه مناسب نخواهد بود.



شکل ۷۴. سیستم انتقال گرمای دوگانه (مجهز به رادیاتور راه دور ثانوی)

۶-۶-۳-۶ الزامات مخزن تخلیه هوا (Deaerating Tank Requirements)

هوای حبابی در سرد کننده میتواند مشکلات جدی ای را ایجاد کند:

- هوا فرسایش مسیرهای آب را تسریع می کند و این امر منجر به انتقال گرما و مشکلات جریانی داخلی می شود. این مشکلات احتمال خراشیدگی خط انداز، ساییدگی حلقه، و ترک خوردن راس سیلندر را بالا می برد.
- هوای داخل سیستم مقدار گرمای انتقال یافته به سرد کننده را کاهش می دهد.
- هوا در زمان گرم شدن بیشتر از گنجایش سرد کننده بسط پیدا می کند و ممکن است باعث قطع شدن سرد کننده از سیستم شود.
- در شرایط وخیم ممکن است هوا منجر به قطع شدن پمپ اصلی سرد کننده شده و آسیب های شدیدی برای موتور به بار آورد.

عملکرد معمول دستگاه مولد مقداری هوا را وارد سیستم خنک سازی می کند. دیگر منشاء های هوا/اگزوز در سیستم خنک سازی شامل موارد زیر می شوند:

- تهویه ی نامناسب
- تلاطم در مخزن تخلیه ی هوا
- درزگیرهای خراب
- شیر پمپ سرد کننده ی دارای نقص
- روکش انژکتور نشت کرده
- سیستم باید در عرض ۲۵ دقیقه کار کردن پس از پر شدن سیستم خود را عاری از هوای حبابی کند.

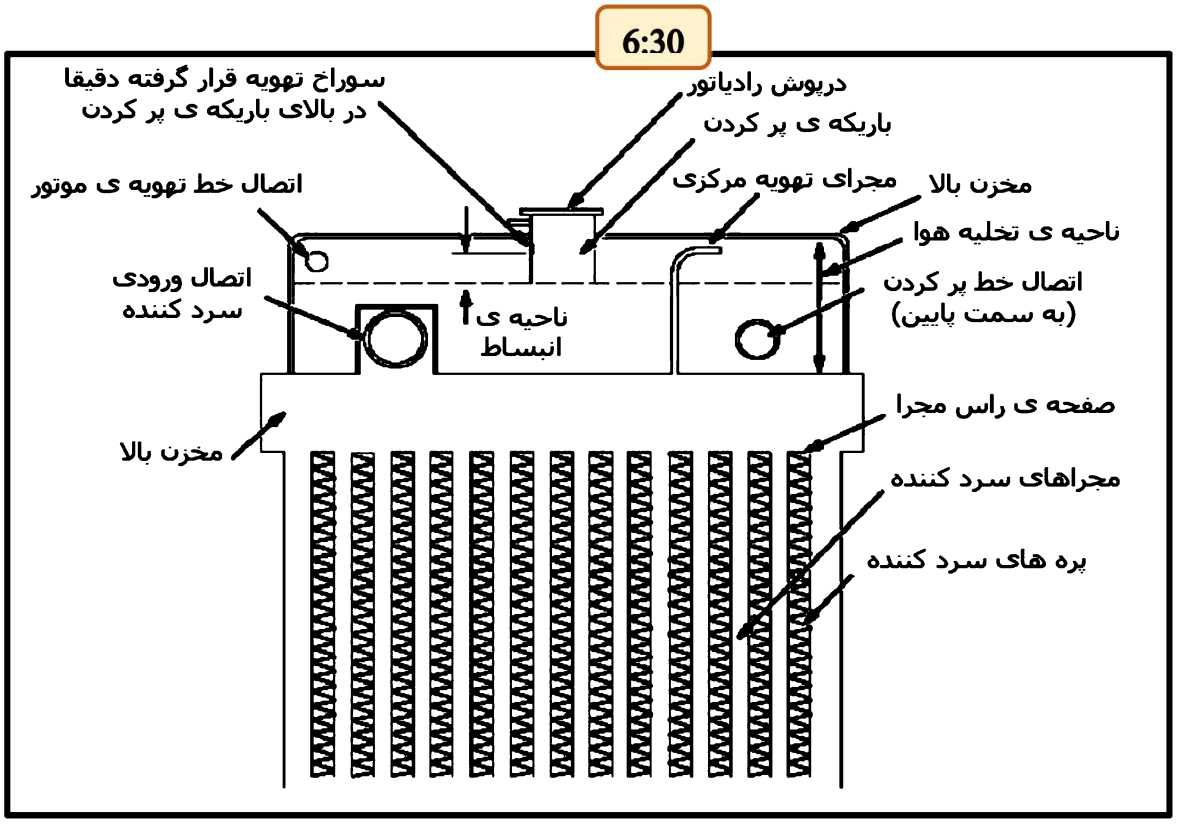
سیستم های سرد کننده تخلیه هوای مثبت از مخزنی پلمب شده جهت فراهم سازی فضایی برای تخلیه ی سرد کننده استفاده می کند. برای دستیابی به اطلاعات در مورد این که کدام دستگاه های مولد به سیستم تخلیه ی مثبت نیاز دارند به پخش کننده ی دستگاه های کامینز مراجعه کنید تا به اطلاعیه های کاربرد مهندسی مناسب دسترسی پیدا کنید.

مخزن های تخلیه کننده برای خالی کردن هوای حبابی از سیستم به کار می روند. این مخزن ها از طریق بردن قسمتی از جریان سرد کننده ی کلی به فضایی نسبتا بدون تلاطم که در آن هوا از خنک کننده جدا می شود عمل می کنند. سپس خنک کننده ی این فضا به سیستم باز می گردد تا جای خنک کننده برده شده را بگیرد.

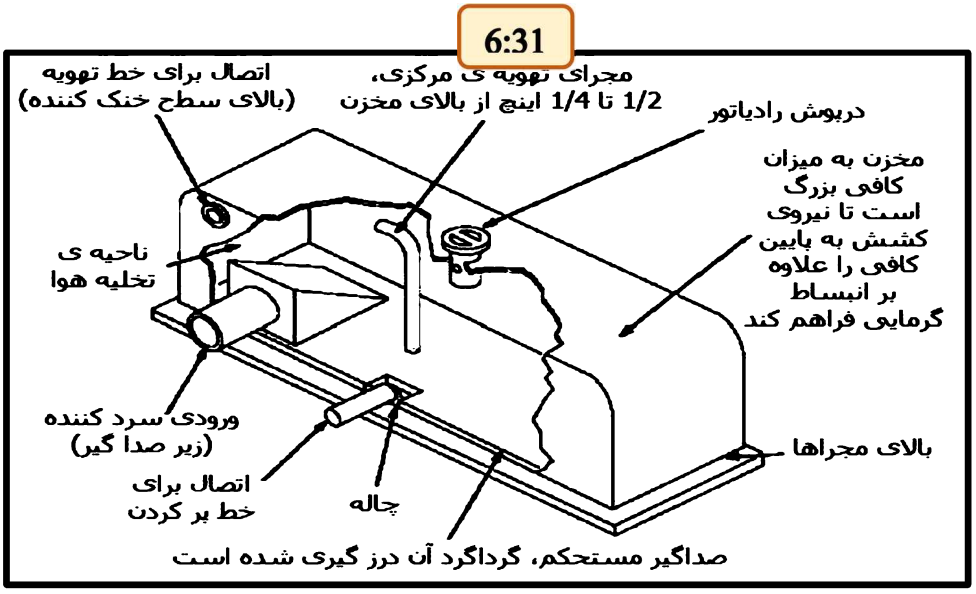
در مواردی که یک رادیاتور جریان پائین نصب شده است، استفاده از مخزن تخلیه هوای داخلی ای (که عموما مخزن بالایی اطلاق می شود) شبیه به شکل ۷۵ در صفحه ی ۲۰۶ و شکل ۷۶ در صفحه ی ۲۰۷ معمول است.

نصب ها می توانند از یک مخزن تخلیه هوای غیر داخلی (که معمولا به آن مخزن یدکی اطلاق می شود) استفاده کنند تا خنک کننده را تخلیه کنند. در شکل ۷۷ صفحه ی ۲۰۷ سیستم مخن تخلیه هوای غیر داخلی ای به تصویر کشیده شده است.

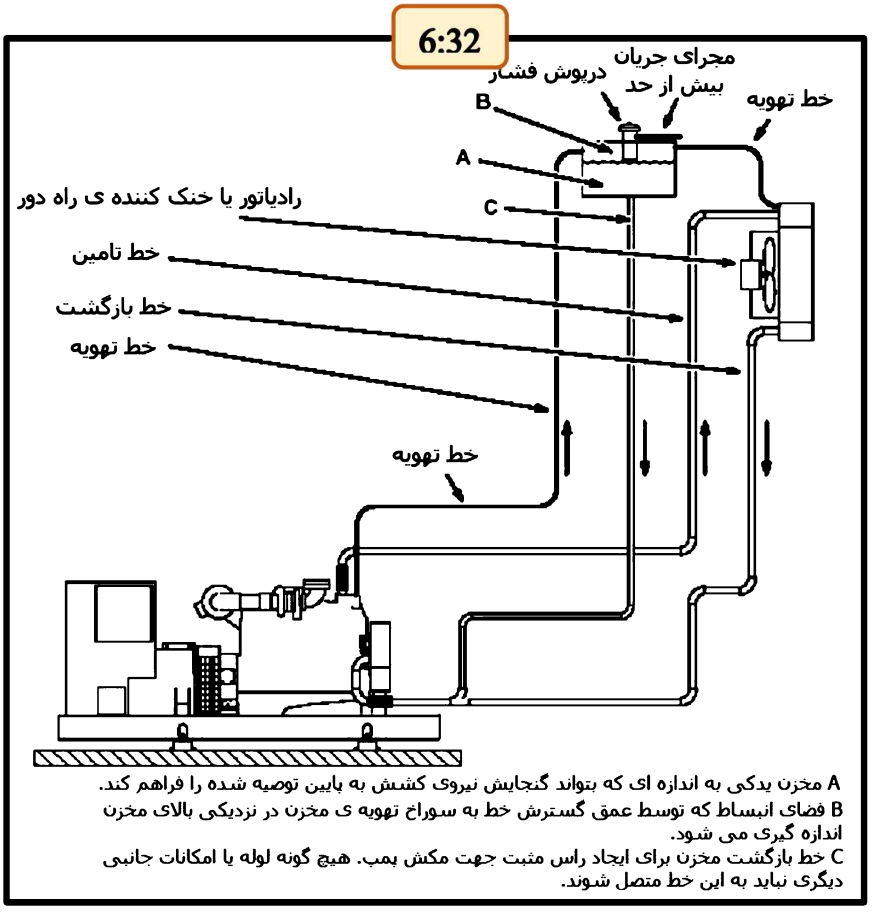
- مخزن تخلیه هوا باید به درپوش پر شدن/فشار، ابزاری جهت پر کردن تا بالاترین نقطه و سوئیچ خاموش سطح خنک کننده (برای موتور های ۹ لیتری و بالاتر) مجهز باشد. سوئیچ خاموش سطح پایین خنک کننده در زمانی که سیستم خنک کننده فشار سیستم را از دست دهد به کاهش یافتن آسیب ها کمک می کند.
- گنجایش مخزن باید حداقل ۱۷٪ حجم کل سرد کننده در سیستم باشد.
- مخزن تخلیه هوا باید شیشه شفافی داشته باشد تا سطح خنک کننده ی سیستم را نشان دهد.



شکل ۷۵. پیکر بندی مخزن تخلیه هوای داخلی معمول



شکل ۷۶. پیکر بندی مخزن تخلیه هوای داخلی معمول (هسته ی رادیاتور حذف شده است)



شکل ۷۷. سیستم رادیاتور راه دور مجهز به مخزن غیر داخلی تخلیه ی هوا

۱-۶-۶-۳-۶ پایین رفتن سطح آب و افزایش (Drawdown and Expansion)

گنجایش مخزن تخلیه هوا باید حداقل ۱۷٪ حجم کلی سرد کننده در سیستم باشد. این امر گنجایش پایین رفتن سطح آب ۱۱٪ را علاوه بر ۶٪ برای افزایش دما ایجاد می کند.گنجایش پایین رفتن سطح آب مقدار خنک کننده ای است که ممکن است قبل از کشیده شدن هوا به پمپ سرد کننده ی موتور از سیستم خارج شود.

سیستم باید به گونه ای طراحی شده باشد که در صورت پر شدن کامل از سرما، حداقل ۶٪ ظرفیت اضافی برای افزایش گرما وجود داشته باشد. این حجم اضافی توسط مکان صحیح باریکه ی پر کردن معین می شود. به "فضای افزایش" در شکل ۷۵ صفحه ی ۲۰۶ مراجعه کنید. انتهای باریکه ی پر کردن بالای سطح سرد کننده را در طول پر شدن سرما تعیین می کند. فضای بین سمت زیر سقف مخزن و پایین باریکه ی پر کردن حجم در دسترس برای انبساط سرد کننده است. سوراخی در باریکه ی پر کردن در هنگام انبساط خنک کننده مسیری را برای خروج بخار از درپوش فشار ایجاد می کند. بدون آن سوراخ، خنک کننده تا باریکه ی پر کردن انبساط پیدا کرده و از درپوش رادیاتور خارج می شود.

- باریکه ی پر کردن باید سوراخی به قطر حداقل ۰,۱۲۵ اینچ (۳ میلی متر) در یک طرف داشته باشد که تا حد ممکن در نزدیکی بالای مخزن قرار داشته باشد.

۲-۶-۶-۳-۶ تهویه (Venting)

تهویه ی سیستم دو نقش مهم را ایفا می کند:

- تهویه هوا از موتور در حال پر شدن
- تخلیه ممتد هوا در طول کار دستگاه مولد
- پوشش سرد کننده ی موتور و هر نقطه ی بالایی در لوله کشی سیستم باید به سمت مخزن تخلیه هوا تهویه شود.
- در طرح نصب دستگاه مولد باید با متخصصین در مورد مکان های تهویه پوشش سرد کننده و اندازه های اتصالات مشورت شود.
- خطوط تهویه هوا باید به مخزن تخلیه هوایی در بالای سطح خنک کننده وصل باشند.
- خطوط باید به صورت ممتد به صورت عمودی به مخزن تخلیه هوا کشیده شوند. پیچش و فرو رفتگی منجر به گیر کردن هوا شده و قابل قبول نیست.
- خطوط نباید در هیچ جای مسیر خود فشرده یا منقبض شوند.
- در سیستم هایی که به خطوط تهویه چندگانه احتیاج دارند، این خطوط نباید به یکدیگر وصل شوند. برای هر خط باید نقاط اتصال جداگانه ای تعبیه شود.
- اگر فلکه های تهویه که عمل تهویه به جو را انجام می دهند مورد استفاده قرار گیرند، گنجایش پایین رفتن سطح آب باید از ۱۱٪ به ۱۴٪ (گنجایش کلی مخزن از ۱۷٪ به ۲۰٪) افزایش پیدا کند.

- برای اندازه ی خط تهویه ای که در طرح نصب دستگاه مولد مشخص نشده، توصیه می شود برای خطوط تهویه بلندتر از ۱۲ فوت (۳,۷ متر) از شلنگ شماره ۴ (.25” ID – 6.35 mm ID) استفاده شود.

فلکه های تهویه که عمل تهویه به جو را انجام می دهند گاهی در کاربردهایی مورد استفاده قرار می گیرند که کشیدن کل خط تهویه به صورت عمودی به مخزن تخلیه هوا مشکل است. گنجایش پایین رفتن سطح آب باید در زمانی که اینگونه فلکه ها استفاده می شوند افزایش پیدا کند، چرا که فلکه ها مقداری از خنک کننده را در طول کار از دست می دهند.

۳-۶-۶-۳-۶ پر کردن (Filling)

پر کردن صحیح برای کمک به جلوگیری از گیر کردن هوا ضروری است. نصب یک خط پر کردن به سیستم این امکان را می دهد تا از پایین به بالا پر شود، و به کاهش ریسک حباب سازی هوا در طول پر شدن سیستم کمک می کند.

- سیستم باید قادر باشد ۹۰٪ ظرفیت را با سرعت حداقل 5 gpm (20 لیتر بر دقیقه) در مرحله ی اول پر کند، و سپس به ۱۰۰٪ برساند.
- سیستم باید به خط پر کننده ای مجهز باشد که:
  - خط مستقیما از ته مخزن تخلیه هوا به بخش مستقیم لوله کشی ورودی پمپ سرد کننده ی موتور در نزدیکی موتور وصل شود.
  - خط باید از لوله ی ورودی موتور تا مخزن تخلیه هوا به صورت ممتد به بالا کشیده شود.
  - خط های دیگر نباید به خط پر کردن متصل باشند.

موتورهایی که سرعت جریان خنک کننده ای کمتر از ۲۰۰ گالن بر دقیقه (۷۵۷ لیتر بر دقیقه) دارند معمولا از اتصالی به میزان تقریبی 0.75 بر حسب ID (19 mm) استفاده می کنند. موتورهایی با سرعت جریان بیشتر از ۲۰۰ گالن بر دقیقه (757 لیتر بر دقیقه) از خطوطی ۱ تا ۱,۵ بر حسب ID (25 تا 38 میلی متر) استفاده می کنند. این مقادیر فقط به عنوان راهنماهایی کلی داده شده اند. توانایی نصب در پر کردن زمان های داده شده در بالا سنجیده شود. اگر خط به صورت نادرست اندازه گیری یا کشیده شود، سیستم به طور کامل پر نمی شود. جریان برعکس در خط ممکن است منجر به لبریز شدن مخزن تخلیه هوا شود.

۷-۶-۳-۶ نظافت سیستم (System Cleanliness)

هر گونه ماده ی خارجی در سیستم عملکرد خنک سازی را تضعیف کرده و ممکن است به آسیب شدید دستگاه مولد منجر شود.

- لوله کشی و اتصالات خارجی خنک کننده باید قبل از وصل شدن به دستگاه مولد تمیز شوند.

۶-۳-۶-۸ خنک سازی سوخت (Fuel Cooling)

خیلی از دستگاه های مولد به استفاده از سیستم خنک کننده ی سوخت برای حفظ دمای الزامی ورودی سوخت نیاز دارند. برای تعیین این که به خنک کننده ی سوخت نیاز دارید، یا اینکه از الزامات طرح که انتخاب خنک کننده را آسان می سازند آگاه شوید به برگه اطلاعات دستگاه مولد مراجعه کنید. در صورت لزوم، خنک کننده سوخت باید در طرح سیستم خنک سازی جا داده شود، و سیستم را پیچیده تر می کند. اغلب لوله کشی سوخت به محل خنک سازی راه دور غیر عملی یا خلاف مقررات است. دو راه حل برای بر طرف کردن الزامات خنک سازی سوخت عبارتند از:

- اضافه کردن رادیاتور سرد کننده سوخت و پروانه در فضای دستگاه مولد و محاسبه خروج گرما از طرح تهویه اتاق
- استفاده از خنک کننده سوخت انتقال گرما با رادیاتور راه دور یا منبع آب جداگانه برای سمت خنک کننده

۶-۳-۶-۹ پیوند سیستم های سرد کننده (Interconnection of Cooling Systems)

برای نقاط نصبی که از دستگاه های مولد متعددی استفاده می کنند، به اشتراک گذاشتن سیستم سرد کننده "مرکزی" بین بیش از یک دستگاه قابل قبول نیست.

- هر دستگاه مولد باید سیستم سرد کننده ی کامل مخصوص خود را داشته باشد. چندین دستگاه مولد را به یک سیستم خنک سازی مشترک انشعاب ندهید.

۶-۳-۷ خنک کننده (Coolant)

- باید از ترکیب اتیلین گلیکول یا پروپلین گلیکول و آب با کیفیت برای خنک سازی صحیح و محافظت از انجماد/جوش استفاده شود.
- مکمل های خنک کننده اضافی برای موتورهایی که به خط انداز سیلندر مجهز هستند الزامی است.

دستگاه های مولد نباید با آب تصفیه نشده سرد شوند، چرا که این امر به پوسیدگی، سوراخ شدگی، رسوب املاح، و خنک سازی نامناسب منجر می شود. باید ترکیب اتیلین گلیکول یا پروپلین گلیکول و آب با کیفیت مورد استفاده قرار گیرد. برای الزامات آب با کیفیت و دیگر جزئیات خنک کننده ها، آخرین نسخه ی اطلاعیه ی سرویس "الزامات و نگه داری از خنک کننده ی کامینز"، شماره ی ۳۶۶۶۱۳۲ مراجعه کنید.

به جدول ۱۷ در صفحه ی ۲۱۱ برای مقایسه ی نقطه انجماد و جوش چگالی های ترکیب های سرد کننده مختلف مراجعه کنید. دقت داشته باشید که دماهای جوش با افزایش فشار سیستم افزایش پیدا می کنند. آب خالص برای ارجاع در این جدول گنجانده شده است. در زمان عملکرد یکسان سیستم سرد کننده، ضد یخ پروپلین گلیکولی در مقایسه با ضد یخ اتیلینی میزان سمی بودن کمتری دارد. با این وجود، همان طور که در جدول ۱۷ صفحه ی ۲۱۱ نشان داده شده، این ضد یخ محافظت نسبتا کمتری در برابر انجامد/جوش از خود نشان می دهد.

جدول ۱۷. شاخصه های ترکیب های ضد یخ

6:33

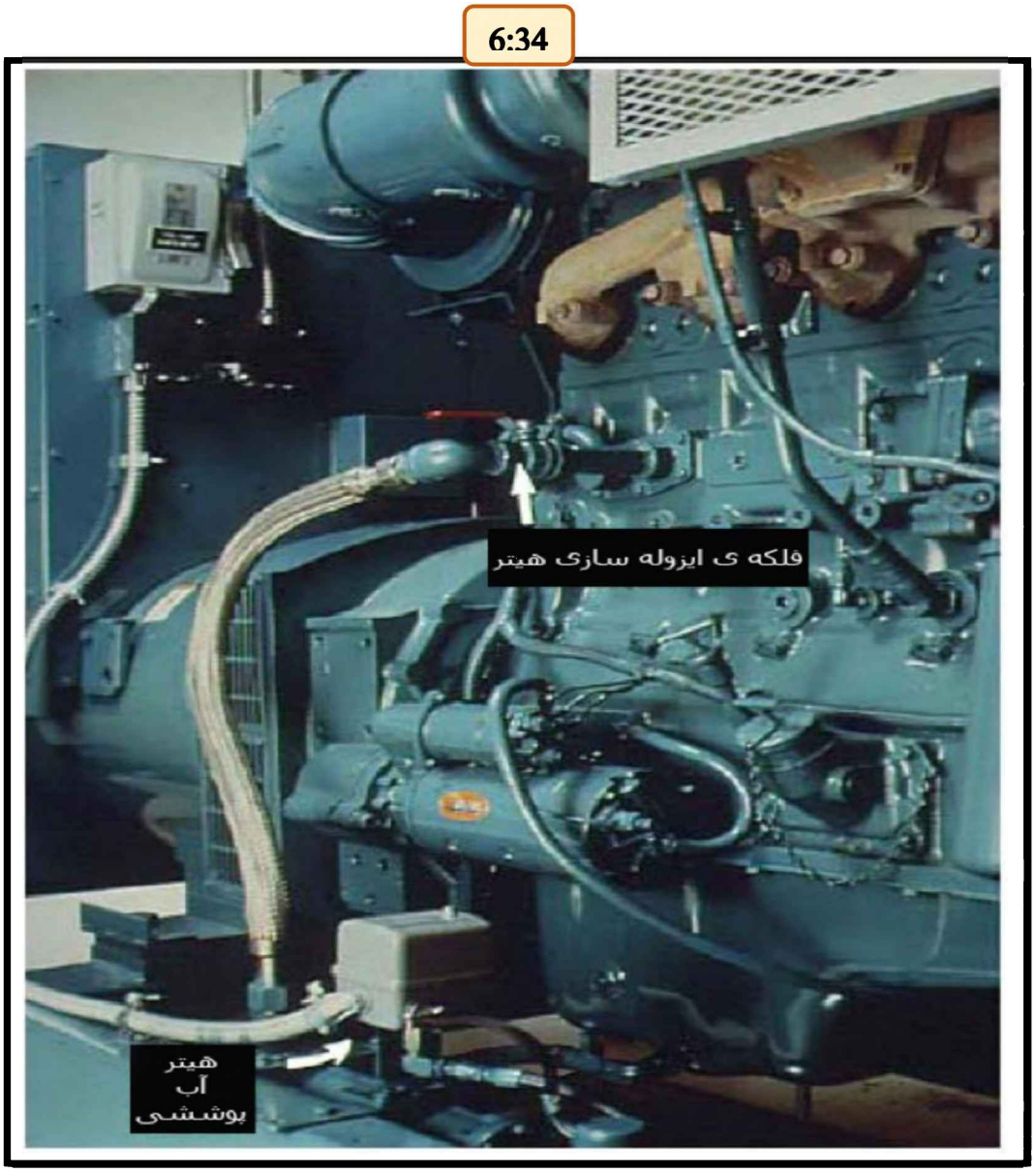
شاخصه	اتیلین گلیکول (% بر حسب حجم)			پروپیلین گلیکول (% بر حسب حجم)			آب خالص
غلظت گلیکول	40	50	60	40	50	60	0
نقطه ی انجماد F° (C°)	-12 (-24)	-34 (-37)	-62 (-52)	-6 (-21)	-27 (-33)	-56 (-49)	32 (0)
نقطه ی جوش F° (C°) در فشار جوی	222 (106)	226 (108)	232 (111)	219 (104)	222 (106)	225 (107)	212 (100)
نقطه ی جوش F° (C°) با درپوش فشار ۱٤ psi (96.5 kPa)	259 (126)	263 (128)	268 (131)	254 (123)	257 (125)	261 (127)	248 (120)

۱-۷-۳-۶ هیترهای سرد کننده (Coolant Heaters)

هیترهای سرد کننده ی موتوری که توسط ترموستات کنترل می شوند برای بهبود شروع به کار و پذیرش بار استفاده می شوند. به شکل ۷۸ در صفحه ی ۲۱۲ مراجعه شود. همان گونه که در شکل ۷۸ صفحه ی ۲۱۲ نشان داده شده، فلکه ی ایزوله سازی هیتری را می توان نصب کرد تا در حین انجام عملیات نگه داری هیتر کل سیستم سرد کننده خالی نشود. اگر چنین فلکه ای نصب شود، تنها برای ایزوله سازی هیتر در زمان نگه داری بسته می شود. فلکه باید در بقیه اوقات باز باشد.

ممکن است مقررات محلی نصب هیترهای سرد کننده را برای دستگاه های مولد استفاده شده در کاربردهای ضروری یا استندبای اجباری کنند. به عنوان مثال، در ایالات متحده، NFPA 110 الزام می دارد که سرد کننده ی موتور در سیستم های نیروی اضطراری سطح ۱ در حداقل دمای 90 °F (30 °C) حفظ شوند. NFPA 110 نصب زنگ هشدار دمای پایین موتور را نیز الزام می دارد.

- هیترهای سرد کننده باید در کاربردهای اضطراری/استندبای نصب شوند تا از شروع به کار متناسب موتور اطمینان حاصل شود (در مناطق استوایی این مساله اختیاری است، مگر این که توسط مقررات محلی اجباری شده باشد).
- نباید حلقه ای در مسیر شلنگ هیتر سرد کننده وجود داشته باشد، و شلنگ باید به طور ممتد به صورت عمودی بالا رود.
- اتصالات هیتر سرد کننده باید از جنس سیلیکون با کیفیت یا شلنگ بافته شده باشد.
- هیتر سرد کننده باید در هنگام کار کردن دستگاه مولد غیر فعال باشد.



شکل ۷۸. نصب هیتر سرد کننده (به فلکه ایزوله سازی هیتر، نوع شلنگ و مسیر شلنگ توجه شود)

۸-۳-۶ ارتفاع و دمای محیط (Altitude and Ambient Temperature)

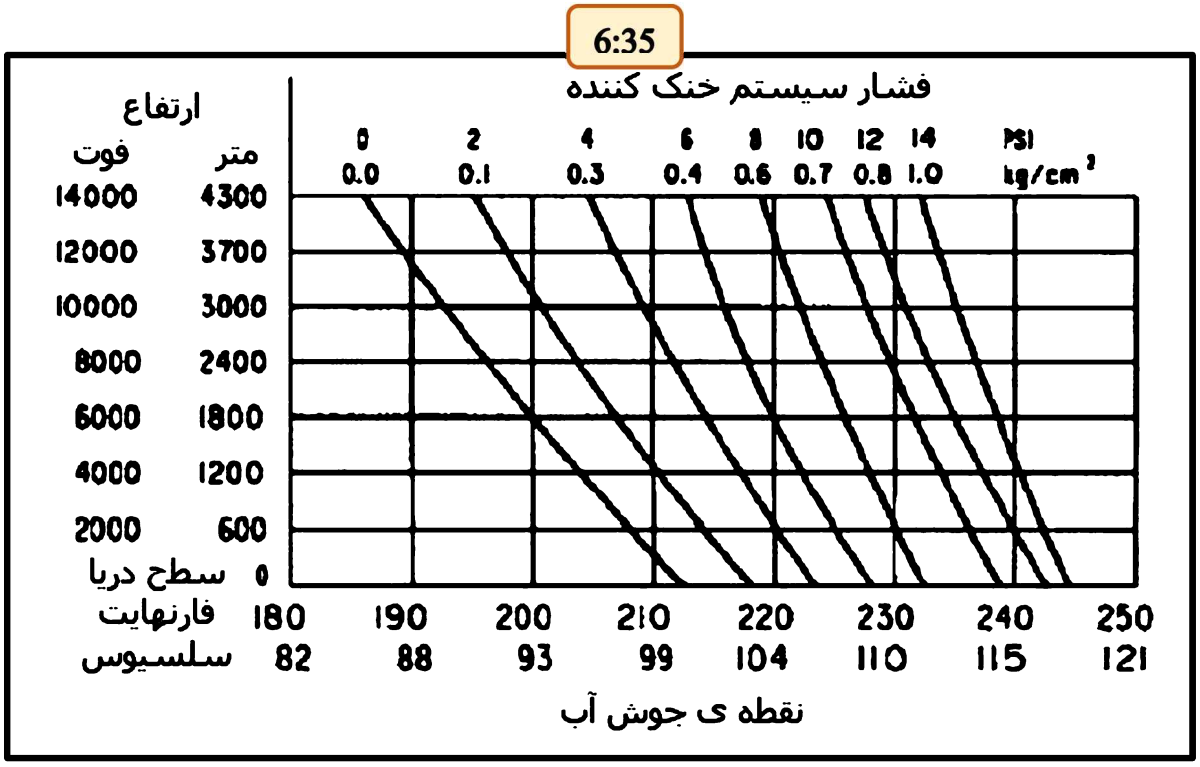
ارتفاع و دمای محیط در تراکم هوای اطراف دستگاه مولد موثر است، که خود بر عملکرد موتور، دینام، و سیستم سرد کننده تاثیر می گذارد.

- سیستم سرد کننده باید به گونه ای طراحی شود که با ارتفاع و دمای محیط منطقه ی نصب سازگار باشد.

تراکم هوا با افزایش ارتفاع کاهش پیدا می کند. این کاهش در تراکم ممکن است به مشکلاتی در دستیابی به جریان هوای لازم منجر شود و سیستم را مجبور به درجه بندی دوباره کند.

در ارتفاعات بالا، فشار جوی پایین دمای جوش سرد کننده را پایین می آورد. ممکن است درپوش فشاری با درجه بندی بالاتر الزامی باشد. به شکل ۷۹ در صفحه ی ۲۱۳ برای دیدن نمونه ای از تاثیرات فشار سیستم / ارتفاع بر آب مراجعه شود. تاثیرات بر ترکیبات سرد کننده نیز به همین منوال می باشند.

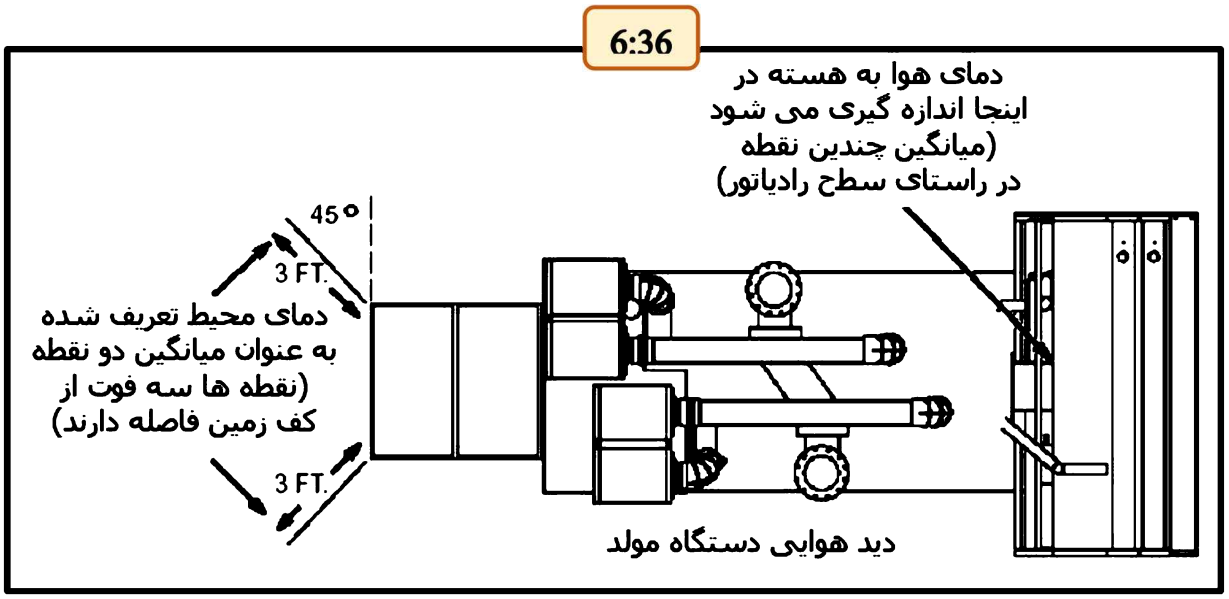
سیستم باید قادر باشد خنک سازی کافی را در بار کامل، حتی در شرایط بد جوی فراهم سازد. اگر یک سیستم خنک سازی تعبیه شده در کارخانه نصب شده است، باید تناسب این سیستم در ارتفاع و دمای محیطی محل کار تایید شود.



شکل ۷۹. دمای جوش آب به عنوان عملکردی از فشار سیستم و ارتفاع

درک تعریف دمای مجاور و مفهوم آن برای طرح و عملکرد سیستم سرد کننده مهم است. برای نصب باز یک دستگاه مولد (یعنی در یک محفظه یا ساختمان نصب نشده است) که رادیاتوری تعبیه شده در کارخانه دارد، دمای محیط، میانگین دمای اندازه گیری شده سه فوت دورتر از گوشه های انتهای مولد دستگاه (در 45°) و سه فوت بالاتر از کف تعریف شده است. برای دستگاه های محفظه دار یا نصب شده در ساختمان، دمای محیط معمولا در ورودی هوا به محدوده اندازه گیری می شود. دقت داشته باشد که جریان هوایی که از رادیاتور رد می شود ممکن است به طور چشمگیری از دمای محیط گرم تر

باشد. دمای هوا با جریان داشتن در اتاق و یا از پشت یا روبروی دستگاه (سمت دینام یا رادیاتور) گرم تر می شود. به همین دلیل، خیلی از رادیاتورهای تعبیه شده در کارخانه برای دمای هوا به هسته ی ۱۵ تا ۳۰ درجه فارنهایت (۸ تا ۱۷ درجه سانتی گراد) بیشتر از دمای محیط درجه بندی شده ی مجموعه ی خنک سازی طراحی شده اند. به شکل ۸۰ در صفحه ی ۲۱۴ برای اطلاع از تفاوت بین دمای محیط و دمای هوا به هسته در مورد مجموعه ی خنک سازی رادیاتور تعبیه شده در کارخانه مراجعه کنید.



شکل ۸۰. دمای محیط در برابر دمای هوا به هسته

در رادیاتور های تعبیه شده در خارج از کارخانه، دمای ضروری دمای هوا به هسته است. رادیاتوری باید انتخاب شود که لازمه های خنک سازی در این دمای هوا به هسته را، که می تواند بسیار بیشتر از دمای محیط مورد بحث واقع شده در بالا است، برآورده کند. این وظیفه ی طراح سیستم است تا اطمینان حاصل کند این لازمه ها برآورده می شود. دقت داشته باشید که دمای هوا به هسته باید میانگین چندین دما از مناطق مختلف جلوی رادیاتور باشد تا از نقاط "گرم" یا "سرد" اجتناب شود. به عنوان مثال، ممکن است هوا در مرکز جلوی رادیاتور گرم تر از هوا در نزدیکی گوشه های جلوی رادیاتور باشد.

در آب و اقلیم های سرد، هیترهای سرد کننده را می توان برای بهبود شروع به کار و پذیرش بار استفاده کرد. به بخش ۱-۷-۳-۶ صفحه ی ۲۱۱ مراجعه شود.

برای اطلاعات بیشتر در مورد تاثیرات ارتفاع و دما بر عملکرد دستگاه مولد، به بخش شرایط محیطی این راهنما مراجعه شود.

۶-۳-۸-۱ دمای محیطی محدود کننده ی سیستم (LAT)
(System Limiting Ambient Temperature (LAT))

دمای محیطی محدود کننده ی سیستم خنک کننده (LAT)، دمای محیطی است که تا آن اندازه خنک سازی مناسب برای دستگاه مولدی که در نیروی درجه بندی شده به صورت ممتد کار می کند صورت گیرد. در دماهای محیطی بالاتر از LAT، اگر دستگاه مولد به کار در نیروی کامل ادامه دهد، در نهایت از حداکثر دمای مخزن بالا که در برگه ی اطلاعات دستگاه مولد لیست شده است تجاوز می شود.

برای سیستم های رادیاتور تعبیه شده در کارخانه، LAT در برگه ی اطلاعات دستگاه مولد به صورت عملکرد محدودیت جریان هوا لیست شده است. برای سیستم های تعبیه شده در خارج از کارخانه، با توزیع کننده ی محصولات کامینز در محل خود برای دسترسی به AEB هایی که رویه های آزمایش برای تعیین LAT سیستم را توضیح می دهند تماس بگیرید.

۶-۳-۹ خنک سازی دینام (Alternator Cooling)

دینام به جریان ممتدی از هوای تهویه شده برای جلوگیری از گرم شدن بیش از حد لازم دارد. بخش تهویه در این راهنما را برای اطلاع بیشتر ببینید.

۶-۳-۱۰ آلودگی سیستم خنک سازی (Cooling System Fouling)

رادیاتور و دیگر ابزار حساس باید در برابر کثیفی و ذرات ریز محافظت شوند. سیستم های کثیف در راندمان بالا عمل نخواهند کرد، و این امر منجر به عملکرد ضعیف دستگاه مولد و مصرف غیر اقتصادی سوخت می شود. رادیاتور باید علاوه بر کثیفی و ذرات ریز، در برابر بخارهای هواکش محفظه ی میل لنگ که می توانند هسته ی رادیاتور را آلوده کرده یا مسدود کنند محافظت شود. به بخش تهویه در این راهنما برای اطلاعات بیشتر در مورد فیلتر کردن و تهویه محفظه ی میل لنگ موتور مراجعه کنید.

۶-۳-۱۱ قابلیت استفاده (Serviceability)

- فلکه ها باید دارای علامت "باز" و "بسته" ی واضحی باشند.
- باید امکان دسترسی به تمیز سازی و سرویس کل ابزار وجود داشته باشد.
- فلکه های تخلیه / ایزوله باید برای ایجاد امکان سرویس دستگاه مولد بدون خالی کردن کل سیستم خنک کننده نصب شوند.

تدارکات تخلیه / ایزوله سازی در سیستم های راه دور از اهمیت بیشتری برخوردارند. خالی کردن کل سرد کننده در این سیستم ها هزینه بر خواهد بود. شکل های بخش سیستم های سرد کننده ی دستگاه مولد نشان گر مکان فلکه های

تخلیه و ایزوله سازی استفاده شده در این کاربرد هستند. دقت داشته باشید که پس از این که سرویس دهی کامل شد تمامی فلکه ها باید به حالت عملیاتی برگردانده شوند.

دسترسی به تمیز کردن / سرویس دهی باید امکان جدا سازی هسته به رادیاتور را فراهم کند. در بعضی دستگاه ها، این امر نیاز به دسترسی به ابزار بزرگی دارد که ممکن است برای جداسازی هسته الزامی باشند.

۶-۳-۱۲ کاربردهای سیار (Mobile Applications)

- برای کاربردهای سیار، باید تدارکات خاصی برای دوام و توان دستگاه صورت گیرد.

کاربردهای سیار چالش های منحصر به فردی را ایجاد می کنند که در نصب دستگاه مولد ثابت وجود ندارد. ممکن است لرزه های مربوط به کاربردهای سیار نیرو به دستگاه مولد وارد کند که می تواند منجر به آسیب دیدن دستگاه شود. رادیاتور، لوله کشی سرد کننده و اتصالات شلنگ، و دیگر ابزار باید به گونه ای طراحی و تعیین شوند که در برابر این نیروها دوام بیاورند. برای اطلاعات بیشتر به بخش کاربردهای خاص – سیار در این راهنما مراجعه کنید.

۶-۴ خنک سازی موتور (Engine Cooling)

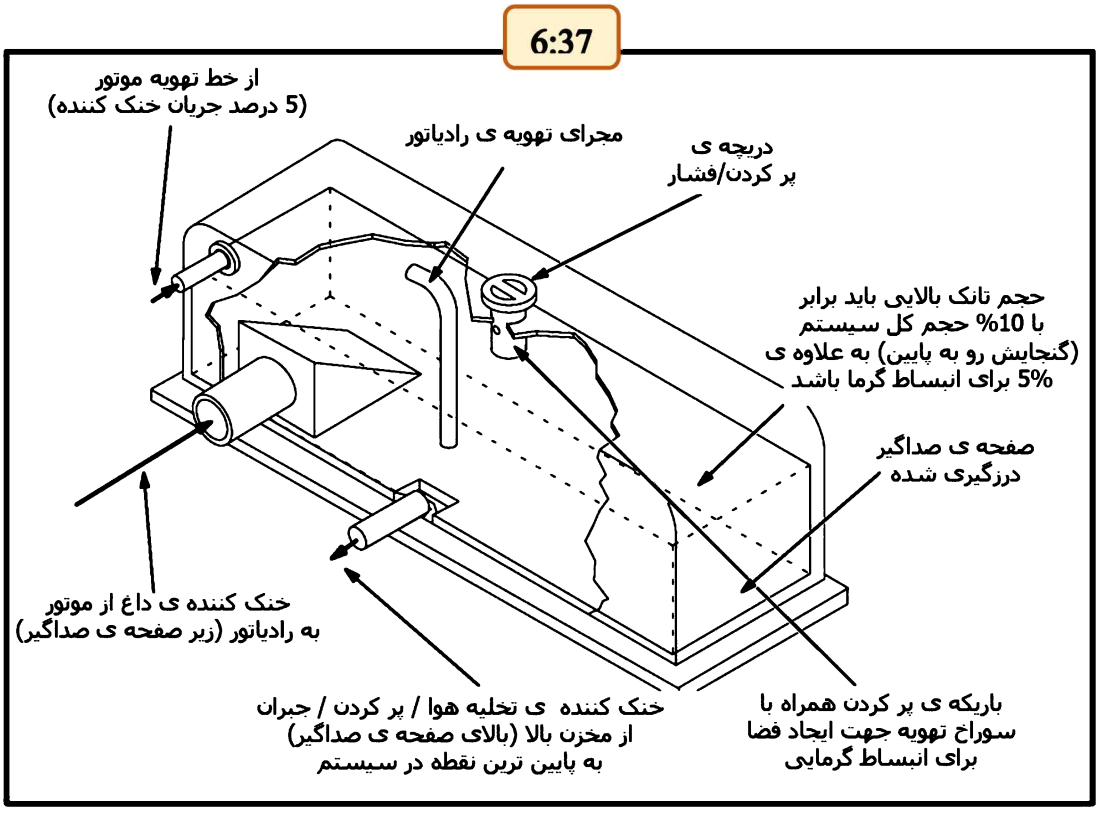
سیستم های سرد کننده برای عملکرد متقابل با دستگاه های مولد موتوری جهت از بین بردن گرما در موتور، بدون توجه به انتقال دهنده ی گرمای موجود، شاخصه های معمول زیر را دارا هستند:

- بخش موتور سیستم خنک کننده سیستم بسته و تحت فشاری (10-14 psi/ 69.0-96.6 kPa) است که با ترکیبی از آب صاف و سبک (بدون املاح)، اتیلین یا پروپلین گلیکول، و دیگر افزودنی ها پر می شود. موتورها نباید به صورت مستقیم توسط آب تصفیه نشده سرد شود، چرا که این امر به فرسایش در موتور و احتمال خنک سازی نامناسب منجر می شود. سمت "سرد" سیستم خنک سازی را می توان با یک رادیاتور، انتقال گرما، و یا برج خنک سازی سرویس داد.
- اندازه ی سیستم خنک سازی موتور باید با محیط و عوامل انتخاب شده سازگار باشد. در کاربردهای استندبای دمای مخزن بالای سیستم (دمای ورودی خنک کننده) معمولا از $220^{\circ}F$ ($104^{\circ}C$)، و در نصب های نیروی اصلی از $212^{\circ}F$ ($100^{\circ}C$) بیشتر نمی شود.
- سیستم خنک کننده باید مجهز به تدارکات تخلیه هوا و تهویه باشد تا از جمع شدن هوای حبابی در موتور به دلیل جریان سرد کننده ی متلاطم جلوگیری کرده و پر کردن صحیح سیستم خنک کننده ی موتور را فراهم سازد. این مساله بدین معنی است که علاوه بر اتصالات ورودی و خروجی خنک کننده ی اصلی، احتمال دارد حداقل یک دسته از خطوط تهویه به بالای سیستم خنک کننده منتهی شوند. به توصیه های سازنده ی موتور در مورد موتور خاص استفاده شده مراجعه کرده تا از الزامات دقیق آن اطلاع کسب کنید. برای دیدن شکل نموداری خطوط سرد کننده و تهویه در یک موتور معمول به شکل ۸۱ در صفحه ی ۲۱۸ مراجعه کنید.

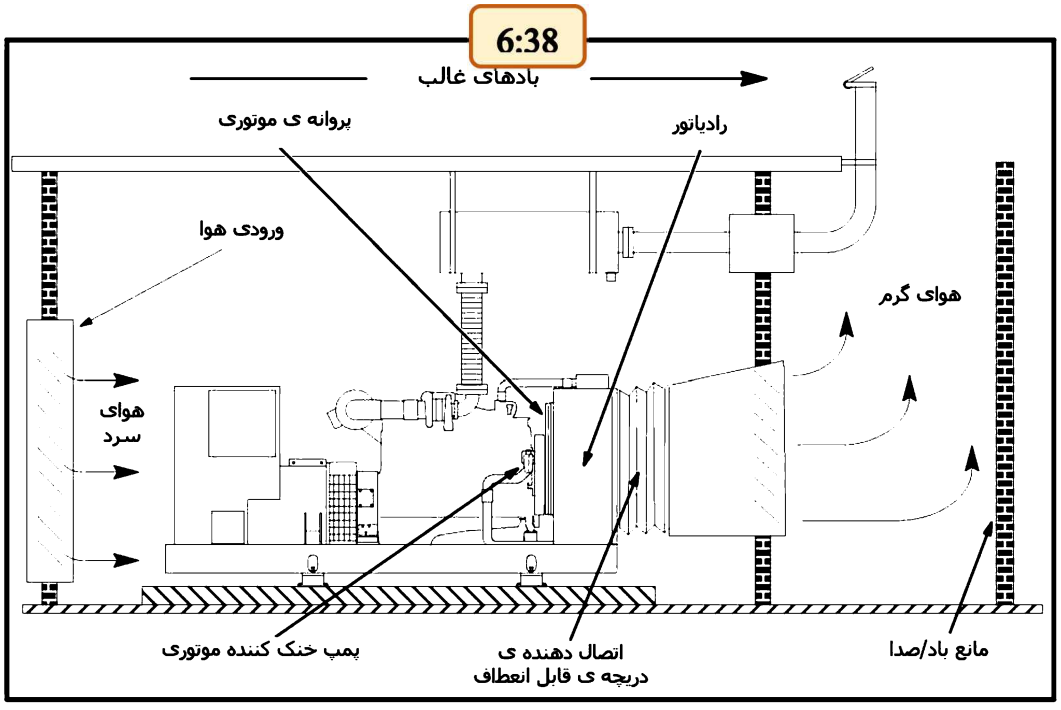
- از یک ترموستات بر روی موتور معمولا جهت این استفاده می شود تا موتور بتواند گرم شود و دمای موتور در سمت داغ سیستم سرد کننده تعدیل شود.
- طرح سیستم سرد کننده باید انبساط حجم سرد کننده را در حین افزایش دمای موتور در نظر بگیرد. تدارکات برای انبساط سرد کننده در حدود ۶٪ حجم معمول الزامی است.
- سیستم باید به گونه ای طراحی شود که همیشه راسی مثبت در پمپ سرد کننده ی موتور وجود داشته باشد.
- جریان های متناسب برای سرد کننده به کاهش دادن راس ایستا و اصطکاک پمپ خنک سازی موتور بستگی دارد. اگر از حدود راس ایستا و اصطکاک پمپ سرد کننده تجاوز شود، دستگاه مولد به خوبی کار نخواهد کرد. برای اطلاع یافتن در مورد این عوامل در سیستم های مولد خاص انتخاب شده با سازنده ی آن مولد تماس بگیرید. به بخش ۹-۴-۶ در صفحه ی ۲۳۵ برای دستورالعمل های مشخص در مورد اندازه ی لوله کشی سرد کننده و محاسبه ی راس ایستا و اصطکاک مراجعه کنید.
- موتور و سیستم های سرد کننده ی راه دور باید مجهز به تدارکات تخلیه و ایزوله سازی باشند تا سرویس و تعمیر موتور متناسب را امکان پذیر سازند.

۱-۴-۶ رادیاتورهای سوار بر تخته (Skid-Mounted Radiator)

دستگاه مولدی که مجهز به رادیاتور سوار بر تخته است (شکل ۸۲ در صفحه ی ۲۱۸) سیستم خنک سازی و تهویه ی سوار بر تخته ی یکپارچه ای می باشد. تصور می شود سیستم سرد کننده ی رادیاتور سوار بر تخته قابل اطمینان ترین و کم هزینه ترین سیستم سرد کننده برای دستگاه های مولد است، چرا که به کمترین میزان ابزار یدکی، لوله کشی، سیم کشی کنترل و سرد کننده نیاز دارد، و کار در محل سیستم سرد کننده ی دستگاه مولد را به حداقل می رساند. پروانه ی رادیاتور معمولا توسط موتور به حرکت در می آید، و طرح را ساده تر می کند. پروانه های الکتریکی در بعضی کاربردها مورد استفاده قرار می گیرند تا کنترل بیشتری در پروانه ی رادیاتور از منظر دمای سرد کننده ی موتور فراهم کنند. این مساله در محیط های شدیدا سرد بسیار مفید است.



شکل ۸۱. مخزن بالایی رادیاتور از نوع تخلیه هوا



شکل ۸۲. خنک کننده ی رادیاتور تعبیه شده در کارخانه

از آن جایی که سازنده ی دستگاه مولد معمولا سیستم های سرد کننده ی سوار بر تخته را طراحی می کند، سیستم باید تست آزمایشی شود تا عملکرد کلی سیستم در محیط آزمایشگاهی بررسی شود. محیط آزمایشگاهی کنترل شده ی دارای وسایل مورد نیاز در بررسی آسان عملکرد سیستم خنک کننده مفید است. اغلب محدودیت های فیزیکی در محل پروژه می تواند دقت و انجام پذیری آزمایش بررسی طرح را محدود کند.

نقطه ضعف اصلی رادیاتور سوار بر تخته الزام به انتقال حجم نسبتا زیادی از هوا به داخل اتاق مولد است، چرا که جریان هوای داخل اتاق باید برای تخلیه ی گرمای ساطع شده از دستگاه مولد و بیرون کردن آن از خنک کننده ی موتور کافی باشد. به قسمت تهویه در این بخش برای جزئیات طرح سیستم تهویه و محاسبات مربوط به طرح سیستم تهویه مراجعه کنید. پروانه ی موتور اغلب تهویه ی کافی برای اتاق ابزار فراهم کرده و نیاز به دیگر ابزار و سیستم های تهویه را رفع می کند.

۲-۴-۶ رادیاتور راه دور (Remote Radiator)

سیستم های رادیاتور راه دور اغلب در زمانی استفاده می شوند که در یک کاربرد خاص، هوای تهویه کافی را نمی توان برای سیستم سرد کننده ی سوار بر تخته فراهم کرد. رادیاتور های راه دور نیاز به تهویه اتاق دستگاه مولد را رفع نمی کنند، بلکه آن را کاهش می دهند. اگر یک سیستم سرد کننده رادیاتور راه دور مورد نیاز است، گام اول تعیین نوع آن سیستم راه دور است. این را می توان با محاسبه ی راس ایستا و اصطکاکی که بر اساس مکان فیزیکی موتور بر آن صدق می کند تعیین کرد.

اگر محاسبات نشان دهند که دستگاه مولد انتخاب شده برای کاربرد مورد نظر را می توان بدون فراتر رفتن از محدودیت راس ایستا و اصطکاک به رادیاتور راه دوری وصل کرد، می توان از یک سیستم رادیاتور راه دور ساده استفاده کرد. به شکل ۸۳ در صفحه ی ۲۲۲ مراجعه شود.

اگر از حد راس اصطکاک تجاوز شود، اما از راس ایستا تجاوز نشود، میتوان از سیستم رادیاتور راه دوری مجهز به پمپ خنک سازی یدکی استفاده کرد. به شکل ۸۱ در صفحه ی ۲۱۸ و قسمت رادیاتورهای راه دور مجهز به پمپ خنک سازی یدکی در این بخش مراجعه شود.

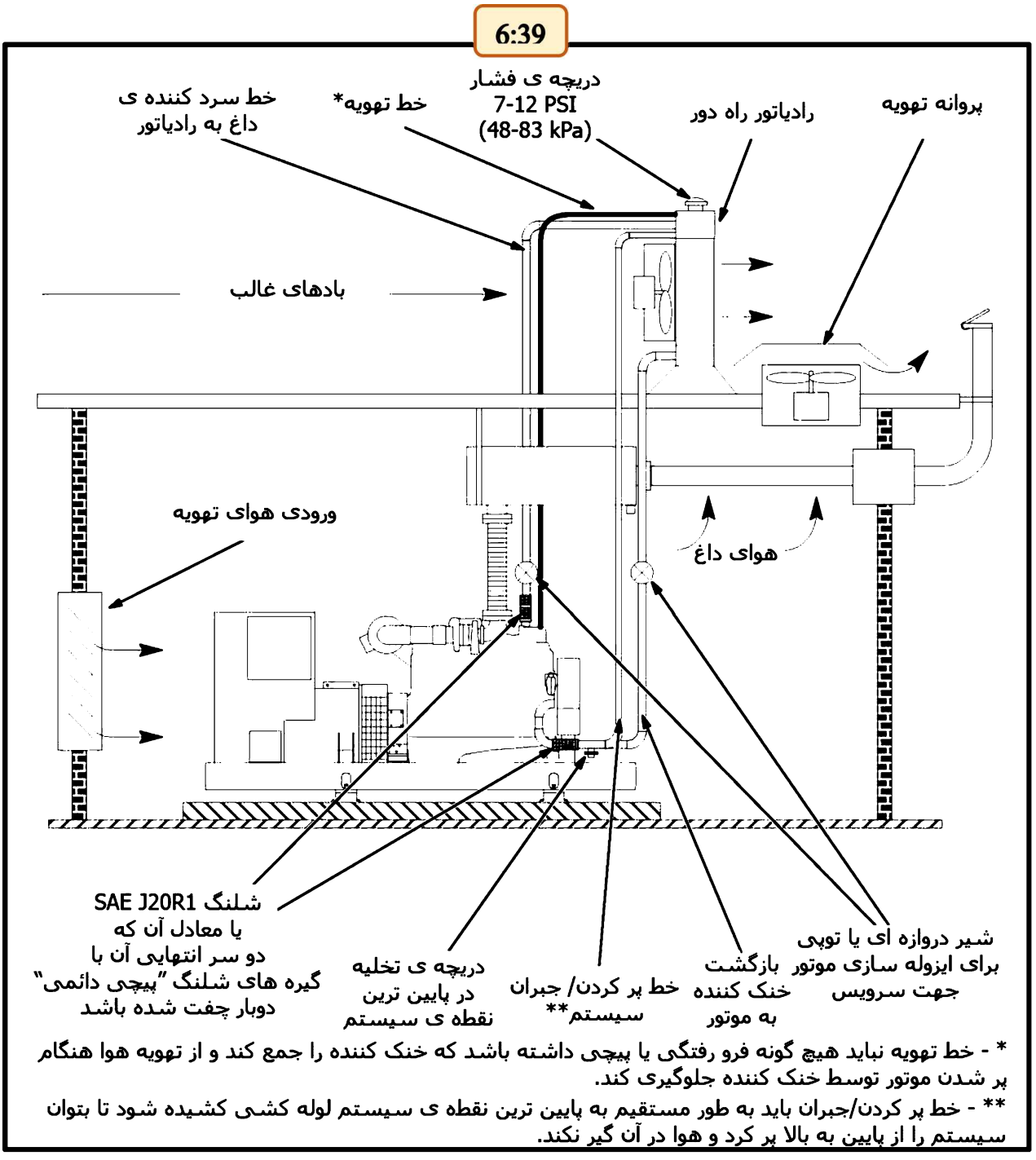
اگر از هر دو حد راس اصطکاک و ایستای موتور تجاوز شود، یک سیستم خنک سازی ایزوله برای دستگاه مولد نیاز است. این سیستم ممکن است شامل رادیاتوری راه دور مجهز به چشمه ی داغ، یا سیستم انتقال گرمای مایع به مایعی باشد.

هر کدام از سیستم ها که به کار رود، کاربرد رادیاتور راه دور برای سرد کردن موتور نیازمند طراحی دقیق است. عموما تمامی توصیه ها در مورد رادیاتورهای سوار بر تخته در مورد رادیاتور راه دور نیز صدق می کند. برای هر نوع از سیستم های انتقال گرما:

- توصیه می شود که رادیاتور و پروانه بر اساس دمای حداکثری مخزن بالایی رادیاتور 212 ° F (100 ° C) و گنجایش ۱۱۵ درصدی ظرفیت خنک کننده اندازه گرفته شود تا امکان تمیز کاری وجود داشته باشد. دمای پایین تر مخزن بالا (کم تر از آن چه که در خنک سازی موتور توصیف شد) از دست رفتن گرما از خروجی موتور به مخزن بالای رادیاتور راه دور را جبران می کند. با سازنده ی موتور برای اطلاعات بیشتر در مورد گرمای خارج شده از موتور به خنک کننده، و درجه های جریان خنک کننده مراجعه کنید.
- باید مخزن بالای رادیاتور یا مخزن یدکی ای در بالاترین نقطه در سیستم خنک سازی قرار گیرد. این مخزن باید به یک درپوش پر کردن/فشار، خط پر کردن سیستم به پایین ترین نقطه در سیستم (تا سیستم را بتوان از پایین به بالا پر کرد)، و یک خط تهویه از موتور که هیچ گونه فرو رفتگی یا زانویی نداشته باشد مجهز باشد (ممکن است فرورفتگی ها و انحناهای بالای راس سرد کننده را جمع کرده و از تهویه هوا هنگام پر شدن سیستم جلوگیری کنند). ابزار پر کردن سیستم باید در بالاترین نقطه ی سیستم قرار داشته باشد، و سوئیچ هشدار سطح سرد کننده ی پایینی باید در آن جا قرار گیرد.
- گنجایش مخزن بالای رادیاتور یا رادیاتور یدکی باید برابر با حداقل ۱۷ درصد حجم کل سرد کننده در سیستم باشد تا گنجایش سرد کننده ی "پایین رفتن سطح آب" (۱۱ درصد) و فضای انبساط گرمایی (۶ درصد) فراهم شود. گنجایش پایین رفتن سطح آب حجم خنک کننده ای است که ممکن است به دلیل نشت تدریجی شناسایی نشده و کاهش معمول درپوش فشار قبل از کشیده شدن هوا به پمپ سرد کننده از دست برود. فضا برای افزایش گرما توسط باریکه ی پر کردن در زمانی که سیستم سرد در حال پر شدن است ایجاد می شود. به شکل ۸۱ در صفحه ی ۲۰۹ مراجعه شود.
- برای کاهش کثیفی پرّه های رادیاتور، باید در محیط های کثیف رادیاتور هایی که فضای بین پرّه بیشتری دارند (۹ پرّه یا کمتر در هر اینچ) در نظر گرفته شوند.
- راس اصطکاک سرد کننده ی بیرون موتور (از دست رفتن فشار به دلیل اصطکاک لوله، قطعات، و رادیاتور) و راس ایستای خنک کننده (ارتفاع ستون مایع اندازه گیری شده از خط مرکزی میل لنگ) نباید از مقادیر حداکثری توصیه شده توسط سازنده ی موتور تجاوز کند. به محاسبه ی نمونه در این بخش برای روش محاسبه ی راس اصطکاک سرد کننده مراجعه کنید. اگر پیکر بندی سیستمی پیدا نشود که به موتور این امکان را دهد تا در محدوده راس اصطکاک و ایستا کار کند، باید نوع دیگری از سیستم خنک سازی مورد استفاده قرار گیرد.

  نکته: ممکن است راس ایستای سرد کننده ی بیش از حد (فشار) منجر به شیر پوشش میله ی پمپ سرد کننده شود. راس اصطکاک سرد کننده ی بیش از حد (از دست رفتن فشار) سرد کردن موتور نارس را به بار می آورد.
- شلنگ رادیاتور ۶ تا ۱۸ اینچی (۱۵۲ تا ۴۵۷ میلی متری)، که بر اساس SAE 20R1 یا استانداردی برابر با آن باشد، را باید برای اتصال لوله کشی سرد کننده به موتور استفاده کرد تا لرزش و حرکت دستگاه مولد را بگیرد.

- توصیه می شود دو سر شلنگ های رادیاتور با دو بست شلنگ پیچی دائم که مرغوب باشند بسته شوند تا خطر از کار افتادن ناگهانی سرد کننده ی موتور به دلیل جدا شدن شلنگ تحت فشار کاهش داده شود.
- باید فلکه ی تخلیه ای در پایین ترین قسمت سیستم نصب شود.
- فلکه های گرد یا دروازه ای (فلکه های کروی محدود کننده هستند) برای ایزوله سازی موتور توصیه می شود تا برای سرویس موتور کل سیستم نیاز به خالی شدن نداشته باشد.
- به یاد داشته باشید که دستگاه مولد باید پروانه ی رادیاتور راه دور، پروانه های تهویه، پمپ های سرد کننده و دیگر ابزار لازم برای کار در کاربرد سرد سازی راه دور را به صورت الکتریکی بچرخاند. لذا، ظرفیت kW به دست آمده توسط نچرخاندن پروانه به صورت مکانیکی معمولا با اضافه کردن دستگاه های الکتریکی لازم در سیستم خنک سازی راه دور استفاده می شود. به یاد داشته باشید که این بارهای الکتریکی را به کل بار لازم برای دستگاه مولد اضافه کنید.
- توصیه های کلی در مورد تهویه و کاربردهای انتقال گرما و رادیاتور راه دور را در این بخش، که در مورد تهویه ی اتاق مولد در زمان استفاده از خنک سازی راه دور است ببینید.



* - خط تهویه نباید هیچ گونه فرو رفتگی یا پیچی داشته باشد که خنک کننده را جمع کند و از تهویه هوا هنگام پر شدن موتور توسط خنک کننده جلوگیری کند.

** - خط پر کردن/جبران باید به طور مستقیم به پایین ترین نقطه ی سیستم لوله کشی کشیده شود تا بتوان سیستم را از پایین به بالا پر کرد و هوا در آن گیر نکند.

شکل ۸۳. خنک سازی رادیاتور راه دور (سیستم نوع تخلیه، به شکل ۸۱ در صفحه ی ۲۱۸ مراجعه شود).

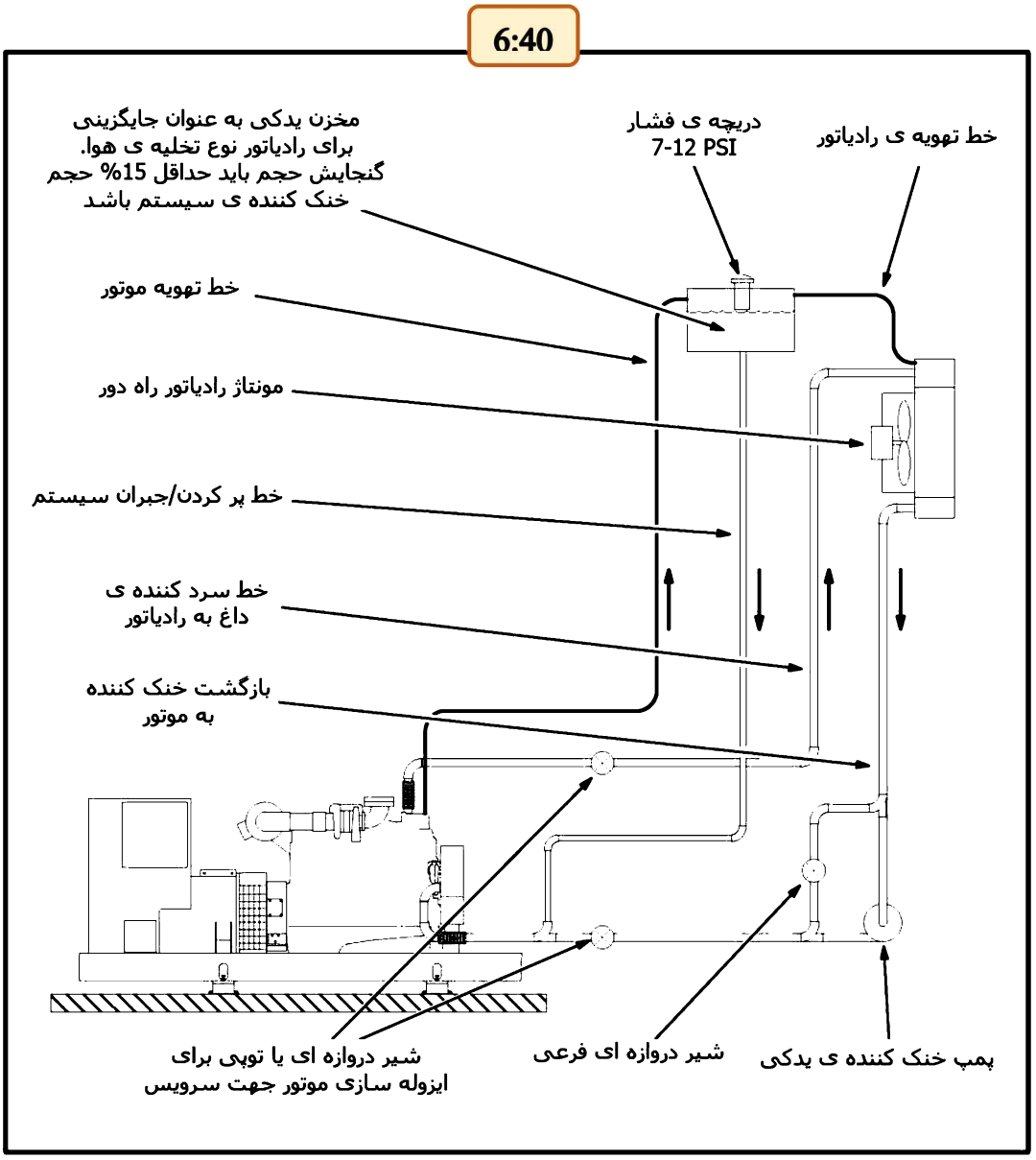
۶-۴-۳ سیستم رادیاتور راه دور نوع تخلیه
(Deaeration Type Remote Radiator System)

باید مخزن بالایی رادیاتور نوع تخلیه (که به نام مخزن بالایی پلمب شده نیز شناخته می شود) یا مخزن یدکی تهیه شود. در این سیستم، بخشی از جریان سرد کننده (در حدود ۵ درصد) به سمت مخزن بالایی رادیاتور در بالای صفحه ی حائل کشیده می شود. این امر به هوای حبابی در خنک کننده این امکان را می دهد تا قبل از بازگشت خنک کننده به سیستم از سرد کننده جدا شود. مسائل زیر را در نظر بگیرید:

- خطوط تهویه رادیاتور و موتور باید به سمت بالا کشیده شوند، بدون هیچ فرورفتگی یا چرخش که می توانند خنک کننده را گیر انداخته و از تهویه هوا در هنگام پر شدن سیستم جلوگیری کنند. استیل سخت یا مجرای پلی استیرین برای مسیرهای بلند، و خصوصا عمودی، توصیه می شوند تا از گود افتادن بین پایه ها جلوگیری شود.
- خط پر کردن/تعدیل نیز باید بدون هیچ فرورفتگی از پایین ترین نقطه ی سیستم لوله کشی به محل اتصال در مخزن بالای رادیاتور یا مخزن یدکی کشیده شود. هیچ لوله کشی دیگری نباید به آن متصل باشد. این رویه به سیستم این امکان را می دهد تا بدون گیر انداختن هوا و ایجاد این تصور که سیستم پر شده است آن را از پایین پر کند. با اتصالات تهویه ی مناسب و خط پر کردن، امکان پر کردن سیستم با سرعت حداقلی 5 gpm (19 لیتر بر دقیقه) (تقریبا برابر با جریان شلنگ باغبانی) ایجاد می شود.

۶-۴-۴ رادیاتور راه دور مجهز به سرد کننده ی یدکی
(Remote Radiator with Auxiliary Coolant Pump)

رادیاتور راه دوری مجهز به پمپ سرد کننده ی یدکی (شکل ۸۴ در صفحه ی ۲۲۴) را می توان در صورتی که اصطکاک خنک کننده از مقدار حداکثری توصیه شده توسط سازنده ی موتور تجاوز کند، اما راس ایستا در محدوده ی مشخص شده باقی بماند، استفاده کرد. علاوه بر توصیه های مربوط به رادیاتور راه دور، مسائل زیر را نیز در نظر بگیرید :



شکل ۸۴. رادیاتور راه دور مجهز به پمپ سرد کننده یدکی و مخزن یدکی

- پمپ و موتوری یدکی را باید برای جریان خنک سازی توصیه شده توسط سازنده ی موتور اندازه کرد و فشار کافی برای غلبه بر راس اصطکاک سرد کننده ی اضافی ای وجود داشته باشد که توسط روش نشان داده شده در مثال قبلی محاسبه می شود.

نکته: راس پمپ تک پایه (اطلاعات سازنده ی پمپ) برابر با 0.43 PSI راس اصطکاک سرد کننده (از دست رفتن فشار) یا راس ایستای سرد کننده تک پایه (ارتفاع ستون مایع) است.

- فلکه ی دروازه ی فرعی (فلکه های کروی محدود کننده هستند) باید به دو دلیل زیر در موازات با پمپ یدکی لوله کشی شوند:
  - برای ایجاد امکان تنظیم راس به وجود آمده توسط پمپ یدکی (فلکه در وضعیتی نسبتا باز تنظیم شده است تا بخشی از جریان را از طریق پمپ دوباره به گردش در بیاورد).
  - برای ایجاد امکان عملکرد دستگاه مولد تحت بار جزئی در صورتی که پمپ یدکی از کار بیفتد (فلکه در وضعیتی کاملا باز تنظیم شده است).
- فشار خنک کننده در ورودی پمپ خنک کننده ی موتور، که در هنگام کار موتور در سرعت درجه بندی شده اندازه گیری شده است، نباید از حداکثر راس ایستای مجاز نشان داده شده در برگه مشخصات دستگاه مولد توصیه شده تجاوز کند. در ضمن، در مورد سیستم های سرد کننده نوع تخلیه هوا (دستگاه های مولد 230/200 kW و بیشتر)، راس پمپ یدکی نباید خنک کننده را از خط تعدیل به مخزن بالای رادیاتور یا مخزن یدکی با فشار وارد کند. در هر حالت، فلکه ی فرعی پمپ باید به گونه ای تنظیم شود که راس پمپ را به میزان قابل قبول کاهش دهد.
- از آن جایی که موتور دستگاه مولد لازم نیست پروانه ی رادیاتور را به صورت مکانیکی بچرخاند، ممکن است ظرفیت kW اضافه ای در خروجی دستگاه مولد وجود داشته باشد. برای دسترسی به نیروی خالص به دست آمده از دستگاه مولد، بار پروانه ی ارائه شده در برگه ی مختصات دستگاه مولد را به درجه بندی نیروی دستگاه اضافه کنید. به یاد داشته باشید که دستگاه مولد باید پروانه رادیاتور راه دور، پروانه های تهویه، پمپ های سرد کننده، و دیگر وسایل لازم برای دستگاه جهت عملکرد در کاربردهای رادیاتور راه دور را به صورت الکتریکی بچرخاند. لذا ظرفیت kW به دست آمده توسط نچرخاندن مکانیکی پروانه معمولا با اضافه کردن دستگاه های الکتریکی لازم در سیستم خنک سازی راه دور استفاده می شود.

۵-۴-۶ رادیاتور راه دور مجهز به چشمه ی داغ (Remote Radiator with Hot Well)

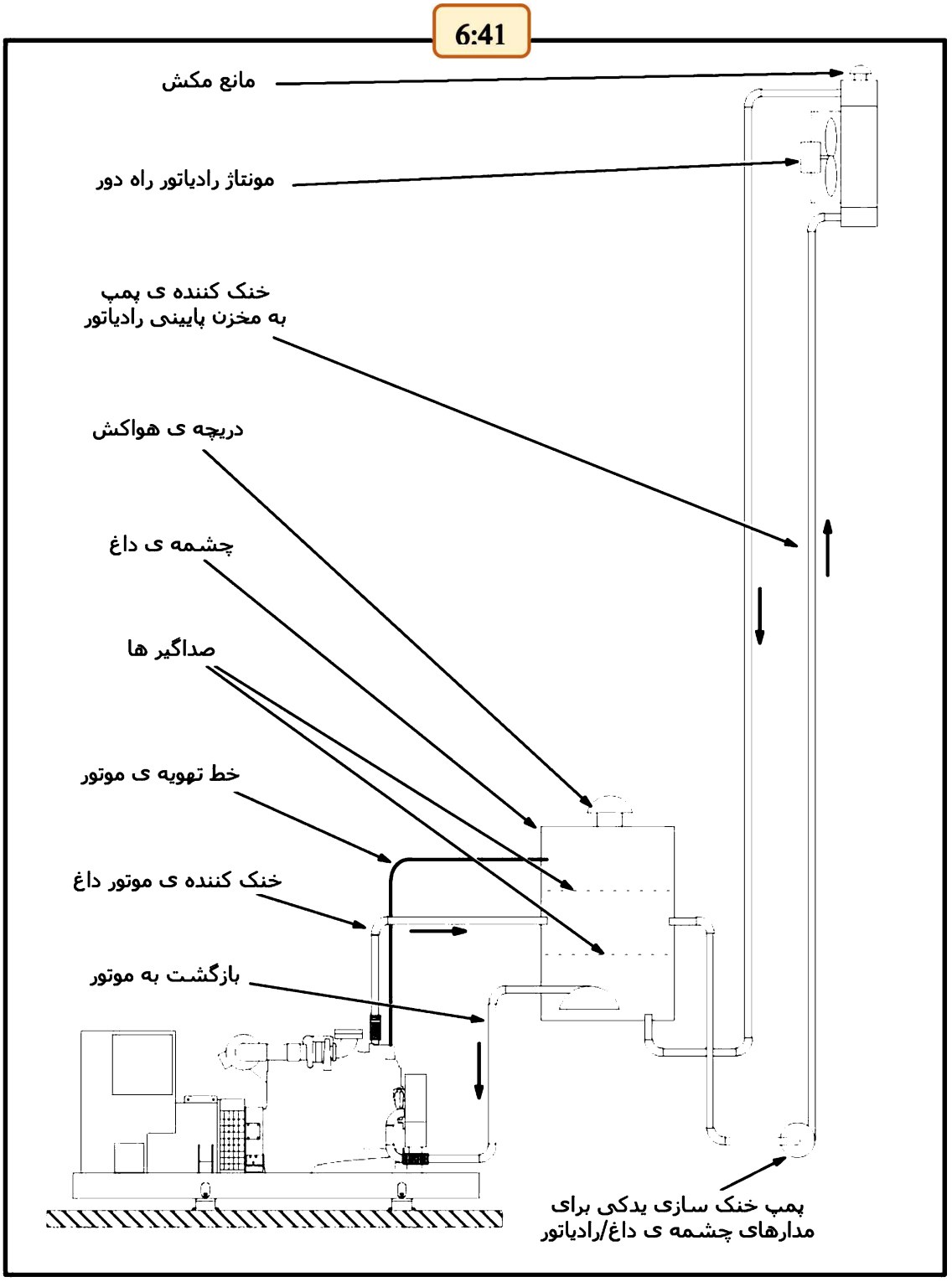
رادیاتور راه دور مجهز به چشمه ی داغ (شکل ۸۵ صفحه ی ۲۲۷) را می توان در صورتی استفاده کرد که بالا بردن رادیاتور روی خط مرکز میل لنگ باعث فراتر رفتن از راس ایستای مجاز خنک کننده که در برگه ی شاخص های دستگاه مولد توصیه شده آمده است شود. در یک سیستم چشمه ی داغ، پمپ سرد کننده ی موتور خنک کننده را بین موتور و چشمه ی داغ به گردش در می آورد و پمپی یدکی سرد کننده را بین چشمه داغ و رادیاتور می چرخاند. سیستم چشمه ی داغ به طراحی دقیقی نیاز دارد.

علاوه بر ملاحظات مربوط به رادیاتور راه دور، به مسائل زیر نیز توجه کنید:

- انتهای چشمه ی داغ باید بالای خروجی خنک کننده ی موتور باشد.

- جریان سرد کننده در مسیر چشمه ی داغ/رادیاتور باید تقریبا برابر با جریان سرد کننده در موتور باشد. رادیاتور و پمپ یدکی باید طبق آن اندازه گرفته شوند. راس پمپ باید برای غلبه بر جمع راس های ایستا و اصطکاک در مسیر چشمه ی داغ/رادیاتور کافی باشد.

  نکته: راس پمپ تک پایه (اطلاعات سازنده ی پمپ) برابر با 0.43 PSI راس اصطکاک سرد کننده (از دست رفتن فشار) یا راس ایستای سرد کننده تک پایه (ارتفاع ستون مایع) است.
- گنجایش نگه داری مایع چشمه ی داغ باید کمتر از جمع حجم های زیر نباشد:
  - ¼ حجم سرد کننده پمپاژ شده در موتور بر حسب دقیقه (یعنی ۲۵ گالن اگر جریان 100 gpm باشد) (۱۰۰ لیتر اگر جریان ۴۰۰ لیتر بر دقیقه باشد)، و
  - ¼ حجم سرد کننده پمپاژ شده در رادیاتور بر حسب دقیقه (یعنی ۲۵ گالن اگر جریان 100 gpm باشد) (۱۰۰ لیتر اگر جریان ۴۰۰ لیتر بر دقیقه باشد)، و
  - حجم لازم برای پر کردن رادیاتور و لوله کشی، به علاوه ی ۵ درصد کل حجم سیستم برای افزایش گرما
- طراحی دقیق اتصالات ورودی و خروجی و دیواره های حائل برای به حداقل رساندن تلاطم خنک کننده، ایجاد امکان تخلیه هوای آزادانه و به حداکثر رساندن ترکیب جریان های سرد کننده ی موتور و رادیاتور ضروری است.
- سرد کننده باید در مخزن پایینی رادیاتور پمپاژ شده و از مخزن بالا برگردد، وگرنه پمپ قادر نخواهد بود رادیاتور را به طور کامل پر کند.
- پمپ یدکی باید پایین تر از سطح پایین خنک کننده در چشمه ی داغ باشد تا همیشه در اول قرار گیرد.
- رادیاتور باید دارای یک فلکه ی بررسی فرو نشاندن مکش باشد تا امکان پایین رفتن جریان به چشمه ی داغ وجود داشته باشد.
- چشمه ی داغ باید دریچه ی هواکش حجم بالایی داشته باشد تا این امکان را فراهم سازد که در زمان پر شدن رادیاتور و لوله کشی توسط پمپ یدکی، سطح خنک کننده پایین بیاید.
- به یاد داشته باشید که دستگاه مولد باید به صورت الکتریکی پروانه ی رادیاتور راه دور، پروانه های تهویه، پمپ های سرد کننده و دیگر ابزار لازم برای عملکرد در کاربردهای خنک سازی راه دور را بچرخاند. لذا، ظرفیت kW به دست آمده با نچرخاندن مکانیکی پروانه معمولا از طریق اضافه کردن دستگاه های الکتریکی لازم در سیستم خنک سازی راه دور استفاده می شود. به یاد داشته باشید که این بارهای الکتریکی را به کل بارهای لازم برای دستگاه مولد اضافه کنید.



شکل ۸۵. رادیاتور راه دور همراه با چشمه ی داغ و پمپ سرد کننده ی یدکی

۶-۴-۶ خنک سازی موتور چند دوره – رادیاتورهای راه دور
(Multi-Loop Engine Cooling - Remote Radiators)

بعضی طرح های موتور از بیش از یک چرخه ی خنک سازی استفاده می کنند و در نتیجه به بیش از یک مدار رادیاتور راه دور یا انتقال دهنده ی گرما برای کاربردهای خنک سازی راه دور نیاز دارند. این موتورها از رویه های مختلفی جهت دستیابی به خنک سازی ثانوی دمای پایین (LTA) هوای ورودی برای احتراق استفاده می کنند. دلیل اصلی ساخت چنین طرح هایی تاثیر آن ها بر بهبود سطح انتشار اگزوز است. با این وجود همه ی این مدل ها به آسانی با خنک سازی راه دور سازگار نمی شوند.

۶-۴-۶-۱ دو پمپاژ، دو چرخه (Two-Pump, Two-Loop)

رویه ای معمول در خنک سازی ثانوی دمای پایین استفاده از دو مدار خنک سازی کامل و جدا همراه با دو رادیاتور، دو پمپ خنک کننده و سرد کننده ی مایع جداگانه برای هر کدام از مدار ها است. یک مدار پوشش آب موتور را سرد می کند، در حالی که دیگری هوای احتراق ورودی را پس از عمل توربو چارج سرد می کند. در خنک سازی راه دور، این موتورها به دو رادیاتور راه دور یا انتقال دهنده ی گرمای کاملا جدا نیاز دارند. هر کدام از آن ها شاخصه های دمایی، محدودیت فشار، خروج گرما و دیگر موارد را به صورت جداگانه دارا می باشد که باید در سیستم های راه دور برآورده شود. این اطلاعات را می توان از سازنده ی موتور گرفت. اساسا دو مدار باید طراحی شوند، که هر کدام به ملاحظات سیستم راه دور تکی نیاز داشته و باید تمامی ضابطه های سیستم راه دور تکی را رعایت کند. به شکل ۸۶ در صفحه ی ۲۳۰ مراجعه شود.

نکته: تعیین مکان رادیاتور در مدار LTA برای دستیابی به خروجی انرژی لازم در این مدار امری مهم است. هنگامی که LTA و رادیاتور آب پوششی پشت به یک دیگر همراه با پروانه ای تکی قرار گیرند، رادیاتور LTA باید در خلاف جهت جریان ها قرار گیرد تا سردترین هوا در بالای آن جریان داشته باشد.

۶-۴-۶-۲ یک پمپاژ، دو چرخه (One-Pump, Two-Loop)

طرح های موتور عمدتا روند خنک سازی ثانوی دمای پایین را از طریق استفاده از دو مدار خنک سازی در موتور، دو رادیاتور، ولی تنها یک پمپ خنک سازی صورت می دهند. این سیستم ها برای کاربردهای خنک سازی راه دور توصیه نمی شوند، چرا که دستیابی به جریان خنک سازی متوازن و در نتیجه متناسب خنک سازی هر مدار دشوار است.

۶-۴-۶-۳ خنک سازی ثانوی هوا به هوا (Air-to-Air Aftercooling)

راهی دیگر در دستیابی به خنک سازی ثانوی دمای پایین استفاده از مدار سرد کننده ی رادیاتور هوا به هوا به جای طرح هوا به مایع توصیف شده در بالا است. این طرح ها هوای توربو چارج شده را از رادیاتور رد می کنند تا قبل از ورود به انشعاب (های) ورودی سرد شده باشد. این سیستم ها معمولا به دو دلیل برای خنک سازی راه دور توصیه نمی شوند. اولا، کل سیستم لوله کشی و رادیاتور تحت فشار توربو چارج شده کار می کنند. کوچک ترین نشت از سوراخی کوچک در این

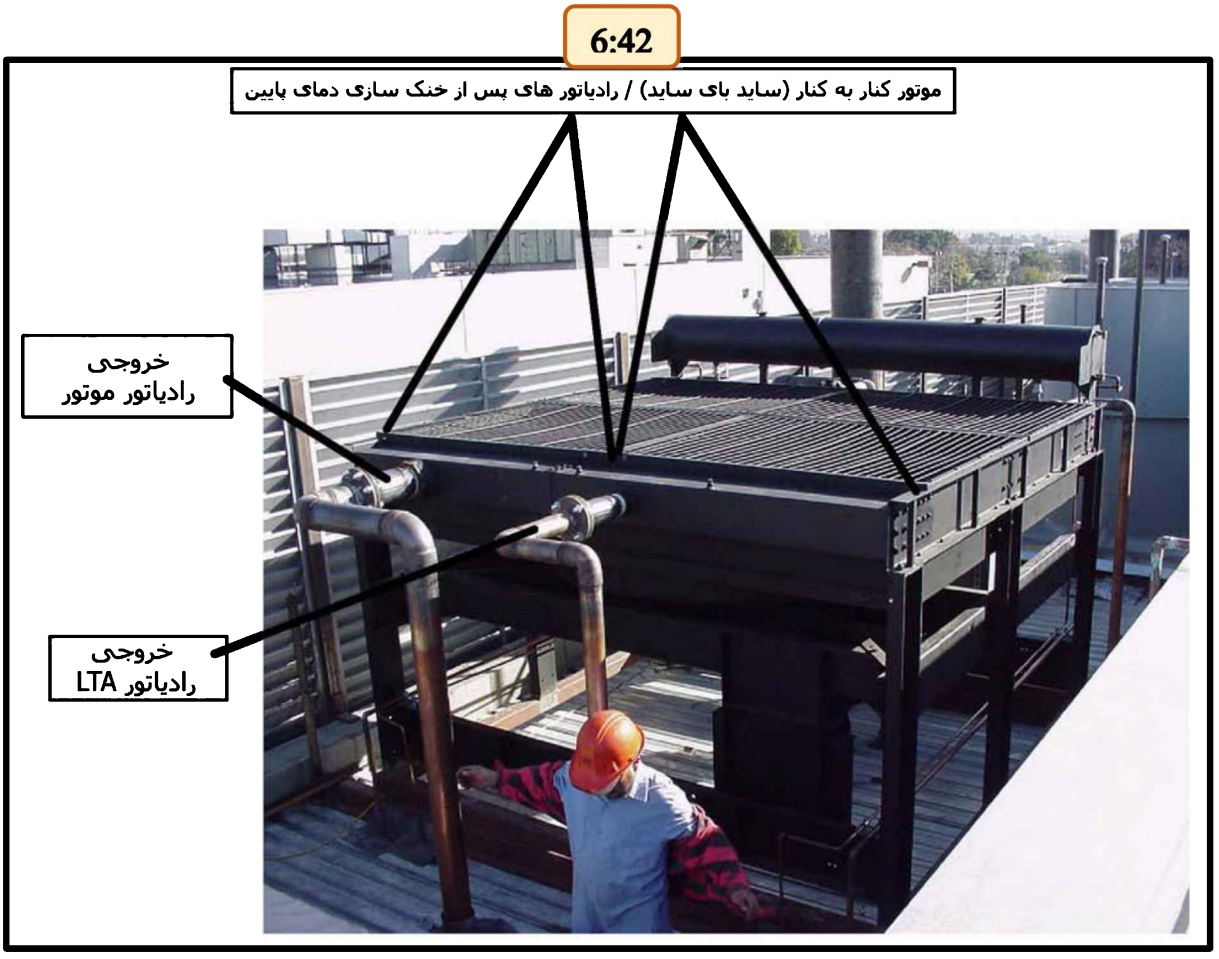
سیستم نیز راندمان توربو چارجر را به طور چشمگیری کاهش داده و قابل قبول نیست. دوما، طول مجرای هوایی که به رادیاتور کشیده شده و برمیگردد فاصله ای زمانی در عملکرد توربو چارج کردن ایجاد کرده و در انتها باعث به وجود آمدن پالس های فشاری می شود که از عملکرد صحیح موتور جلوگیری می کند.

۶-۴-۷ رادیاتورها برای کاربردهای رادیاتوری راه دور
(Radiators for Remote Radiator Applications)

۶-۴-۷-۱ رادیاتورهای راه دور (Remote Radiators)

رادیاتورهای راه دور برای کاربردهای دستگاه مولد در پیکر بندی های گوناگونی موجود می باشند. در تمامی موارد، رادیاتور اه دور از پروانه ای استفاده می کند که توسط موتوری الکتریکی به کار می افتد و باید به طور مستقیم از ترمینال های خروجی دستگاه مولد تغذیه شود. مخزن فراتاخت باید حداقل ۵ درصد کل گنجایش خنک سازی سیستم را به خود اختصاص دهد. درپوش فشار نصب شده در آن جا بر اساس اندازه ی رادیاتور انتخاب شده است. ممکن است نیاز باشد خطوط تهویه نیز به مخزن فراتاخت کشیده شوند. یک شیشه ی شفاف شاخصه ای دلخواه است تا سطح خنک کننده ی سیستم قابل رویت باشد. این شیشه باید علامت گذاری شده تا سطح عادی گرم و سرد را نشان دهد. سوئیچ سطح سرد کننده ای نیز باید استفاده شود تا خطای احتمالی سیستم را در زمان پایین بودن سرد کننده نشان دهد.

بعضی نصب های رادیاتور راه دور با استفاده از پروانه های رادیاتوری کنترل شده توسط ترموستات کار می کنند. در این موارد، ترموستات معمولا بر روی ورودی رادیاتور نصب می شود.



شکل ۸۶. رادیاتور از راه دور افقی و رادیاتور خنک سازی ثانوی

ممکن است رادیاتور ها از نوع افقی (هسته ی رادیاتور در موازات سطح سوار شدن قرار دارد) یا عمودی (هسته ی رادیاتور قائم بر سطح سوار شدن قرار دارد) باشند (به شکل ۸۶ در صفحه ی ۲۲۰ مراجعه شود). رادیاتورهای افقی اغلب به این دلیل انتخاب می شوند که بزرگترین منشاء های صدا در رادیاتور (صدای کار کردن پروانه) را به سمت بالا هدایت می کنند، جایی که احتمال می رود کسی وجود نداشته باشد که از شنیدن آن اذیت شود. با این وجود، رادیاتورهای افقی با پوشش برفی یا تشکیل لایه ی یخ غیر فعال می شوند، لذا در مناطق سرد استفاده نمی شوند.

رادیاتورهای راه دور به رویه های نگه داری ساده ای نیاز دارند، اما در صورت استفاده، اگر توسط تسمه به حرکت در می آیند بررسی و سفت کردن تسمه های پروانه باید شامل رویه نگه داری سالانه ی آن ها باشد. ممکن است بعضی رادیاتورها از بلبرینگ های قابل گریس کاری مجدد استفاده کنند که نیاز به نگه داری منظم دارند. از این که پره های پروانه تمیز هستند و توسط گرد و خاک یا دیگر عوامل خارجی مسدود نشده اند اطمینان حاصل کنید.

۲-۷-۴-۶ انتقال دهنده ی گرمای سوار بر تخته (Skid-Mounted Heat Exchanger)

موتور، پمپ و انتقال دهنده ی گرمای مایع به مایع سیستم خنک سازی بسته و تحت فشاری را تشکیل می دهند (شکل ۸۷ در صفحه ی ۲۳۲). خنک کننده ی موتور و آب خنک کننده ی خام (طرف "سرد" سیستم) ترکیب نمی شوند. مسائل زیر را در نظر بگیرید:

- اتاق ابزار دستگاه مولد به سیستم تهویه ی قدرتمندی نیاز دارد. قسمت تهویه در این بخش را برای اطلاعات بیشتر در مورد حجم هوای لازم برای تهویه ی مناسب ببینید.
- از آن جایی که موتور دستگاه مولد نباید به طور مکانیکی پروانه ی رادیاتور را بچرخاند، ممکن است ظرفیت kW اضافی ای در خروجی دستگاه مولد به وجود آید. برای بدست آوردن نیروی خالص در دسترس در دستگاه مولد، بار پروانه ی مشخص شده در برگه ی مشخصات دستگاه مولد را به درجه بندی نیروی دستگاه اضافه کنید. به یاد داشته باشید که دستگاه مولد باید پروانه ی رادیاتور راه دور، پروانه ی تهویه، پمپ های سرد کننده و دیگر ابزار های ضروری را به صورت الکتریکی تغذیه کند تا دستگاه در کاربردهای رادیاتور راه دور کار کند. لذا، ظرفیت kW به دست آمده از طریق نچرخاندن مکانیکی پروانه معمولا توسط ابزارهای الکتریکی دیگر که برای
سیستم خنک سازی راه دور ضروری هستند مصرف می شود.
- در صورتی که فشار منبع آب بر سمت سرد سیستم از درجه بندی فشار انتقال دهنده ی گرما فراتر رود، فلکه ی کاهش فشاری را باید فراهم کرد. با سازنده ی انتقال دهنده ی گرما برای دسترسی به اطلاعات مربوط به انتقال دهنده ی گرما مراجعه کنید.
- اگر دمای محیط به زیر $32^\circ\mathrm{F}$ ($0^\circ\mathrm{C}$) برسد، انتقال دهنده ی گرما و لوله کشی آب باید در برابر یخ زندگی محافظت شوند.
- گزینه های توصیه شده شامل فلکه ی آب ترموستاتیک (غیر الکتریکی)، برای تعدیل جریان آب در برابر دمای خنک کننده، و فلکه ی خاموش معمولا بسته ای (NC) است که توسط باتری تغذیه شده و آب را در زمانی که دستگاه کار نمی کند قطع می کند.
- باید جریان آب خام کافی برای زدودن گرمای خارج شده به خنک کننده که در برگه ی شاخص های دستگاه مولد ذکر شده است وجود داشته باشد. دقت داشته باشید که برای هر ۱ درجه فارنهایت افزایش در دما، یک گالن آب تقریبا $8\ \mathrm{BTU}$ (گرمای مشخص) را جذب می کند. هم چنین، توصیه می شود که آب خام خارج شده از انتقال دهنده ی گرما از $140^\circ\mathrm{F}$ ($60^\circ\mathrm{C}$) گرم تر نباشد.

لذا :

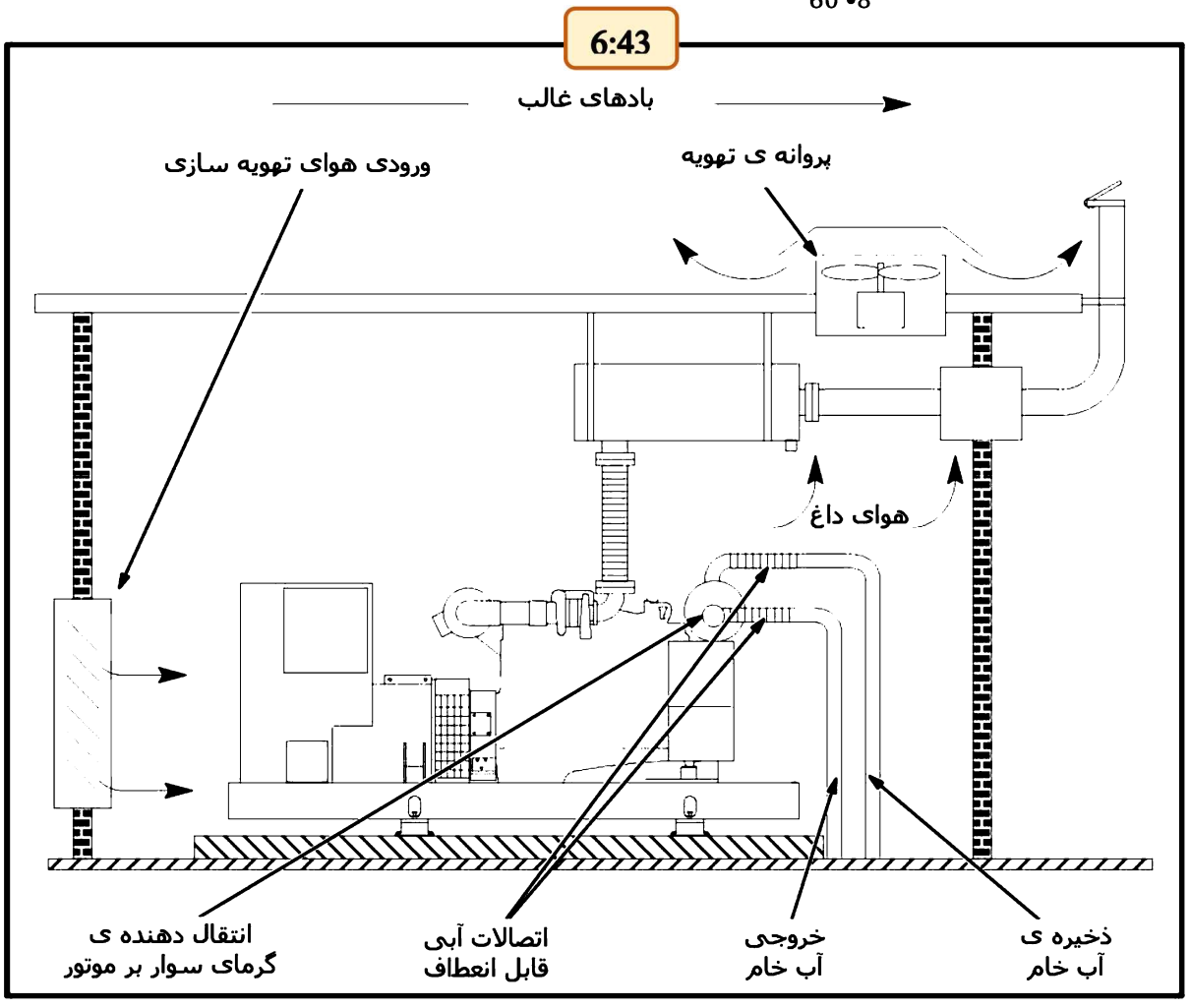
$$\text{آب خام لازم } (GPM) = \frac{\text{گرمای خارج شده } (\frac{Btu}{min})}{\Delta T(F) \times C(\frac{8Btu}{F-Gallon})}$$

در حالی که:

c = دمای مشخص آب ΔT = افزایش دمای آب در هسته

اگر دستگاهی 19200 BTU در دقیقه خارج کند و دمای ورودی آب خام $80^\circ F$ باشد و به آب امکان این را دهد که $60^\circ F$ افزایش دما داشته باشد:

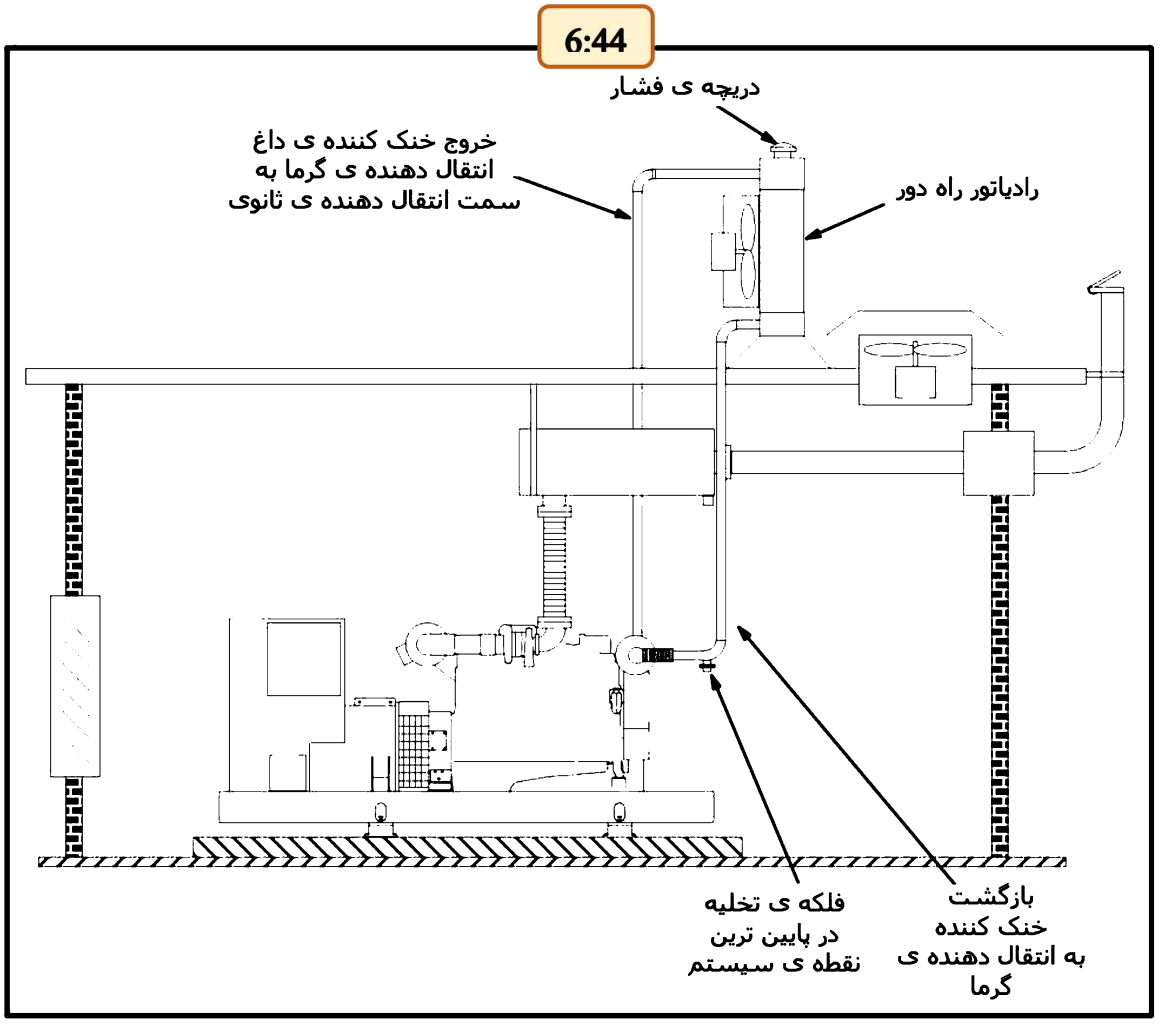
$$\text{آب خام مورد نیاز} = \frac{19200}{60 \bullet 8} = 40 \text{ gpm}$$



شکل ۸۷. خنک سازی انتقال دهنده ی گرمای تعبیه شده در کارخانه

۳-۷-۴-۶ سیستم های انتقال گرمای دوگانه (Dual Heat Exchanger Systems)

طراحی و به کارگیری سیستم های انتقال گرمای دوگانه (شکل ۸۸ در صفحه ی ۲۳۳) امری دشوار است، به خصوص اگر سیستم خنک سازی ثانوی ای مثل یک رادیاتور برای خنک کردن انتقال دهنده ی گرما مورد استفاده قرار گیرد. در چنین شرایطی ممکن است دستگاه راه دور از آن چه تصور می شود بزرگ تر باشد، چون که تغییر در دمای انتقال دهنده ی گرما نسبتا کم است. این سیستم ها باید برای کاربردهای خاص طراحی شوند، و در طراحی آن ها باید به الزامات موتور، انتقال دهنده ی گرمای مایع به مایع، و دستگاه انتقال دهنده ی گرمای راه دور توجه شود.



شکل ۸۸. سیستم انتقال دهنده ی گرمای دوگانه (مجهز به خنک کننده ی مایع به هوای ثانوی)

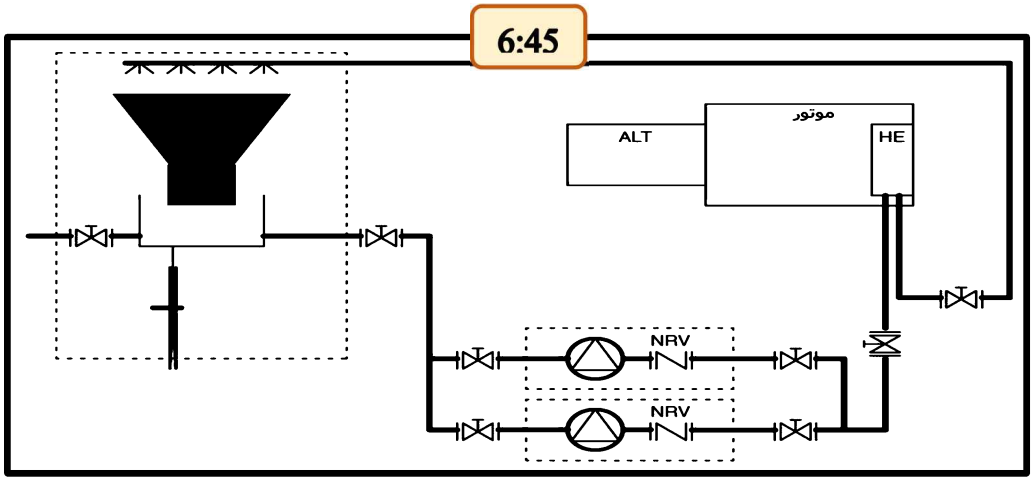
۶-۴-۷-۴ کاربردهای برج خنک سازی (Cooling Tower Applications)

سیستم های برج خنک سازی را می توان در کاربردهایی به کار برد که در آن دمای محیط به زیر صفر درجه سانتی گراد (یخ زدن) کاهش پیدا نمی کند، و در جاهایی که سطح رطوبت به اندازه ای پایین است که عملکرد موثر سیستم را امکان پذیر کند. آرایش معمول دستگاه در شکل ۸۹ در صفحه ی ۲۳۴ نشان داده شده است.

سیستم های برج خنک سازی معمولا از انتقال دهنده ی گرمای سوار بر تخته ای استفاده می کنند که طرف سرد آن به برج خنک سازی لوله کشی شده است. موازنه ی سیستم از پمپ آب "خامی" تشکیل شده است (پمپ خنک کننده ی موتور خنک کننده را در سمت "داغ" سیستم به گردش در می آورد) تا آب خنک کننده ر به بالای برج خنک کننده پمپاژ کند. در آن جا آب خنک کننده توسط روند بخار شدن سرد شده و سپس به انتقال دهنده ی گرمای دستگاه مولد باز می گردد. دقت داشته باشید که سیستم نیازمند تدارکات آب جبران کننده است، چرا که بخار به صورت ممتد میزان آب سرد کننده در سیستم را کاهش می دهد. طرف "داغ" سیستم انتقال دهنده ی گرما مشابه به آن چه است که در بخش انتقال دهنده ی گرمای سوار بر تخته در قسمت های قبلی توصیف شد.

۶-۴-۸ خنک سازی سوخت توسط رادیاتور های راه دور (Radiators Fuel Cooling with Remote)

دستگاه های مولد غالبا شامل خنک کننده های سوخت هستند تا الزامات مربوط به موتورهای خاص را برطرف کنند. اگر موتوری به خنک کننده سوخت جداگانه ای مجهز باشد، این الزامات مربوط به خنک سازی باید در طراحی سیستم خنک سازی در نظر گرفته شوند. معمولا لوله کشی کردن سوخت به مکانی دور عملی نیست و حتی خلاف قوانین می باشد. یک راه حل استفاده از رادیاتور و پروانه برای خنک سازی سوخت در فضای مولد و در نظر گرفتن خروج گرما در طراحی تهویه اتاق است. راه دیگر استفاده از سیستم خنک کننده ی سوخت از نوع انتقال دهنده ی گرما است که از یک رادیاتور راه دور یا منبع آب جداگانه برای سمت خنک کننده بهره می برد.



شکل ۸۹. نمودار نمایشگر کاربرد برج خنک کننده

۹-۴-۶ محاسبات مربوط به اندازه گیری لوله ی سرد کننده

(Cooling Pipe Sizing Calculations)

نمایه ی اولیه لوله کشی در سیستم خنک سازی رادیاتور راه دور که در شکل ۸۳ در صفحه ی ۲۲۲ نشان داده شده است به ۶۰ فوت لوله با قطر ۳ اینچ، سه زانویی بلند، دو سوئیچ فلکه برای ایزوله کردن رادیاتور برای سرویس دهی موتور و یک انشعاب T شکل برای اتصال خط پر کننده/جبران نیاز است. برگه ی شاخص های دستگاه مولد توصیه شده بر این اشاره دارد که جریان سرد کننده 123 GPM و راس اصطکاک مجاز 5 PSI باشد.

این رویه شامل تعیین از دست رفتن فشار (راس اصطکاک) به وجود آمده توسط هر عامل و سپس مقایسه ی جمع از فشار های از دست رفته با حداکثر راس اصطکاک مجاز است.

۱. فشار از دست رفته در رادیاتور را با مراجعه به اطلاعات ارائه شده توسط سازنده ی رادیاتور بیابید. به عنوان مثال، فرض کنید که فشار از دست رفته 1 psi در جریانی 135 gpm است.
۲. طول های متقارن تمامی قطعات و فلکه ها را با استفاده از جدول ۱۹ در صفحه ی ۲۳۶ یافته و به طول کلی لوله های صاف اضافه کنید.

جدول ۱۸. طول متقارن لوله

6:46

۳ زانویی بلند -3 * 5.2	15.6
۲ سوئیچ فلکه -2 * 1.7	3.4
Tee(مسیر مستقیم)	5.2
لوله ی مستقیم ۶۰ فوتی	60.6
طول متناظر لوله (فوت)	84.2

فشار عقب را در جریان به ازای واحد طول داده شده در قطر لوله ی سطحی استفاده شده در سیستم به دست آورید. در این مثال، لوله ای با سطح ۳ اینچ استفاده شده است. با توجه به خطوط تیره در شکل ۹۰ صفحه ی ۲۳۷، لوله ی ۳ اینچی باعث به وجود آمدن فشاری در حدود 1.65 psi به ازای هر ۱۰۰ فوت لوله می شود.

۳. فشار از دست رفته در لوله کشی را به صورت زیر حساب کنید:

$$\text{فشار از دست رفته} = 84.2 \text{ فوت} \times \frac{1.65 \text{ psi}}{100 \text{ فوت}} = 1.39 \text{ psi}$$

۴. کل فشار از دست رفته ی سیستم برابر است با جمع فشار از دست رفته ی لوله کشی و رادیاتور:

$$\text{کل فشار از دست رفته} = 1.39 \text{ psi لوله کشی} + 1.00 \text{ psi رادیاتور} = 2.39 \text{ psi}$$

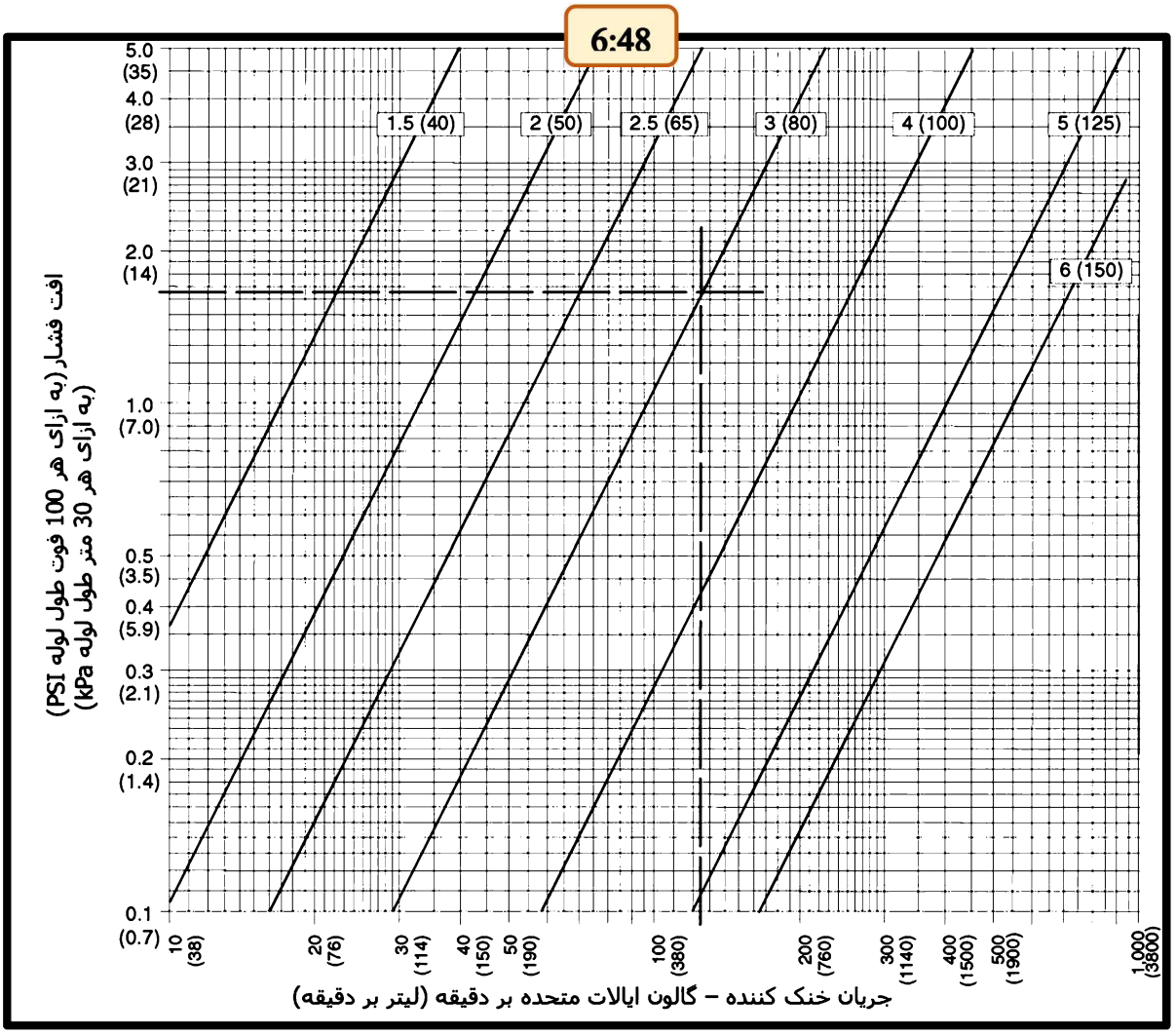
۵. محاسبه ی این مثال نشان گر این مساله است که نمایه ی سیستم خنک سازی رادیاتور راه دور از منظر راس اصطکاک سرد کننده رضایت بخش است چرا که بیشتر از راس اصطکاک مجاز نیست. اگر محاسبه ای نشان دهد

که راس اصطکاک سرد کننده ی اضافی وجود دارد، محاسبه را با استفاده از لوله ای با اندازه ی بزرگ تر تکرار کنید. مزیت ها و نکات منفی استفاده از لوله ی بزرگ تر را با پمپ خنک کننده ی یدکی مقایسه کنید.

جدول ۱۹. طول های متقارن قطعات و فلکه ها بر حسب فوت (متر)

6:47

نوع قطعات	اندازه ی ظاهری لوله بر حسب اینچ (میلی متر)										
	½ (15)	¾ (20)	1 (25)	1-1/4 (32)	1-1/2 (40)	2 (50)	2-1/2 (65)	3 (80)	4 (100)	5 (125)	6 (150)
زانویی ۹۰ درجه استاندار یا تی صاف که به 1/2 کاهش یافته است	1.7 (0.5)	2.1 (0.6)	2.6 (0.8)	3.5 (1.1)	4.1 (1.2)	5.2 (1.6)	6.2 (1.9)	7.7 (2.3)	10 (3.0)	13 (4.0)	15 (4.6)
زانویی بلند ۹۰ درجه یا تی صاف	1.1 (0.3)	1.4 (0.4)	1.8 (0.5)	2.3 (0.7)	2.7 (0.8)	3.5 (1.1)	4.2 (1.3)	5.2 (1.6)	6.8 (2.1)	8.5 (2.6)	10 (0.3)
زانویی ۴۵ درجه	0.8 (0.2)	1.0 (0.3)	1.2 (0.4)	1.6 (0.5)	1.9 (0.6)	2.4 (0.7)	2.9 (0.9)	3.6 (1.1)	4.7 (1.4)	5.9 (1.8)	7.1 (2.2)
پیچ برگشت بسته	4.1 (1.2)	5.1 (1.6)	6.5 (2.0)	8.5 (2.6)	9.9 (3.0)	13 (4.0)	15 (4.6)	19 (5.8)	25 (7.6)	31 (9.4)	37 (11.3)
تی، ورودی یا خروجی کنار	3.3 (1.0)	4.2 (1.3)	5.3 (1.6)	7.0 (2.1)	8.1 (2.5)	10 (3.0)	12 (3.7)	16 (4.9)	20 (6.1)	25 (7.6)	31 (9.4)
آبکش و فلکه ی پایی	3.7 (1.1)	4.9 (1.5)	7.5 (2.3)	8.9 (2.7)	11 (3.4)	15 (4.6)	18 (5.5)	22 (6.7)	29 (8.8)	36 (11.0)	46 (14.0)
فلکه ی بررسی نوسان، کاملا باز	4.3 (1.3)	5.3 (1.6)	6.8 (2.1)	8.9 (2.7)	10 (3.0)	13 (4.0)	16 (4.9)	20 (6.1)	26 (7.9)	33 (10.1)	39 (11.9)
فلکه ی کروی، کاملا باز	19 (5.8)	23 (7.0)	29 (8.8)	39 (11.9)	45 (13.7)	58 (17.7)	69 (21.0)	86 (26.2)	113 (34.4)	142 (43.3)	170 (51.8)
فلکه ی زاویه ای، کاملا باز	9.3 (2.8)	12 (3.7)	15 (4.6)	19 (5.8)	23 (7.0)	29 (0.9)	35 (10.7)	43 (13.1)	57 (17.4)	71 (21.6)	85 (25.9)
سوئیچ فلکه؛ کاملا باز	0.8 (0.2)	1.0 (0.3)	1.2 (0.4)	1.6 (0.5)	1.9 (0.6)	2.4 (0.7)	2.9 (0.9)	3.6 (1.1)	4.7 (1.4)	5.9 (1.8)	7.1 (2.2)



شکل ۹۰. فشار اصطکاکی از دست رفته در هر اینچ (میلی متر) قطر لوله

۶-۴-۹-۱ پردازش خنک کننده (Coolant Treatment)

ضد یخ (ساخته شده از اتیلین گلیکول یا پروپیلین گلیکول) و آب جهت پایین آوردن نقطه ی انجماد سیستم خنک کننده و بالا بردن نقطه ی جوش ترکیب می شوند. به جدول ۲۱ در صفحه ی ۲۶۲ جهت تعیین میزان اتیلین گلیکول و پروپیلین گلیکول لازم برای محافظت در برابر سردترین دماهای محیطی پیش بینی شده مراجعه کنید. درصد های ترکیب ضد یخ /آب در گستره ی ۷۰/۳۰ تا 60/40 برای بیشتر کاربردها توصیه می شوند.

نکته: ضد یخ پروپلین گلیکولی در مقایسه با ضد یخ اتیلینی میزان سمی بودن کمتری دارد، محافظت از خطوط بهتری را فراهم کرده و بعضی الزامات مربوط به گزارش سر ریزی و دور ریختن مایعات را از میان بر می دارد. با این وجود، این ضد یخ در تاثیر گذاری ضعیف تر از اتیلین گلیکول است، لذا ظرفیت سیستم سرد کننده (حداکثر دمای در حال کار در بار کامل) با استفاده از پروپیلین گلیکول کاهش می یابد.

دستگاه های مولد تولید نیروی کامینز 125/100 kW و بزرگتر به فیلترینگ سرد کننده ی قابل تعویض و عوامل پردازش کننده ای مجهز است که کثیفی سیستم و فرسایش آن را به حداقل می رساند. این ابزار با بیشتر ترکیب های ضد یخ سازگار هستند. برای دستگاه های کوچک تر، ضد یخ باید دارای عامل ضد فرسایش باشد.

همان طور که در راهنمای موتور و اپراتور دستگاه مولد ذکر شده است، دستگاه های مولد مجهز به موتوری که دارای خط انداز های استوانه ای قابل تعویض هستند به مواد سرد کننده ی افزودنی بیشتر (SCAs) جهت محافظت در برابر سوراخ شدن یا فرسایش خط انداز نیاز دارند.

۶-۵ تهویه (Ventilation)

۶-۵-۱ مرور کلی (Overview)

تهویه ی اتاق دستگاه مولد برای فراهم سازی هوای احتراق به موتور، بیرون بردن گرمای ساطع شده ار دستگاه مولد و دیگر ابزار موجود در اتاق و خارج کردن هر گونه دود لازم است.

نکته: عبارت "اتاق دستگاه مولد" و کلمه ی "اتاق" در طول این بخش استفاده می شوند. با این وجود، قواعد توضیح داده شده در اینجا در هر گونه پوشش دستگاه مولد نیز صدق می کند. می توان در این بخش "اتاق" را "موتورخانه"، "ساختمان"، "محفظه" یا "محوطه" نیز در نظر گرفت.

طراحی ضعیف سیستم تهویه و/یا نصب نامناسب آن منجر به پدیدار شدن مشکلات زیر می شود:

- شرایط خطرناک برای پرسنل اتاق دستگاه مولد (در صورت حضور آن ها)
- دمای بالا در اطراف دستگاه که می تواند به عملکرد ضعیف و گرمای بیش از حد منجر شود.
- عملکرد ضعیف در آب و هوای سرد، اگر نحوه ی نصب در معرض قرار گرفتن دستگاه به دمای سرد را ممکن سازد.
- مشکل در دیگر دستگاه های اتاق که ممکن است به دمای بالا یا پایین حساس باشند.

۲-۵-۶ لازمه ها (Requirements)

- انشعابات اگزوز موتور و توربو چارجزها نباید عایق بندی شوند. (بخش ۴-۵-۶ در صفحه ی ۲۴۰)
- نباید از عایق بندی سفت و سخت در اتصالات گسترش دهنده استفاده کرد. (بخش۴-۵-۶ درصفحه ۲۴۰)
- گرمای ساطع شده از دیگر منشاء ها را باید در طراحی سیستم تهویه در نظر گرفت (بخش ۴-۵-۶ در صفحه ی ۲۴۰).
- ورودی و خروجی اتاق باید:
  - با کل جریان هوای احتراق و تهویه در اتاق سازگار باشند (بخش ۵-۵-۶ در صفحه ۲۴۹)
  - جریان هوا در کل دستگاه مولد از طرف دینام تا انتهای رادیاتور را ممکن سازد (بخش ۷-۵-۶ در صفحه ی ۲۵۲).
  - هوای تهویه را به صورت مستقیم از بیرون به داخل کشیده و بیرون پس دهد (بخش ۷-۵-۶ در صفحه ی ۲۵۲).
  - به میزان لازم جریان هوا اجازه دهد در هر دستگاه از نصب دستگاه های چند گانه چرخش داشته باشد (بخش ۱۱-۵-۶ در صفحه ی ۲۵۷).
- باید با سازنده ی دریچه در مورد محدودیت های سرعت هوا مشورت شود (بخش ۷-۵-۶ در صفحه ی ۲۵۲)
- مجراهای خروجی رادیاتور باید بتوانند خود را پشتیبانی کنند (بخش ۷-۵-۶ در صفحه ی ۲۵۲).
- سیستم تهویه باید برای عملکرد قابل قبول با تمامی درگاه های بسته ی ورودی / سرویس طراحی شود. تمامی درگاه ها باید در طول عملکرد دستگاه مولد بته بماند تا جریان تهویه طراحی شده را حفظ کند (بخش ۹-۵-۶ در صفحه ی ۲۵۴).
- اگر هواکش میل لنگ تغییر کرده باشد، فشار میل لنگ در نیروی درجه بندی شده اندازه گیری می شود. فشار باید مثبت باشد اما از ۳ اینچ آب (0.75 kPa) تجاوز نکند (بخش ۹-۵-۶ در صفحه ی ۲۵۴).
- در مجموعه های رادیاتور / پروانه ی سوار بر دستگاه، محدودیت کلی جریان هوای اتاق دستگاه مولد نباید اط حداکثر مقدار لیست شده در برگه اطلاعات دستگاه مولد تجاوز کند (بخش ۱۰-۵-۶ در صفحه ی ۲۵۴).
- هنگام شروع به کار دستگاه های مولد اضطراری / استندبای دریچه ها باید بلافاصله باز شوند. در اقلیم های سرد، ممکن است دریچه ها را به صورت جزئی فقط برای هوای احتراق و به صورت کنترل شده برای تنظیم کردن دمای اتاق باز کرد (بخش ۱۲-۵-۶ در صفحه ی ۲۵۷).
- اگر دیوار حائلی نصب شده است، نباید نزدیک تر از فاصله ای برابر با 1X ارتفاع دریچه ی خروجی از ساختمان قرار بگیرد. برای دستیابی به عملکرد بهینه، دیوار باید در فاصله ی تقریبی 3X ارتفاع دریچه ی خروجی ساختمان قرار گیرد (بخش ۱۳-۵-۶ در صفحه ی ۲۵۹).
- همراه با هرگونه دیوار حائل، باید باد نمایی چرخشی و یک ناودان نصب شود (بخش ۱۳-۵-۶ در صفحه ی ۲۵۹).

- اگر فیلترهای سیستم تهویه نصب شده اند، باید سیستمی برای شناسایی فیلترهای متصل شده وجود داشته باشد (بخش ۶-۵-۱۴ در صفحه ی ۲۵۹).

۶-۵-۳ توصیه ها (Recommendations)

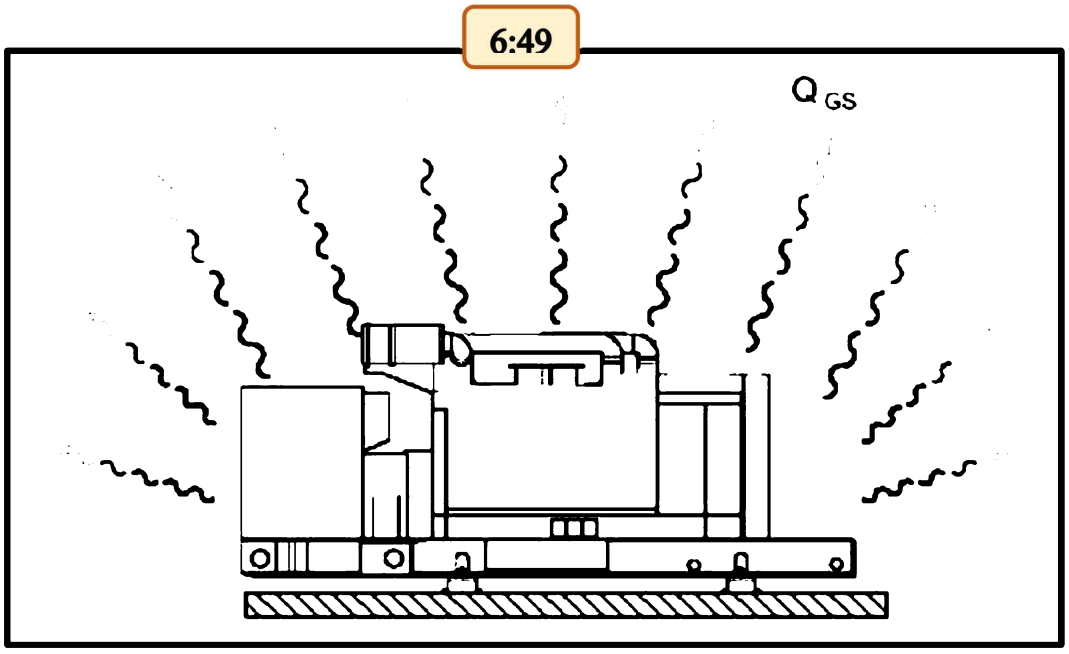
- لوله کشی و صداگیرهای اگزوز باید عایق کاری شده باشند (به الزامات بالا در ارتباط با انشعابات و توربو چارجر ها مراجعه شود بخش ۶-۵-۴ صفحه ی ۲۴۰)
- دمای حداکثری بیرون را باید در نزدیکی ورودی هوا اندازه گیری کرد (بخش ۶-۵-۴ صفحه ی ۲۴۰)
- سرعت هوا باید به 700- 500 فوت بر دقیقه (200 – 150 متر بر دقیقه) محدود شود تا از ورود آب باران / برف جلوگیری شود. به الزامات بالا در ارتباط با محدودیت های دریچه ها در مورد سرعت هوا مراجعه شود (صفحه ی بخش ۶-۵-۶ صفحه ی ۲۵۱ دیده شود).
- توصیه های مربوط به مکان ورودی / خروجی اتاق (بخش ۶-۵-۷ صفحه ی ۲۵۲):
  - ورودی نباید در نزدیکی خروجی اگزوز موتور قرار داشته باشد.
  - ورودی و خروجی نباید در دیوار یکسانی قرار داشته باشند.
  - خروجی باید تا حد ممکن در بالا قرار داشته باشد و ورودی نیز باید تا حد امکان در پایین قرار گیرد، و در عین حال جریان هوای تازه در کل دستگاه حفظ شود.
  - خروجی باید در سمت جهت باد ساختمان قرار گیرد.
- ابزار احتراق اضافی نباید در اتاق دستگاه مولد قرار گیرند (بخش ۶-۵-۸ صفحه ی ۲۵۲).

۶-۵-۴ تعیین الزامات جریان هوا (Determining Airflow Requirements)

از روش زیر برای تعیین الزامات جریان هوای اتاق دستگاه مولد استفاده کنید.

۶-۵-۴-۱ گام اول: تعیین گرمای ساطع شده از دستگاه مولد به اتاق (STEP 1: Determine Heat Emitted to Room from Generator Set)

موتور و دینام گرما به اتاق دستگاه مولد ساطع خواهند کرد. در شکل ۹۱ صفحه ی ۲۴۱، گرمای مورد نظر Q_{GS} نامیده شده است. برای تعیین مقدار گرما، همان طور که در شکل ۹۲ صفحه ی ۲۴۲ نشان داده شده است، به برگه اطلاعات دستگاه مولد مراجعه کنید. برای مثال دستگاه مولد استندبای DFXX کامینز که در شکل ۹۲ صفحه ی ۲۴۲ به تصویر کشیده شده است، Q_{GS} برابر با 5530.0 Btu بر دقیقه است (5.9 MJ بر دقیقه).



شکل ۹۱. گرمای ساطع شده به اتاق از دستگاه مولد (QGS)

۲-۴-۵-۶ گام دوم: تعیین گرمای ساطع شده به اتاق از صداگیر و لوله کشی اگزوز
(STEP 2: Determine Heat Emitted to Room from Muffler and Exhaust Piping)

همان گونه که در شکل ۹۳ صفحه ی ۲۴۲ نشان داده شده است، لوله کشی صداگیر و اگزوز به اتاق دستگاه مولد گرما ساطع می کند. از جدول ۲۰ در صفحه ی ۲۴۳ برای تخمین این مقدار استفاده کنید.

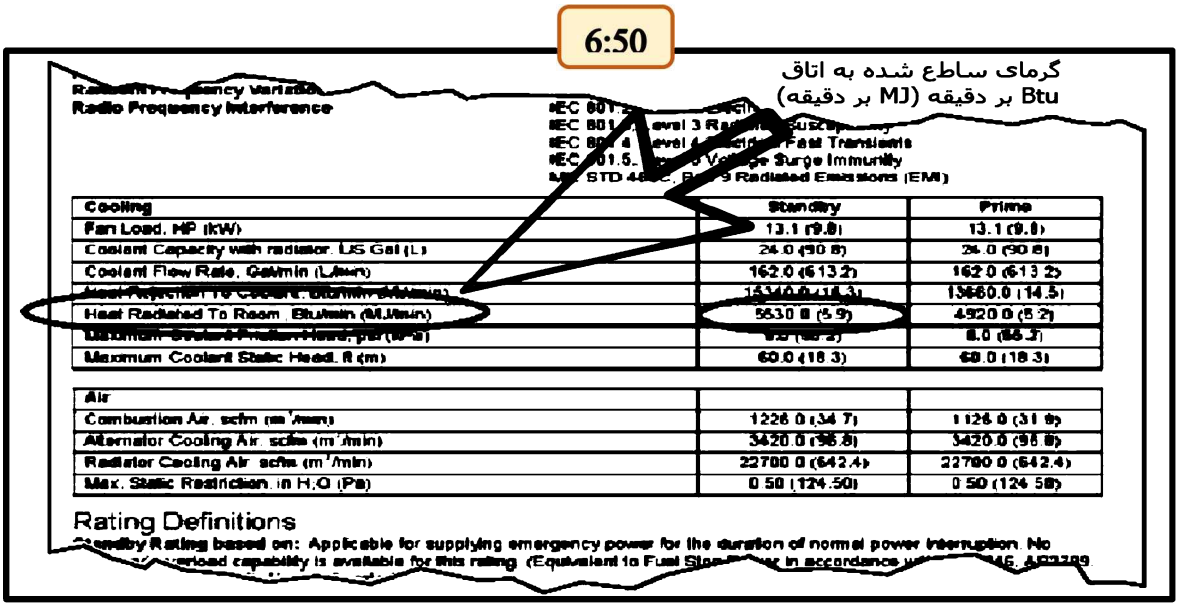
برای سیستم نشان داده شده در شکل ۹۳ صفحه ی ۲۴۲، فرض کنید که ۱۰ فوت لوله کشی اگزوز عایق کاری نشده با قطر ۵ اینچ وجود دارد (سه متر لوله به قطر ۱۲۷ میلی متر) و صداگیر عایق کاری نشده ای در اتاق دستگاه مولد قرار گرفته است. با استفاده از جدول۲۰ صفحه ی ۲۴۳ گرمای ساطع شده از لوله کشی (Q_P) و صداگیر (Q_M) تعیین می شود:

$$Q_P = 10\ feet\ \times 139 \frac{BTU}{min \times ft} = 1390\ {}^{BTU}/_{min}$$

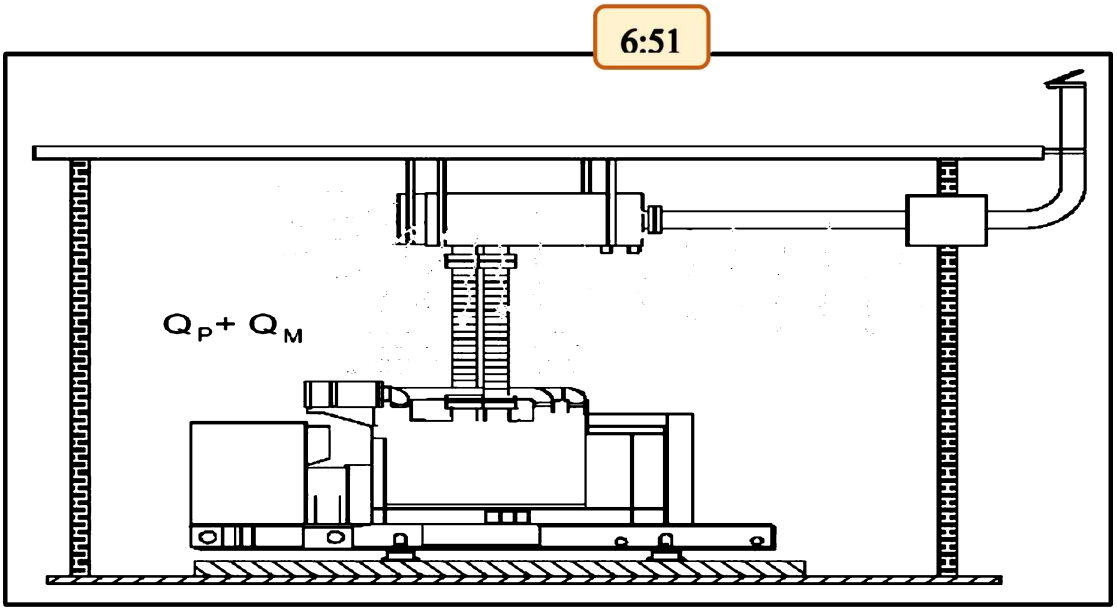
$$Q_P = 3.0\text{m}\ \times 481 \frac{KJ}{min \times m} = 1443\ {}^{KJ}/_{min} = 1.44\ {}^{MJ}/_{min}$$

یا

$$Q_M = 1501\ {}^{BTU}/_{min} \qquad Q_M = 1584\ {}^{KJ}/_{min} = 1.58\ {}^{MJ}/_{min}$$



شکل ۹۲. برگه ی شاخص های دستگاه مولد نمونه ی DFXX



شکل ۹۳. گرمای ساطع شده به اتاق از صداگیر و لوله کشی اگزوز

دقت داشته باشید که مقادیر داده شده در جدول ۲۰ صفحه ی ۲۴۳ و معادله های نمونه برای لوله کشی اگزوز و صداگیر عایق کاری نشده است. کامینز لوله کشی اگزوز و صداگیر عایق شده را توصیه می کند تا میزان گرمای ساطع شده به اتاق کاهش پیدا کند. مجموعه های رادیاتور سوار بر دستگاه تعبیه شده در کارخانه تحت این تصور طراحی و نصب می

شوند که لوله کاری اگزوز عایق کاری می شود. به عنوان یک عرف، ۳۰٪ مقادیر گرمایی داده شده در جدول ۲۰ صفحه ی ۲۴۳ را برای سیستم های عایق شده استفاده کنید.

عایق کاری انشعاب ها و توربو چارجر های اگزوز موتور باعث ایجاد صدمه می شود. علاوه بر این موضوع، عایق بندی سفت و سخت را نمی توان برای پیوندهای گسترشی استفاده کرد. برای جزئیات بیشتر به بخش سیستم اگزوز این راهنما مراجعه کرده، یا با پخش کننده ی محصولات کامینز در محل خود برای دسترسی به AEB 60.05 تماس بگیرید.

- لوله کشی اگزوز و صداگیر ها باید عایق کاری شوند.
- انشعابات و توربو چارجر های اگزوز موتور باید عایق کاری شوند.
- عایق کاری سفت و سخت نباید در مورد پیوندهای گسترشی استفاده شود.

جدول ۲۰. گرمای ساطع شده ی تقریبی از لوله کشی اگزوز و صداگیر عایق کاری نشده

6:52

قطر لوله، اینچ (میلی متر)	گرمای ساطع شده از لوله، (Btu/min/ft (kJ/min/m	گرما از صداگیر (Btu/min (kJ/min
3 (76)	87 (301)	922 (973)
3.5 (98)	99 (343)	1074 (1105)
4 (102)	112 (388)	1175 (1240)
5 (127)	139 (481)	1501 (1584)
6 (152)	164 (568)	1944 (2051)
8 (203)	231 (737)	2993 (3158)
10 (254)	268 (928)	3668 (3870)
12 (305)	318 (1101)	5463 (5764)
14(356)	367 (1270)	8233 (8686)

۳-۴-۵-۶ گام سوم: گرمای ساطع شده به اتاق از دیگر منابع گرمایی را تعیین کنید.
(STEP 3: Determine Heat Emitted to Room from Other Heat Sources)

- گرما از دیگر منشاء ها را باید در طراحی سیستم تهویه در نظر گرفت.

دیگر منابع شامل صفحه ی سوئیچ، پمپ ها، کمپرسور، روشنایی، گرمای خورشیدی از طریق پنجره ها، و دیگر ابزار تولید گرما است. در معادله ی مورد نظر، این گرما به عنوان Q_{AUX} در نظر گرفته شده است.

برای سیستم نمونه، فرض کنید منابع گرمایی اضافی ای در اتاق دستگاه مولد وجود ندارد.

۶-۵-۴-۴ گام چهارم: محاسبه ی کل گرمای ساطع شده به اتاق از کل منابع
(STEP 4: Calculate the Total Heat Emitted to Room from All Sources)

برای یافتن کل گرمای ساطع شده به اتاق دستگاه مولد، تمام مقادیر در گام های بخش ۱-۴-۵-۶ صفحه ی ۲۳۰ بخش ۳-۴-۵-۶ صفحه ی ۲۴۳ را جمع کنید:

$$Q_{TOT} = Q_{GS} + Q_P + Q_M + Q_{AUX}$$

برای سیستم نمونه:

$$Q_{TOT}=5530^{BTU}/_{min}+1390^{BTU}/_{min}+1501^{BTU}/_{min}+0^{BTU}/_{min}= 8421^{BTU}/_{min}$$

۶-۵-۴-۵ گام پنجم: تعیین حداکثر افزایش دمای اتاق مجاز
(STEP 5: Determine the Maximum Acceptable Room Temperature Rise)

برای تعیین حداکثر افزایش دمای اتاق دستگاه مولد قابل قبول، ابتدا حداکثر دمای بیرون ($MAX\ T_{OUT}$) و حداکثر دمای اتاق قابل قبول ($MAX\ T_{ROOM}$) را تعیین کنید. حداکثر دمای بیرون بالاترین دمای محتمل بیرون در آن منطقه ی جغرافیایی است. اندازه گیری این دما در نزدیکی ورودی هوای اتاق دستگاه مولد ایده آل است. دمای نزدیک ساختمان می تواند بالاتر از دما در فضاهای باز باشد.

- حداکثر دمای بیرون باید در نزدیکی ورودی هوا اندازه گیری شود.

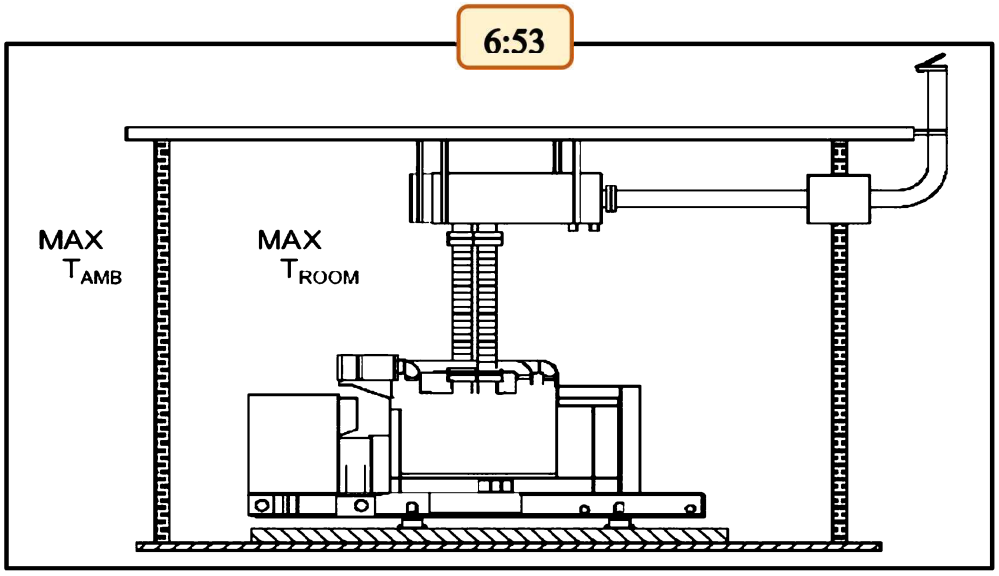
برای اندازه گیری حداکثر دمای اتاق قابل قبول، به مقررات ساختمان، قوانین محلی، شاخصه های تشخیص آتش سوزی، حداکثر دمای در حال کار دستگاه مولد قبل از جدا سازی درجه بندی، توانایی سیستم خنک سازی و دیگر عوامل توجه کنید. به یاد داشته باشید که ممکن است دستگاه مولد حساس ترین ابزار به دمای هوا در اتاق نباشد. حداکثر دمای اتاق قابل قبول را میتوان با محدودیت های عملیاتی دیگر ابزارها تعریف کرد.

حداکثر افزایش دمای اتاق دستگاه مولد قابل قبول برابر است با:

$$\Delta T = maxT_{ROOM}\text{-}maxT_{OUT}$$

در سیستم نمونه، تصور کنید که دستگاه مولد در مکانی قرار گرفته که در آن بالاترین دمای بیرونی در ورودی اتاق $90^\circ F$ ($32.2^\circ C$)، و حداکثر دمای قابل قبول اتاق $104^\circ F$ ($40^\circ C$)است. حداکثر افزایش دمای اتاق دستگاه مولد قابل قبول برابر است با:

$$\Delta T = 104^\circ F - 90^\circ F = 14^\circ F \text{ یا } \Delta T = 40^\circ C - 32.2^\circ C = 7.8^\circ C$$



شکل ۹۴. حداکثر دمای محیط و اتاق قابل قبول

۶-۴-۵-۶ گام ششم: تعیین لازمه های جریان هوای احتراق

(STEP 6: Determine the Combustion Airflow Requirement)

لازمه ی جریان هوای احتراق را همان گونه که در شکل ۹۵ صفحه ی ۲۴۷ نشان داده شده است در برگه اطلاعات دستگاه مولد بیابید. این مقدار برای نمونه ی دستگاه مولد استندبای DFXX کامینز برابر با 1226.0 cfm (34.7 m^3/min) است.

۶-۴-۵-۷ محاسبه ی جریان هوای کلی لازم در اتاق دستگاه مولد

(STEP 7: Calculate the Total Airflow Required through the Generator Set Room)

در ابتدا، جریان هوای لازم برای به دست آوردن افزایش دمای اتاق طراحی شده محاسبه می شود:

$$v_{ROOM} = \frac{Q_{TOT}}{(C_P)(\Delta T)(d)}$$

در حالی که:

V_{ROOM} = حداقل جریان هوای تهویه ی وارد شده: cfm (m^3/min)

Q_{TOT} = کل گرمای ساطع شده به اتاق (گام چهارم)؛ (MJ/min)

C_P = گرمای مشخص؛ 0.241 Btu/lb/°F (1.01×10^3 MJ/kg/°C)

ΔT = افزایش دمای اتاق دستگاه مولد (گام پنجم)؛ $^{\circ}F$ ($^{\circ}C$)

d = تراکم هوا؛ $0.0750\ lb/ft^3$ ($1.20\ kg/m^3$)

در مورد سیستم نمونه،

$$V_{ROOM} = \frac{8421\ {}^{BTU}/_{min}}{\left(0.241\ {}^{BTU}/_{1b.\,°F}\right)(14°F)\ (0.075\ {}^{lb}/_{ft^3})} = 33278\ cfm$$

$$V_{ROOM} = \frac{8.92\ {}^{MJ}/_{min}}{\left(1.01x10^{-3}\ {}^{MJ}/_{kg.\,°C}\right)(7.8°C)\ (1.20\ {}^{kg}/_{m^3})} = 944\ {}^{M^3}/_{min}$$

سپس، این مقدار را به لازمه ی هوای احتراق ارائه شده در بخش ۶-۴-۵-۶ صفحه ی ۲۴۵ اضافه کرده تا جریان هوای کلی لازم را تعیین کنید:

$V_{TOT} = V_{ROOM} + V_{COMB}$

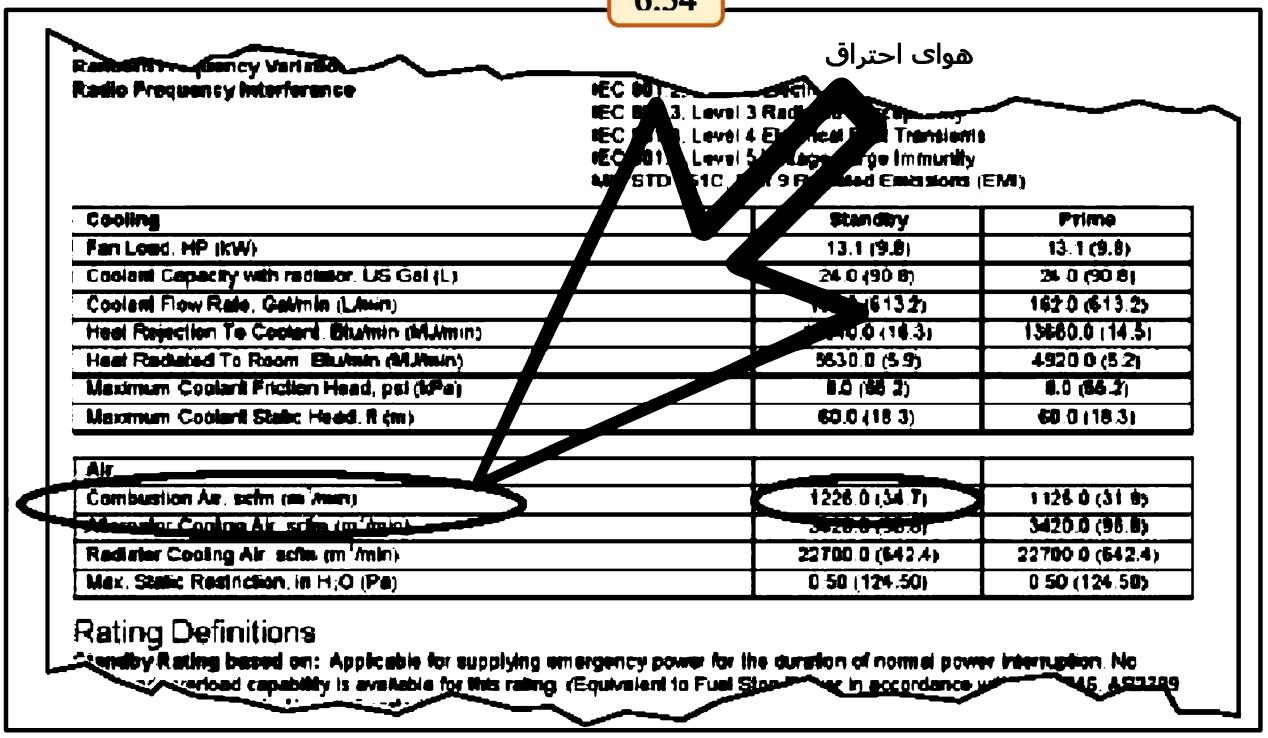
در سیستم نمونه،

$$V_{TOT} = 33278cfm + 1226\ cfm = 34504\ cfm$$

یا

$$V_{TOT} = 944\ {}^{m^3}/_{min} + 34.7\ {}^{m^3}/_{min} = 979\ {}^{m^3}/_{min}$$

6:54



شکل ۹۵. برگه مشخصات دستگاه مولد DFXX نمونه

۸-۴-۵-۶ گام هشتم : تنظیم جریان هوا برای ارتفاع

(STEP 8: Adjust Airflow for Altitude)

تراکم هوا با افزایش ارتفاع کاهش پیدا می کند. دستگاه مولدی که در ارتفاع بالا کار می کند به جریان هوای حجیم تری در مقایسه با دستگاه مولد در سطح دریا نیاز دارد تا جریان هوای هم اندازه ای را حفظ کند. جریان هوای گرفته شده از بخش ۷-۴-۵-۶ را به اندازه ی ۳٪ به ازای هر ۱۰۰۰ فوت (۳۰۵ متر) بالای سطح دریا افزایش دهید تا تهویه ی متناسب به دست آید. از فرمول زیر استفاده کنید:

$$V_{ADJ} = \left(\frac{ALT}{ALT_{REF}}\right)(0.03)(V_{TOT}) + (V_{TOT})$$

در حالی که V_{ADJ} = جریان هوای تنظیم شده برای ارتفاع؛ cfm (m^3/min)

Alt = ارتفاع مکان نصب، ft (m)

Alt_{REF} = ارتفاع مرجع؛ 1000 ft (305 m)

V_{TOT} = کل جریان هوای لازم گرفته شده از بخش ۷-۴-۵-۶ ؛ cfm (m^3/min)

فرض کنید سیستم نمونه باید در ارتفاع ۵۰۰۰ فوتی (۱۵۲۴ متر) نصب شود.

$$V_{ADJ} = \left(\frac{5000ft}{305\ ft}\right)(0.03)(34504\ cfm) + 34504\ cfm = 39680\ cfm$$

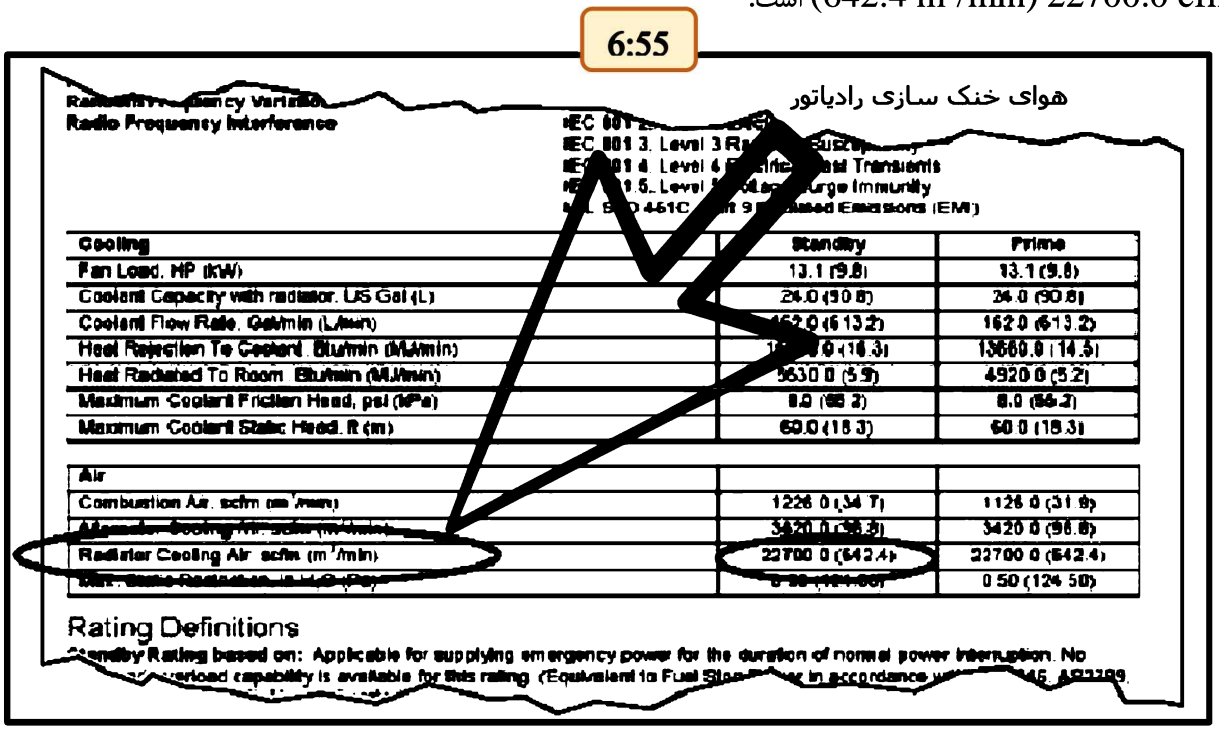
یا

$$V_{ADJ} = \left(\frac{1524\ m}{305\ m}\right)(0.03)\left(979\ {}^{m^3}/_{min}\right) + 979\ {}^{m^3}/_{min} = 1126\ {}^{m^3}/_{min}$$

این آخرین مقدار (V_{ADJ}) جریان هوای واقعی لازم در شرایط مکان کار است. فراهم کنندگان ابزار تهویه ممکن است به جزئیات اضافه جهت مشخص کردن ابزار مناسب برای نصب نیاز داشته باشند.

۹-۴-۵-۶ قدم نهم: تعیین لازمه های پروانه ی تهویه ی یدکی
(STEP 9: Determine Auxiliary Ventilation Fan Requirements)

اگر دستگاه مولد دارای پروانه و رادیاتور تعبیه شده در کارخانه باشد، مقدار "هوای سرد کننده رادیاتور" یا "جریان هوای سیستم سرد کننده: را از برگه شاخصه های دستگاه مولد بیابید. این جریانی است که پروانه های سوار بر دستگاه فراهم می کنند. در مورد دستگاه مولد استندبای DFXX کامینز نمونه در شکل ۹۶ صفحه ی ۲۴۸ ، این مقدار 22700.0 cfm (642.4 m^3/min) است.



شکل ۹۶. برگه ی مشخصات دستگاه مولد DFXX نمونه

کل جریان هوای لازم (V_{ADJ}) به دست آمده در بخش ۸-۴-۵-۶ صفحه ی ۲۴۷ را با مقدار "جریان هوای سیستم خنک کننده" در اطلاعات فنی دستگاه مولد مقایسه کنید.

اگر V_{ADJ} کمتر از مقدار "هوای سرد کننده ی رادیاتور" باشد، پروانه ی سوار بر دستگاه جریان هوای تهویه ای بیشتر از آن چه نیاز است تولید می کند، و به پروانه های یدکی دیگر نیازی نیست، البته به این شرط که محدودیت جریان هوای کل در محدوده ی خود باقی بماند (بخش ۱۰-۵-۶ در صفحه ی ۲۵۴) .

اگر V_{ADJ} بیشتر از مقدار "هوای سرد کننده ی رادیاتور" باشد، پروانه ی سوار بر دستگاه جریان هوای تهویه کافی را تولید نمی کند و به پروانه های یدکی نیاز پیدا می شود. پروانه های یدکی باید تفاوت بین V_{ADJ} و مقدار "جریان هوای سیستم سرد کننده" را جبران کنند. پروانه ی یدکی باید به گونه ای اندازه گرفته شده باشد و در جایی نصب شود که مکمل پروانه ی سوار بر دستگاه باشد، نه این که با آن بر سر هوا رقابت کند.

اگر سیستم نمونه به پروانه و رادیاتوری نصب شده در کارخانه مجهز باشد، V_{ADJ} = 39680 cfm ($1126 m^3/min$) بیشتر از مقدار "هوای سرد کننده ی رادیاتور" یعنی 22700.0 cfm ($642.4 m^3/min$) می شود، لذا پروانه های یدکی برای اتاق دستگاه مولد الزامی می شوند. این پروانه ها باید مقدار هوای 39680 cfm – 22700.0 cfm = 16980 cfm ($1126 m^3/min – 642.4 m^3/min = 483.6 m^3/min$) را فراهم سازند.

نکته: این مثال در مورد شرایط ویژه است. در اکثر کاربردها، پروانه ی سوار بر دستگاه قادر به ایجاد جریان هوای لازم خواهد بود. با این وجود، این محاسبات باید انجام شوند تا از متناسب بودن پروانه اطمینان حاصل شود.

اگر دستگاه مولد رادیاتور یا پروانه ای نصب شده در کارخانه نداشته باشد، به پروانه ای نصب شده در اتاق دستگاه مولد نیاز است تا کل جریان هوای محاسبه شده در بخش ۸-۴-۵-۶ صفحه ی ۲۴۷ را فراهم کند.

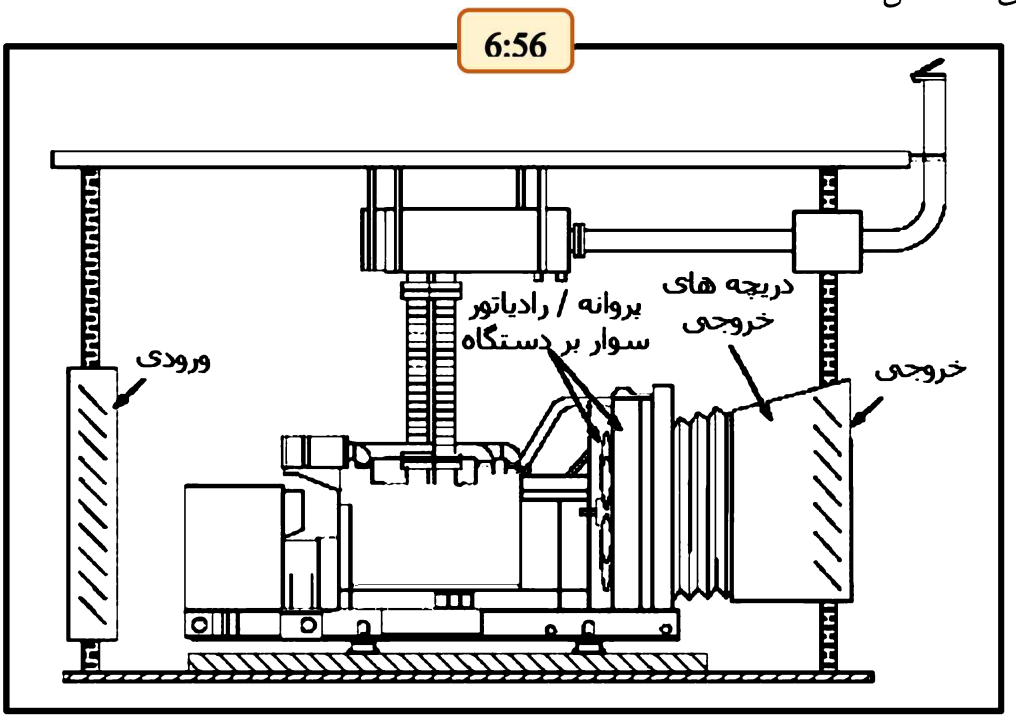
اگر سیستم نمونه به رادیاتور یا پروانه ای نصب شده در کارخانه مجهز نباشد، پروانه های نصب شده در اتاق دستگاه مولد باید جریان هوایی برابر با 39680 cfm ($1126 m^3/min$) تولید کنند.

۶-۵-۵ الزامات طرح ورودی و خروجی تهویه اتاق
(Room Ventilation Inlet and Outlet Design Requirements)

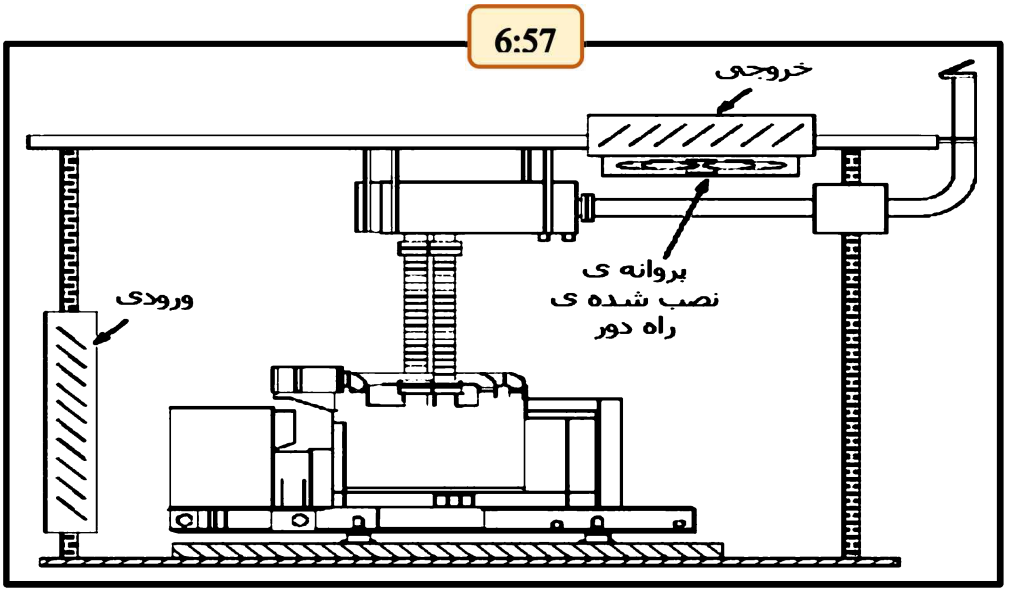
- ورودی (ها) و خروجی (ها) باید با کل میزان جریان هوای اتاق سازگار باشند.

اگر دستگاه مولد دارای پروانه و رادیاتوری نصب شده در کارخانه باشد، کل جریان اتاق دستگاه مولد برابر با جریان هوای تهویه لازم در بخش ۸-۴-۵-۶ در صفحه ی ۲۴۷ بالای (V_{ADJ}) یا "جریان هوای سیستم سرد کننده" در بخش ۹-۴-۵-۶ در صفحه ی ۲۵۰ خواهد بود. بین این دو مقدار، میزان بیشتر برابر با کل جریان هوا خواهد بود. یک سیستم نمونه در شکل ۹۷ صفحه ی ۲۵۸ نشان داده شده است.

اگر دستگاه مولد رادیاتور یا پروانه ای نصب شده در کارخانه نداشته باشد، کل جریان هوا در اتاق دستگاه مولد برابر با جریان هوای تهویه لازم در بخش ۸-۴-۵-۶ در صفحه ی ۲۴۷ بالای (V_{ADJ}) خواهد بود. سیستمی نمونه در شکل ۹۸ صفحه ی ۲۵۰ نشان داده شده است.



شکل ۹۷. سیستم تهویه ی نمونه برای پروانه و رادیاتور نصب شده در کارخانه



شکل ۹۸. سیستم تهویه ی نمونه برای پروانه و رادیاتور نصب شده در بیرون از کارخانه و سرد شده از راه دور (نکته: سیستم سرد کننده در این شکل نشان داده نشده است.)

۶-۵-۶ محاسبه ی ناحیه ی جریان موثر ورودی/خروجی
(Calculating Inlet/Outlet Effective Flow Area)

- سرعت هوا باید به 700- 500 فوت بر دقیقه (3.6 – 2.5 متر بر ثانیه) محدود شود تا از نفوذ آب باران/برف جلوگیری شود.
- در نصب دریچه، برای محدودیت های سرعت هوا به سازنده ی دریچه مراجعه شود.

به طور معمول، محدود کردن سرعت هوا به 700- 500 فوت بر دقیقه (3.6 – 2.5 متر بر ثانیه) به جلوگیری از ورود باران و برف به اتاق دستگاه مولد کمک می کند. در نصب دریچه، از بررسی الزامات سرعت هوا با سازنده ی دریچه اطمینان حاصل شود.

دریچه ها و دیواره های حائل روی ورودی و خروجی هوا جریان هوا را محدود کرده و عملکرد آن ها بسیار متفاوت است. به عنوان مثال، مونتاژی از یک دریچه که پرّه های باریکی دارد در مقایسه با دریچه ای با پرّه های عریض تر هوا را بیشتر محدود می کند. منطقه ی باز مشخص شده توسط سازنده ی دریچه یا دیوار حائل را باید مورد استفاده قرار داد.

ناحیه ی جریان موثر لازم ورودی و/یا خروجی را می توان محاسبه کرد:

$$A = \frac{V}{S}$$

در حالی که A = ناحیه ی جریان موثر؛ ft^2 (m^2)

V = جریان حجمی؛ cfm (m^3/min)

S = سرعت هوا؛ ft/min (m/min)

در مورد سیستم نمونه در بخش ۱، فرض کنید دریچه های ورودی و خروجی استفاده شده اند، و سازنده ی دریچه محدودیت لازم برای سرعت جریان هوا را ۴۰۰ فوت بر دقیقه (۱۲۲ متر بر دقیقه) تعیین کرده است.

لذا به دریچه ای با ناحیه جریان موثر $99.2\ ft^2$ ($9.2\ m^2$) نیاز است.

$$A = \frac{V}{S} = \frac{39680\ cfm}{400^{ft}/_{min}} = 99.2 ft^2 \quad \text{یا} \quad A = \frac{V}{S} = \frac{1126\ ^{m^3}/_{min}}{400^{m}/_{min}} = 9.2\ m^2$$

۶-۵-۷ توصیه هایی در مورد طراحی ورودی و خروجی طرح
(Inlet and Outlet Design Guidelines)

این الزامات و توصیه ها به فراهم سازی مقدار هوای لازم به اتاق دستگاه مولد و حفظ یکپارچگی سیستم کمک می کنند.

- ورودی ها و خروجی ها باید به گونه ای قرار گیرند که هوا در طول کل دستگاه مولد از سمت دینام تا رادیاتور جریان داشته باشد.
- هوای تهویه باید به صورت مستقیم از بیرون گرفته شده و مستقیما به بیرون ارجاع داده شود.
- مجراهای خروجی رادیاتور باید قادر باشند خود را پشتیبانی کنند.
- ورودی و خروجی نباید در دیواری یکسان قرار گیرند.
- ورودی نباید در نزدیکی خروجی اگزوز موتور قرار گیرد.
- خروجی ها باید تا جای ممکن در ارتفاع قرار گیرند، در حالی که ورودی را باید تا حد ممکن در پایین قرار داد، و در عین حال جریان هوای تازه باید در سرتاسر دستگاه جریان داشته باشد.
- خروجی باید در سمتی از ساختمان قرار گیرد که در امتداد جریان باد قرار دارد.

در شکل ۹۹ صفحه ی ۲۵۳ تصویر طرح های اتاق توصیه شده، قابل قبول، و غیر قابل قبول از زاویه ی بالا نشان داده شده اند. در شکل ۱۰۰ صفحه ی ۲۵۳ نیز طرح های اتاق توصیه شده و غیر قابل قبول از زاویه ی بغل به تصویر کشیده شده است.

نکته: در دستگاه هایی که مجهز به مجموعه رادیاتورهای سوار بر دستگاه تعبیه شده در کارخانه هستند، قرار دادن خروجی اتاق در ارتفاع میسر نیست. طرح توصیه شده در شکل ۱۰۰ صفحه ی ۲۵۳ تنها در مورد سیستم های سرد شده از راه دور توصیه می شود.

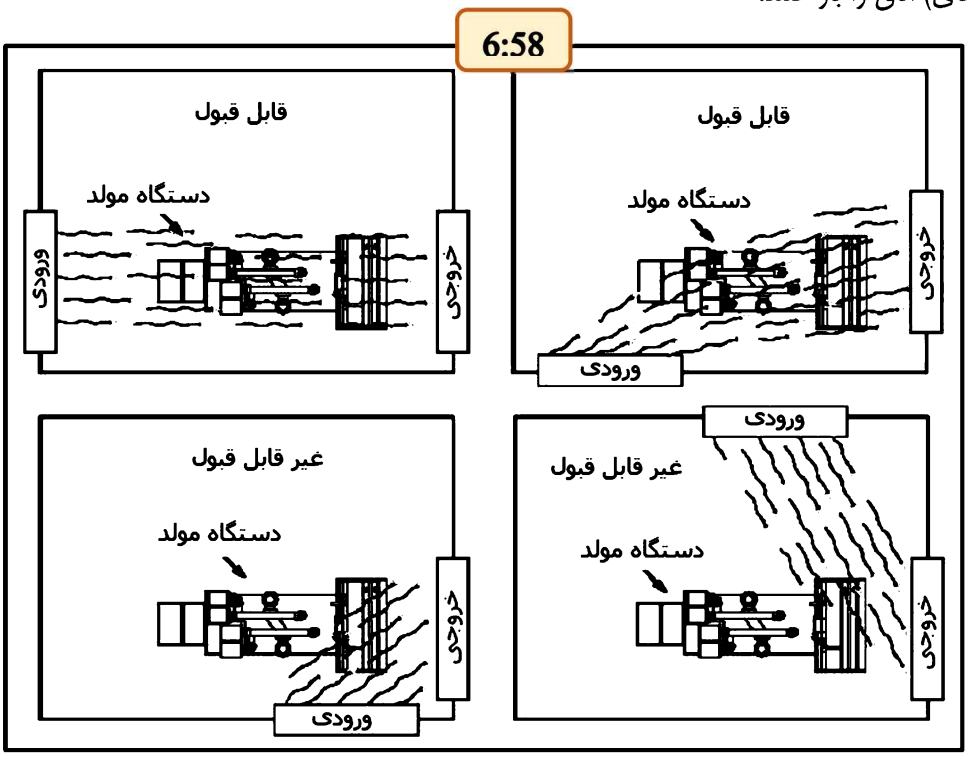
۶-۵-۸ فشار منفی در اتاق دستگاه مولد
(Negative Pressure in the Generator Set Room)

- سیستم تهویه باید برای کارکردهای قابل قبول در اتاق هایی طراحی شود که تمامی درهای ورودی/سرویس آن بسته است. در طول کارکرد دستگاه مولد، تمامی درها باید بسته باقی بمانند تا جریان هوای تهویه طراحی شده حفظ شود.
- ابزار احتراق اضافی نباید در اتاق دستگاه مولد قرار گیرند.

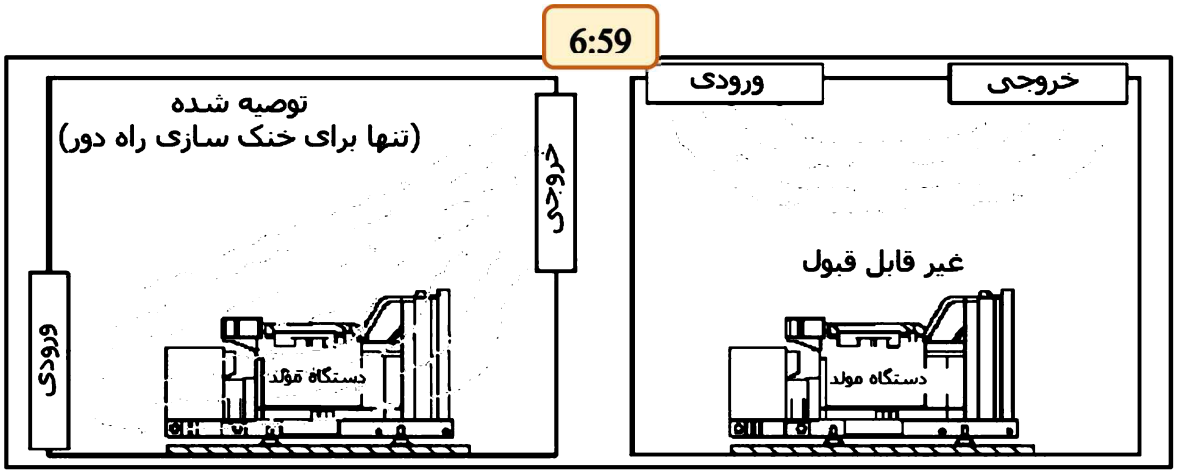
ممکن است سیستم تهویه فشار منفی خفیفی را در اتاق دستگاه مولد ایجاد کند. توصیه می شود که ابزار احتراق مثل مخزن های آب گرم ساختمان به دلیل احتمال ایجاد فشار منفی در اتاق دستگاه مولد قرار نداشته باشند. اگر این مساله

اجتناب ناپذیر است، باید احتمال تاثیر بر عملکرد سیستم سرد کننده و دیگر تاثیرات منفی مثل جریان معکوس در هواکش بررسی شود. دریچه ها و/یا مجراهای ورودی اتاق های بسیار بزرگ، پروانه های تنظیم فشار، و دیگر ابزار برای پایین آوردن فشار منفی به سطحی قابل قبول الزامی هستند.

بدون توجه به فشار موجود در اتاق دستگاه مولد، این امکان باید برای پرسنل وجود داشته باشد که در موارد اضطراری در(های) اتاق را باز کنند.



شکل ۹۹. طرح های اتاق دستگاه مولد از زاویه ی بالا



شکل ۱۰۰. طرح های اتاق دستگاه مولد از زاویه ی بغل

۶-۵-۹ تهویه ی میل لنگ موتور (Engine Crankcase Ventilation)

خط هواکش میل لنگ باید به گونه ای کشیده شود که بخار، دستگاه را آلوده نسازد.

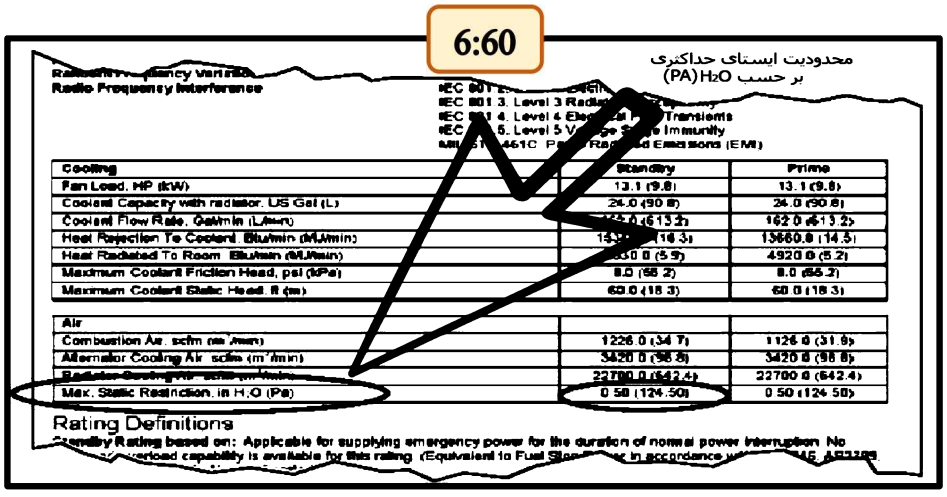
- اگر هواکش میل لنگ تغییر کرده است، فشار میل لنگ باید در نیروی درجه بندی شده اندازه گیری شود. فشار باید مثبت بوده و از ۳ اینچ آب (0.75 kPa) فراتر نرود.

سیستم های تهویه ی میل لنگ موتور باز بخار موجود در میل لنگ را به اتاق دستگاه مولد می فرستند. ممکن است این بخار حاوی روغن باشد. خط هواکش میل لنگ باید به گونه ای کشیده شود که بخار میل لنگ نتواند هسته ی رادیاتور، دینام، تمیز کننده ی هوا، یا دیگر ابزارهایی را که به روغن حساس هستند را آلوده کند. در زمان کشیدن خط هواکش، احتمال آلودگی محیط را نیز باید در نظر داشت. نقاط گود یا فرو رفته در خط هواکش قابل قبول نیست، و خط باید در برابر یخ زدگی حفاظت شود. خط هواکش نباید محدودیت بیش از حدی به سیستم وارد کند. اگر هواکش تغییر کرده است، فشار میل لنگ باید در نیروی درجه بندی شده اندازه گیری شود. این مقدار باید مثبت باشد و از ۳ اینچ آب (0.75 kPa) فراتر نرود. ممکن است خطوط بیش از حد بلند فشار زیادی بر میل لنگ وارد کنند. ممکن است مسیری کوتاه تر یا قطر بیشتر خطوط الزامی باشد.

۶-۵-۱۰ محدودیت جریان هوا (Airflow Restriction)

- در مجموعه پروانه / رادیاتور سوار بر دستگاه، محدودیت جریان هوای کلی اتاق دستگاه مولد نباید از مقدار حداکثری لیست شده فراتر رود.

اگر پروانه/رادیاتور سوار بر دستگاهی مورد استفاده قرار گرفته است، محدودیت جریان هوای کلی اتاق دستگاه مولد نمی تواند از مقدار لیست شده در اطلاعات فنی دستگاه مولد فراتر رود. به شکل ۱۰۱ در صفحه ی ۲۵۴ مراجعه شود. در مثال دستگاه مولد DFXX، این مقدار ۰٫۵۰ در H_2O است (124.50 Pa).



شکل ۱۰۱. برگه ی شاخصه های دستگاه مولد DFXX نمونه

ورودی(ها) و خروجی(های) اتاق دستگاه مولد باعث محدودیت جریان هوا می شوند. به شکل ۱۰۲ صفحه ی ۲۵۶ مراجعه شود. محدودیت ورودی کاهش فشاری است که در شکل ۱۰۲ صفحه ی ۲۵۶ $\ddot{A}P_i$ نام گذاری شده است. محدودیت خروجی، کاهش فشار در خروجی و هر گونه مجرای نصب شده است که در شکل ۱۰۲ $\ddot{A}P_0$ نامیده شده است. جمع این دو مقدار باید کمتر از حداکثر محدودیت مجاز لیست شده در اطلاعات فنی دستگاه مولد باشد:

حداکثر محدودیت ایستا (گرفته شده از برگه اطلاعات دستگاه مولد) $> \ddot{A}P_i + \ddot{A}P_0$

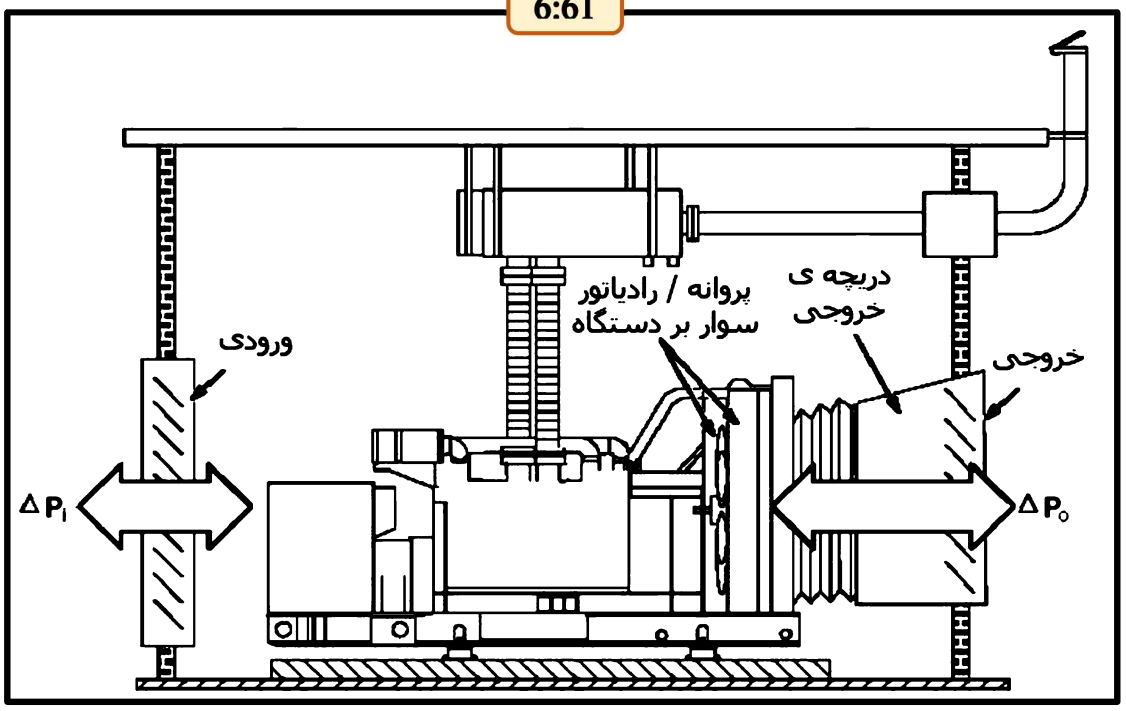
اگر کل محدودیت سیستم از حداکثر مجاز فراتر رود، جریان هوای کاهش می یابد. جریان هوای کاهش یافته از عملکرد سیستم خنک کننده در دمای محیطی درجه بندی شده ی خود جلوگیری می کند. احتمال گرم شدن بیش از حد و خاموشی وجود دارد.

جزئیات اضافی در مورد عملکرد سیستم خنک کننده را می توان در برگه اطلاعات سیستم سرد کننده ی مدل دستگاه مولد بافت. مثال ارائه شده در شکل ۱۰۳ صفحه ی ۲۵۶ را در نظر بگیرید. تصور کنید که دستگاه مولد استندبای ۵۰ هرتزی در اتاقی با محدودیت جریان هوای کلی ۰٫۲۵ در آب (۶٫۴ میلی متر آب) نصب شده است. در سیستم $50^\circ C$ دمای محیط، قابلیت واقعی دمای محیطی این سیستم $47^\circ C$ است.

اطلاعات مربوط به افت فشار در ورودی ها، خروجی ها، دریچه ها، دریچه های هوا، مسیر مجراها و دیگر ابزارها در میزان جریان حجمی پیش بینی شده را باید از سازنده گرفت. در صورت نیاز به نصب مجراهای هوا در نصب های آمریکای شمالی، به انتشارات ASHRAE (جامعه ی مهندسی گرایش، خنک سازی و تهویه هوای امریکا) جهت دریافت توصیه های مربوط به طراحی مجرا مراجعه کنید.

هنگامی که کلیه ابزار در اتاق نصب شدند، محدودیت جریان هوا باید بررسی شود تا از این که در محدوده قرار می گیرد اطمینان حاصل شود. به بخش ۱۶-۵-۶ در صفحه ی ۲۶۰ مراجعه شود.

6:61



شکل ۱۰۲. محدودیت جریان هوای ورودی و خروجی هوا

6:62

سیستم خنک سازی رادیاتور دمای محیطی 50 درجه ای

وظیفه		درجه بندی (kW)	حداکثر محدودیت ایستای جریان هوای سرد کننده، بدون محافظ (اینچ آب/میلی متر آب)				قرار گرفته در هوای آزاد همراه با محافظ، بدون محدودیت خروج هوا				
			0.0 /0.0	0.25 /6.4	0.5 /12.7	0.75/19.1	F183	F184	F200	F201	F202
			حداکثر دمای محیطی قابل قبول، درجه ی سانتی گراد								
60 Hz	استندبای	300	50	50	48.2	N/A	43.9	N/A	45	45	44
	اصلی	270	52.5	52	50.5	N/A	45	N/A	N/A	N/A	N/A
50 Hz	استندبای	275	50	47	42.8	N/A	40	N/A	N/A	N/A	N/A
	اصلی	250	51.6	51.3	46.2	N/A	40.8	N/A	N/A	N/A	N/A

شکل ۱۰۳. برگه اطلاعات سیستم سرد سازی DXXX نمونه

۶-۵-۱۱ تهویه سازی دستگاه های مولد چندگانه (Ventilating Multiple Generator Sets)

- هر کدام از دستگاه های مولد در نصب دستگاه های چندگانه باید میزان جریان هوای تازه لازم را دریافت کند.

در کاربردهایی که در آن ها چندین دستگاه مولد در یک اتاق نصب شده اند، سیستم تهویه باید به گونه ای طراحی شود که میزان هوای لازم در طول هر کدام از دستگاه های مولد جریان داشته باشد. هدف در چنین نصب هایی داشتن جریانی یکنواخت در همه ی واحدها است. روش های زیادی برای دستیابی به این هدف وجود دارند، از جمله:

- قرار گرفتن صحیح ورودی و خروجی های اتاق
- مسیر مجراها

در نصب هایی که چند دستگاه در آن به کار می رود، باید دقت بیشتری به کار برد تا از این مساله اطمینان حاصل شود که هوای تهویه داغی که از یک دستگاه خارج می شود دوباره وارد دستگاه دیگر نگردد. نمونه های طرح های خوب و ضعیف را می توان در شکل ۱۰۴ صفحه ی ۲۵۸ دید.

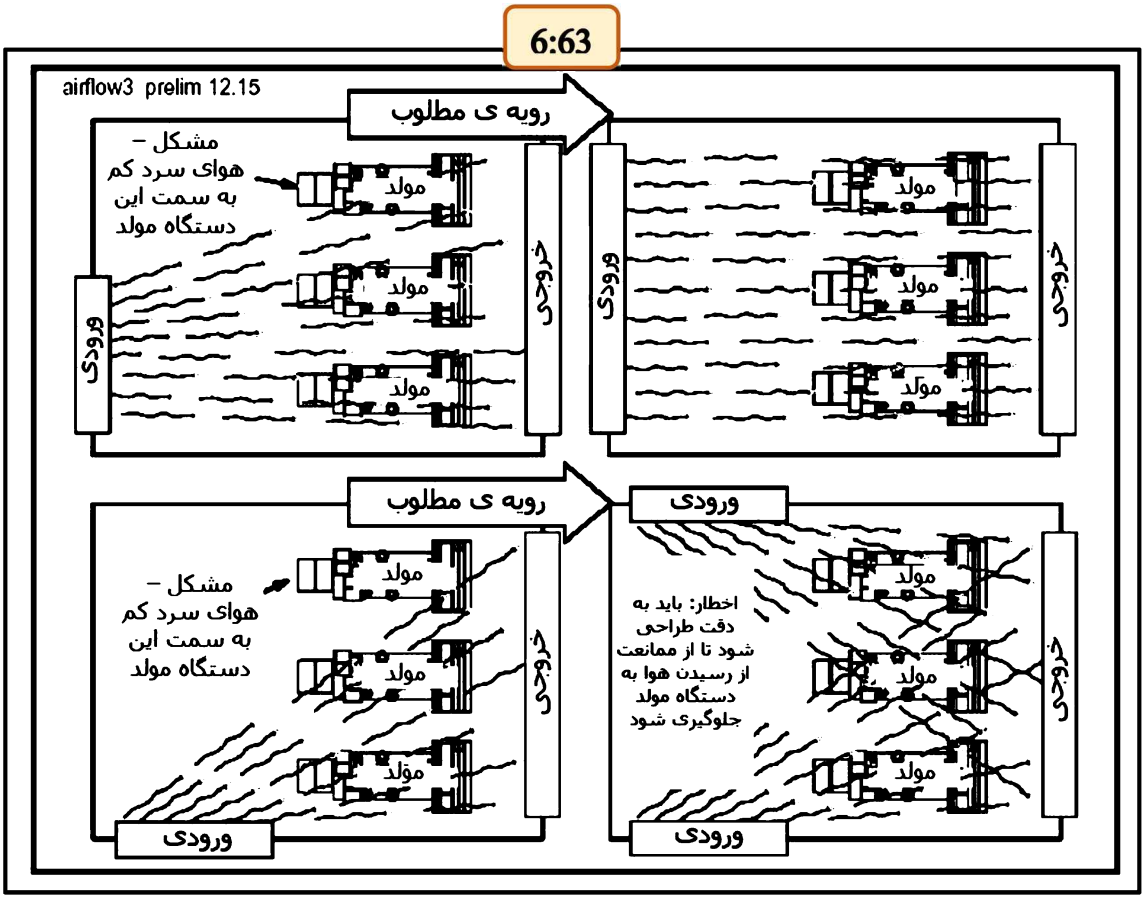
۶-۵-۱۲ عملکرد دریچه (Louver Operation)

- در نصب های استندبای/ضروری، دریچه ها باید بلافاصله پس از شروع به کار دستگاه مولد باز شوند. در اقلیم های سرد، ممکن است دریچه ها تنها برای هوای احتراق باز شده و کنترل شوند تا دمای داخل اتاق را تنظیم کنند.

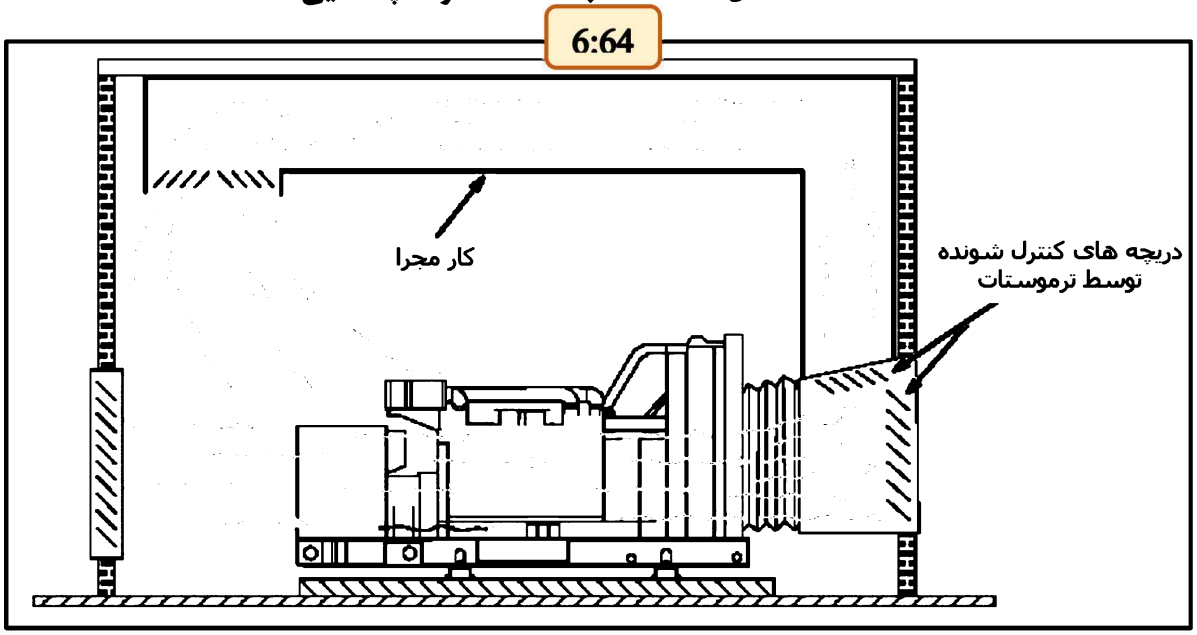
انتظار می رود دستگاه های مواد استفاده شده در نیروی اضطراری یا استندبای بار کامل را بلافاصله پس از شروع به کار اداره کند. در چنین شرایطی، از این که دریچه ها باز هستند و به محض شروع کار امکان جریان کامل هوا را فراهم ساخته اند اطمینان حاصل کنید.

در اقلیم های سرد، یا در مواقعی که دستگاه مولد تحت بار سبک یا هیچ گونه باری در حال کار یا آزمایش شدن است، جریان کامل هوا در منطقه می تواند به سرد شدن بیش از حد منجر شود. در چنین نمونه هایی، دریچه ها را می توان به کمک ترموستات کنترل کرد تا دمای اتاق در سطح قابل قبولی باقی بماند و خنک سازی صحیح صورت گیرد. مراقب ایجاد شدن فشار منفی باشید، چرا که باعث ایجاد خطر برای سلامتی پرسنل اتاق دستگاه مولد می شود.

هوای تهویه سازی را می توان دوباره به گردش در آورد تا دمای اتاق دستگاه مولد را برای کار در اقلیم های سرد تنظیم کند. این امر باعث می شود دستگاه مولد سریع تر گرم شده و دمای سوخت از نقطه ی توده ی سوخت بالاتر بماند. این سیستم گردش مجدد باید توسط ترموستات کنترل شود تا دمای مناسبی را در اتاق حفظ کند. به شکل ۱۰۵ در صفحه ۲۵۸ مراجعه شود.



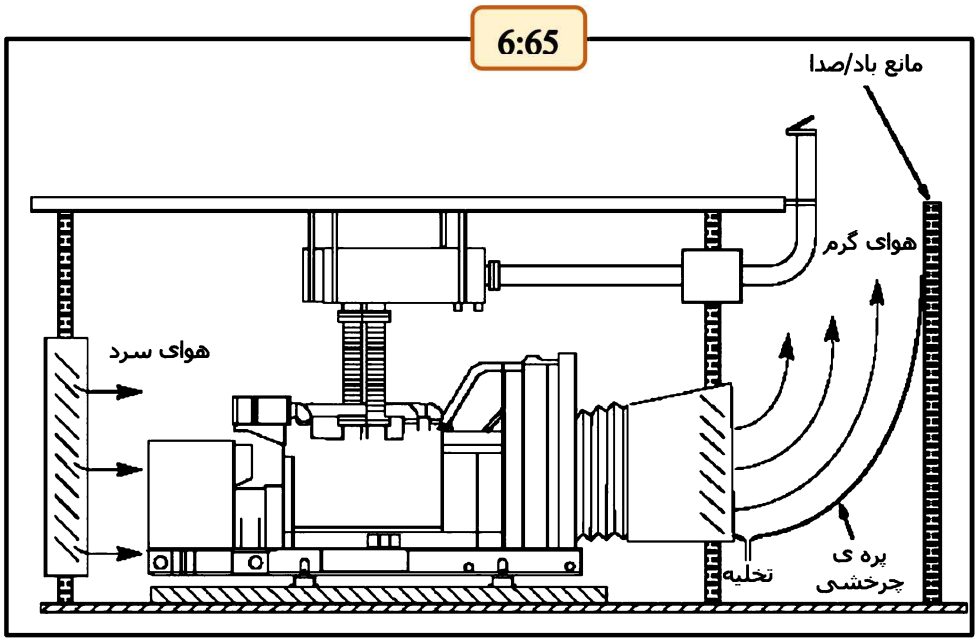
شکل ۱۰۴. نصب دستگاه مولد چندتایی



شکل ۱۰۵. سیستم چرخش مجدد اتاق

۶-۵-۱۳ دیوارهای حائل (Blocking Walls)

- اگر دیوار حائلی نصب شده است، نباید نزدیک تر از فاصله ای برابر با 1X ارتفاع دریچه ی خروجی از ساختمان قرار بگیرد. برای دستیابی به عملکرد بهینه، دیوار باید در فاصله ی تقریبی 3X ارتفاع دریچه ی خروجی ساختمان قرار گیرد.
- همراه با هرگونه دیوار حائل، باید باد نمایی چرخشی و یک ناودان نصب شود.



شکل ۱۰۶. دیوار حائل و باد نمای چرخشی

دیوارهای حائل را میتوان به منظور جلوگیری از وزش باد به داخل خروجی های تهویه ایجاد کرد. به شکل ۱۰۶ در صفحه ۲۵۹ مراجعه شود. دیوار حائل باید در فاصله ای از خروجی نصب شود که حداقل برابر با خروجی رادیاتور باشد. عملکرد بهتر را می توان در فاصله ای سه برابر خروجی هوای رادیاتور به دست آورد. باد نمایی چرخشی را باید به کار برد تا به کاهش محدودیت ایجاد شده توسط دیوار کمک کند. ناودانی باید ضمیمه ی باد نمای چرخشی شود تا از وارد شدن باران به اتاق دستگاه مولد جلوگیری کند.

۶-۵-۱۴ فیلتر کردن هوای تهویه سازی (Ventilation Air Filtration)

اتاق دستگاه مولد باید عاری از گرد و خاک و ذرات معلق باشد. هوای تهویه ای که توسط گرد و خاک، پرز، نمک یا دیگر مواد شیمیایی آلوده شده است به فیلترهای مخصوصی در سیستم تهویه ی اتاق، موتور یا دینام نیاز دارد. اگر قرار است فیلتر استفاده شود، باید میزان محدودیتی که برای جریان هوا به وجود می آورد در نظر گرفته شود. در دستگاه های مولدی که مجهز به رادیاتور سوار بر دستگاه هستند، محدودیت فیلتر باید در محاسبات مربوط به محدودیت جریان هوای کلی

محسوب شود. کل محدودیت، که شامل فیلتر ها نیز می شود، باید پایین تر از محدودیت کلی مجاز لیست شده در اطلاعات فنی دستگاه مولد باشد (بخش ۱۰-۵-۶ در صفحه ۲۵۴).

- اگر قرار است فیلترهای سیستم تهویه نصب شوند، سیستمی برای شناسایی فیلترهای گرفته باید وجود داشته باشد.

اگر بنا بر استفاده از فیلتر است، باید تدارکاتی در نظر گرفته شود تا وضعیت این فیلترها بررسی شود و فیلترهای گرفته شده شناسایی شوند. نشان گرهای افت فشار را می توان بر سیستم تهویه ی اتاق نصب کرد. راه حل های دیگر نیز ممکن است قابل قبول باشند.

۶-۵-۱۵ دمای ارتفاع و محیط (Altitude and Ambient Temperature)

ارتفاع و دمای محل نصب بر تراکم هوای محیط دستگاه مولد تاثیرگذار است، که در نتیجه عملکرد موتور، دینام و سیستم خنک سازی را تحت الشعاع قرار می دهد. برای جزئیات بیشتر، که شامل مبحث دمای محیطی محدود کننده (LAT) نیز می شود، به بخش سیستم های خنک کننده ی دستگاه موتور و شرایط محیطی در این راهنما مراجعه شود.

۶-۵-۱۶ وارسی سیستم (System Verification)

هنگام نصب سیستم آزمایش های عملی ای باید صورت گیرد تا از این که الزامات طرح برطرف شده اند اطمینان حاصل گردد.

۶-۵-۱۶-۱ افزایش دمای اتاق (Room Temperature Rise)

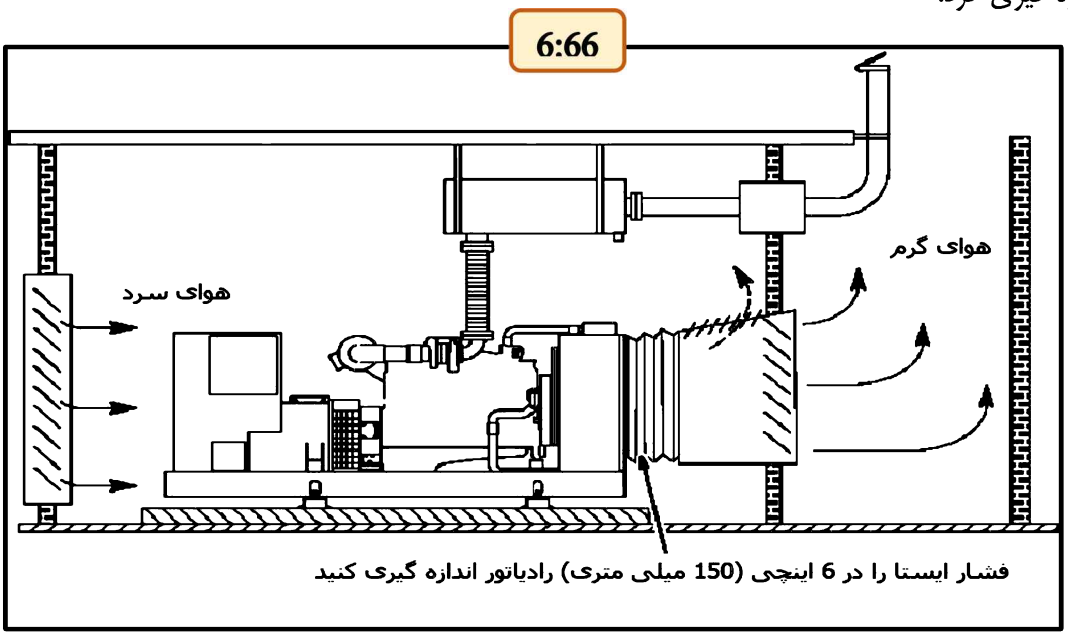
رویه ی زیر را می توان برای مقایسه ی افزایش دمای واقعی و طراحی شده به کار برد:.

۱- دستگاه مولد را در بار کامل (۱,۰ عامل نیرو قابل قبول است) به قدری به کار بگیرید که دمای خنک کننده ی موتور یا روغن تثبیت شوند. این امر تقریبا یک ساعت طول می کشد.
۲- در حین این که دستگاه مولد در بار درجه بندی شده کار می کند، دمای هوای اتاق دستگاه مولد را در ورودی تمیز کننده ی هوا اندازه گیری کنید.
۳- دمای هوای بیرون را در همان مکانی که در بخش ۵-۴-۵-۶ صفحه ی ۲۴۴ استفاده شد اندازه بگیرید.
۴- تفاوت دمای بین بیرون و اتاق دستگاه مولد را محاسبه کنید.
۵- بررسی کنید که افزایش دمای اتاق طراحی از حد مجاز فراتر نرفته باشد.

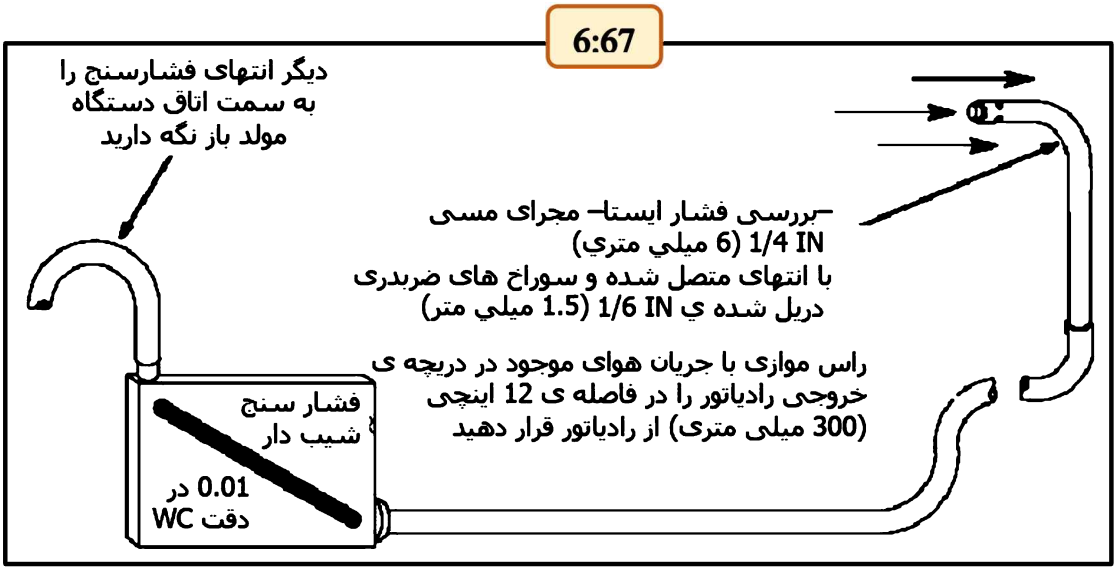
اگر افزایش دمای اتاق طراحی از حد مجاز فراتر رفته باشد، به آزمایش دقیق تر امکانات یا تصحیح طراحی سیستم نیاز است.

۲-۱۶-۵-۶ محدودیت جریان هوا (Airflow Restriction)

قبل از این که دستگاه مولد برای سرویس دهی در جای خود قرار گیرد، محدودیت جریان هوای اتاق را بیاد اندازه گیری کرد تا از این مساله اطمینان حاصل شود که سیستم از حداکثر محدودیت جریان هوای مجاز لیست شده در اطلاعات فنی مربوط به دستگاه مولد تجاوز نمی کند. محدودیت جریان هوای اتاق را باید طبق شکل ۱۰۷ و شکل ۱۰۸ در صفحه ۲۶۱ اندازه گیری کرد.



شکل ۱۰۷. اندازه گیری محدودیت جریان هوا



شکل ۱۰۸. اندازه گیری محدودیت جریان هوا

۱۷-۵-۶ راهنمایی های کلی (General Guidelines)

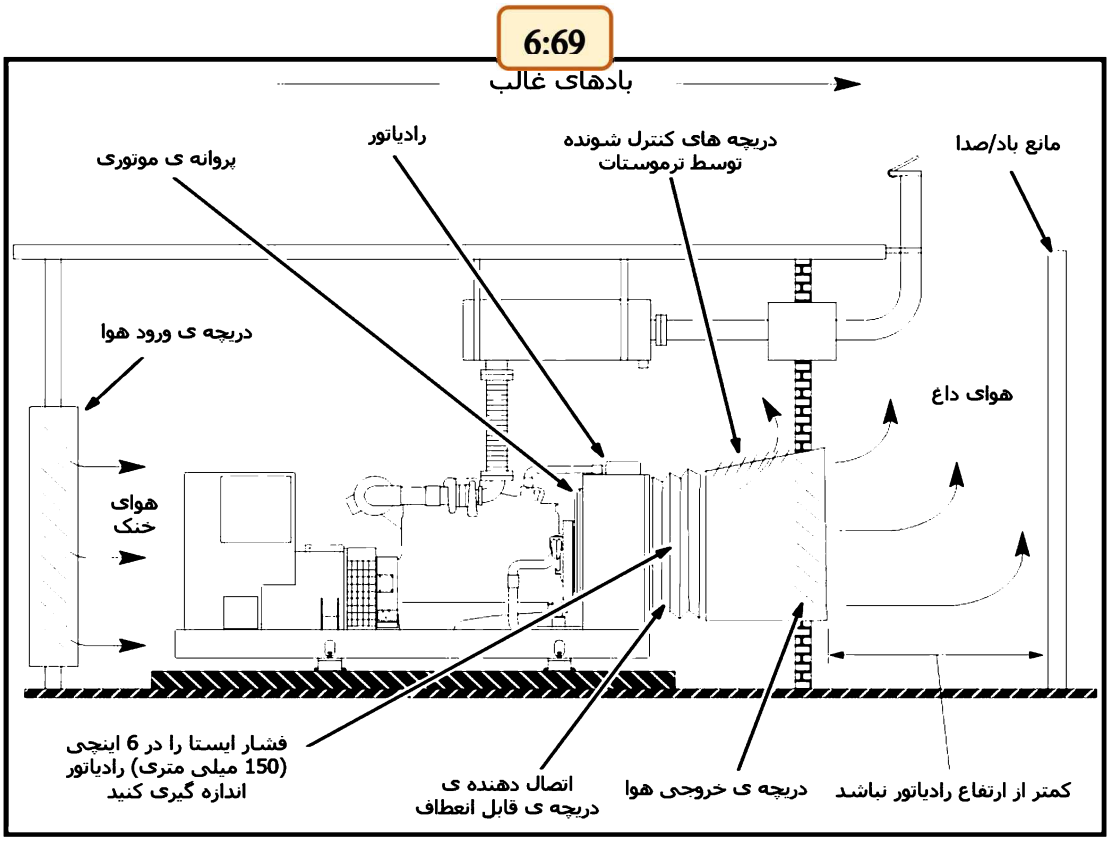
تهویه ی اتاق مولد برای بیرون کردن گرمای ساطع شده از موتور، دینام و دیگر ابزار تولید گرما در اتاق دستگاه مولد الزامی است. تهویه گازهای خطرناک اگزوز را نیز خارج کرده و هوای احتراق را فراهم می کند. طراحی سیستم تهویه ی ضعیف باعث افزایش دمای محیط اطراف دستگاه مولد شده که می تواند بازده ضعیف سوخت، عملکرد ضعیف دستگاه مولد از کار افتادن زودهنگام قطعات، و گرم شدن بیش از حد موتور را به بار آورد. این امر حتی می تواند به شرایط کاری بد در اطراف ماشین نیز منجر شود.

انتخاب محل تهویه ی اگزوز و ورودی برای عملکرد مناسب سیستم امری ضروری است. در شرایط ایده آل، اگزوز و ورودی این امکان را برای هوای تهویه فراهم می کنند که در راستای کل اتاق دستگاه مولد به گردش درآید. در زمان تعیین محل هوای اگزوز باید تاثیر بادهای بازدارنده نیز در نظر گرفته شود. این تاثیرات می توانند به میزان چشمگیری عملکرد رادیاتور سوار بر تخته را کاهش دهند. اگر مشکلی در مورد سرعت و مسیر باد وجود دارد، می توان از دیوارهای حائل جهت جلوگیری از وزش باد به داخلی خروجی هوای اگزوز موتور استفاده کرد (به شکل ۱۰۹ صفحه ی ۲۶۳ مراجعه شود). باید دقت کرد که تهویه ی اگزوز وارد منطقه ای از ساختمان نشو که به دلیل مسیر بادهای بازدارنده ناحیه گردشی ای شکل گرفته است.

جدول ۲۱. نقاط جوش و یخ زدن در برابر غلظت ضد یخ

6:68

پایه ی ترکیب		درصد های ترکیب (ضد یخ/آب)					
		0/100	30/70	40/60	50/50	60/40	95/5
اتیلین گلیکول	نقطه ی انجماد	32 °F (0 °C)	4°F (-16 °C)	-10°F (-23°C)	-34°F (-36 °C)	-65°F (-54 °C)	8°F (-13 °C)
	نقطه ی جوش	212°F (100 °C)	220°F (104 °C)	222°F (106 °C)	226°F (108 °C)	230°F (110°C)	345°F (174 °C)
پروپیلین گلیکول	نقطه ی انجماد	32°F (0 °C)	10°F (-12 °C)	-6 °F (-21 °C)	-27 °F (-33 °C)	-56°F (-49°C)	-70°F (-57 °C)
	نقطه ی جوش	212°F (100 °C)	216°F (102 °C)	219 °F (104 °C)	222°F (106 °C)	225°F (107 °C)	230°F (160 °C)



شکل ۱۰۹. خنک سازی رادیاتور تعبیه شده در کارخانه

هوای تهویه ای که به گرد و خاک، پرز، یا دیگر مواد آلوده است به فیلترهای خاصی در موتور و/یا دینام احتیاج دارد تا عملکرد و خنک سازی مناسب، خصوصا در کاربردهای نیروی اصلی صورت گیرد. برای اطلاعات در مورد دستگاه های مولد در محیط هایی که دارای آلودگی شیمیایی هستند با کارخانه تماس بگیرید.

سیستم های تهویه میل لنگ موتور می توانند هوای آغشته به روغن را وارد اتاق دستگاه مولد کنند. سپس ممکن است روغن در رادیاتورها یا دیگر ابزار تهویه ته نشین شده و عملکرد آن ها را تضعیف کند. استفاده از زانویی های هواکش تهویه ی میل لنگ یا تخلیه ی میل لنگ به بیرون بهترین راه حل است.

باید به سرعت هوای ورودی کشیده شده به اتاق دستگاه مولد دقت کرد. اگر میزان جریان هوا خیلی زیاد باشد، ممکن است دستگاه های مولد باران و برف را به اتاقی که در آن کار می کنند بکشند. هدف یک طراحی خوب محدود کردن سرعت هوا در گستره ی 500-700 f/min (150-220 m/min) است.

در اقلیم های سرد، هوای اگزوز رادیاتور را می توان مجددا به گردش درآورد تا دمای هوای محیط در اتاق دستگاه مولد را تنظیم کند. این امر باعث می شود دستگاه مولد سریع تر گرم شده و دمای سوخت از نقطه ی توده ی سوخت بالاتر بماند. اگر دریچه‌ی هوای چرخش مجدد مورد استفاده قرار گرفته اند، باید به گونه ای طراحی شوند که در حالت بسته از کار

بیفتند، در حالی که دریچه‌های هوای اصلی اگزوز باز هستند، تا دستگاه مولد در صورت نیاز به کار خود ادامه دهد. طراحان باید آگاه باشند که دمای عملکردی اتاق دستگاه مولد به دمای بیرون خیلی نزدیک خواهد بود، لذا یا لوله کشی آب را از اتاق دستگاه مولد رد نکنید، یا از آن در برابر یخ زدن محافظت کنید.

حین این که هوای تهویه در اتاق ابزاری جریان پیدا می کند، دمای آن، خصوصا هنگام عبور از کنار دستگاه مولد، به تدریج بالا می رود. به شکل ۱۱۰ در صفحه ی ۲۶۵ مراجعه کنید. این مساله ممکن است در درجه بندی دمای دستگاه مولد و کل سیستم سردرگمی به وجود آورد. راه حل تولید نیروی کامینز درجه بندی سیستم سرد کننده طبق دمای محیطی اطراف دینام است. افزایش دما در اتاق تفاوت بین دمای اندازه گیری شده در دینام و دمای بیرون است. دمای هسته ی رادیاتور بر طراحی سیستم تاثیر نمی گذارد، چرا که دمای رادیاتور مستقیما از اتاق ابزار بیرون می رود.

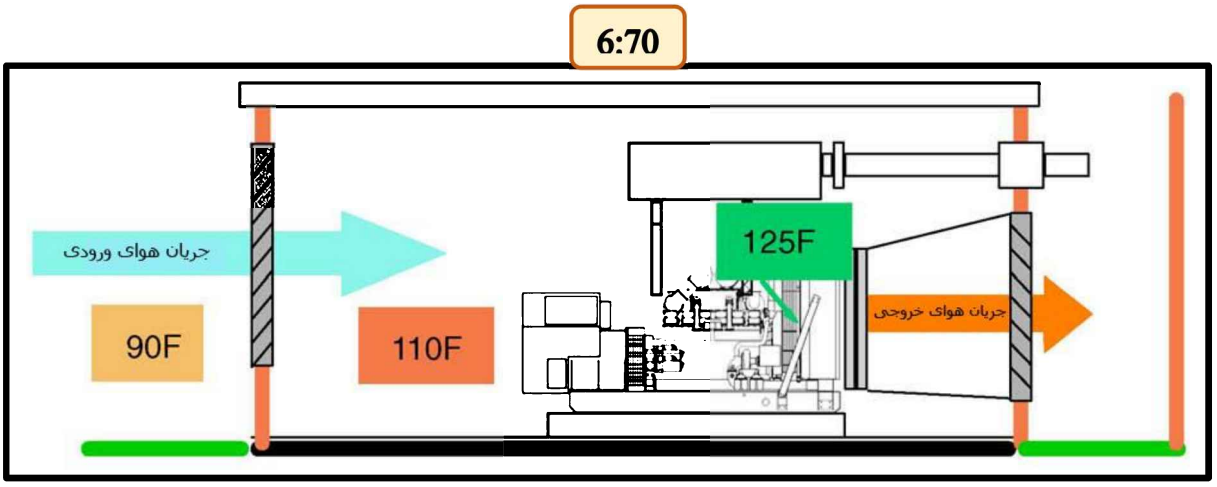
هدف یک طراحی خوب در کاربردهای استندبای حفظ دمای اتاق در کمتر از $125^\circ F$ ($50^\circ C$) است. با این وجود، محدود کردن دمای اتاق دستگاه مولد به $100^\circ F$ ($40^\circ C$) به دستگاه مولد این امکان را می دهد تا از مجموعه ی رادیاتور سوار بر تخت ارزان تر و کوچک تری استفاده کند، و نیاز به جداسازی درجه بندی را به دلیل دمای افزایش یافته ی هوای احتراق از بین می برد. از این مساله اطمینان حاصل کنید که شاخصه های طرح دستگاه مولد فرضیه هایی را که در طرح سیستم تهویه برای دستگاه های مولد مورد استفاده قرار می گیرند را به طور کامل توصیف کرده اند.

در این صورت سوال اساسی این می شود که "حداکثر دمای هوای بیرون در زمانی که دستگاه مولد برای کار روشن می شود باید چقدر باشد؟" این فقط مربوط به دمای حداکثری محیط در منطق ای ارتباط پیدا می کند که دستگاه مولد در آن جا نصب شده است.

به عنوان مثال، ممکن است در بعضی مناطق شمالی ایالات متحده دمای حداکثر از $90^\circ F$ فراتر نرود. لذا طراح می تواند قطعات سیستم تهویه را بر اساس افزایش دمای $10^\circ F$ همراه با یک سیستم خنک سازی دستگاه مولد $100^\circ F$، یا بر اساس افزایش دمای $35^\circ F$ همراه با یک سیستم خنک سازی دستگاه مولد $125^\circ F$ انتخاب کند.

عامل اصلی در عملکرد درست سیستم اطمینان حاصل کردن از این مسائل است که تصمیمات مربوط به حداکثر دمای در حال کار و افزایش دما با دقت صورت گرفته، و سازنده ی دستگاه مولد نه تنها رادیاتور، بلکه سیستم خنک سازی را نیز برای دما ها و تهویه مورد نیاز طراحی می کند.

نتیجه ی طراحی نادرست سیستم این است که دستگاه مولد در زمانی که دمای محیط و بار دستگاه مولد بالا است داغ می کند. با این وجود ممکن است سیستم در دما ها یا سطوح باری پایین تر به درست کار کند.



شکل ۱۱۰. دمای هوای معمول در اطراف یک دستگاه مولد در حال کار

۱۸-۵-۶ محاسبات جریان هوا (Air Flow Calculations)

میزان جریان هوای لازم برای حفظ افزایش دمایی خاص در اتاق مولد توسط این فرمول به دست می آید:

$$m = \frac{Q}{c_p \, \Delta T \, d}$$

در حالی که: m = میزان توده ی جریان هوا در اتاق؛ $(m^3/min)\ ft^3/min$

Q = خروج گرما به اتاق از دستگاه مولد و دیگر منبع های گرمایی؛ $(MJ/min)\ BTU/min$

c_p = گرمای مشخص در فشاری ثابت؛ $(1.01\times10^{-3}\ MJ/kg\text{-}^\circ C)\ 0.241\ BTU/lb\text{-}^\circ F$

ΔT = افزایش دما در اتاق دستگاه مولد نسبت به دمای محیط بیرونی؛ $(^\circ C)\ ^\circ F$

d = تراکم هوا؛ $(1.21\ kg/m^3)\ 0.754\ lb/ft^3$

که می توان آن را به میزان زیر کاهش داد:

$$m = \frac{Q}{0.241 \bullet 0.0754 \bullet \Delta T} = \frac{55.0Q}{\Delta T}\ (ft^3/min)$$

یا

$$m = \frac{Q}{(1.01 \cdot 10^3) \bullet 1.21 \bullet \Delta T} = \frac{818Q}{\Delta T}\ (m^3/min)$$

کل جریان لازم در اتاق مقدار محاسبه شده از این معادله، به علاوه ی هوای احتراق مورد نیاز برای موتور است.

در این محاسبه عوامل اصلی گرمای ساطع شده توسط دستگاه مول (و دیگر ابزار حاضر در اتاق) و حداکثر افزایش دمای مجاز هستند.

از آن جایی که خروج گرما به اتاق اساسا به میزان kW دستگاه مولد ارتباط دارد و درجه بندی توسط تقاضای بار الکتریکی ساختمان تعیین می شود، تصمیم اصلی که باید توسط طراح در مورد تهویه گرفته شود این است که چه افزایش دمای مجازی در اتاق قابل قبول است.

۶-۵-۱۹ آزمایش عملی سیستم های تهویه (Field Testing of Ventilation Systems)

از آن جایی که آزمایش عملکرد صحیح دشوار است، یک عامل برای بررسی در آزمایش سیستم افزایش دما در اتاق تحت شرایط عملیاتی واقعی، در برابر افزایش دمای طرح است. اگر افزایش دما در بار کامل و دماهای محیطی پایین تر طبق پیش بینی ها باشد، احتمال این می رود که در دماهای محیطی و سطوح باری بالاتر نیز عملکرد به درستی صورت گیرد.

رویه ی زیر را می توان برای تایید اولیه ی طراحی سیستم تهویه مورد استفاده قرار داد:

۱- دستگاه مولد را در بار کامل (۱,۰ عامل نیرو قابل قبول است) به قدری به کار بگیرید که دمای خنک کننده ی موتور تثبیت شود. این امر تقریبا یک ساعت طول می کشد.
۲- در حین این که دستگاه مولد در بار درجه بندی شده کار می کند، دمای هوای اتاق دستگاه مولد را در ورودی تمیز کننده ی هوا اندازه گیری کنید.
۳- دمای هوای بیرون را اندازه بگیرید. (در سایه)
۴- تفاوت دمای بین بیرون و اتاق دستگاه مولد را محاسبه کنید.
۵- بررسی کنید که افزایش دمای طرح اتاق مولد، و حداکثر دمای مخزن بالای موتور از حد فراتر نرفته باشد.

اگر هر یک از افزایش دمای طرح یا دمای مخزن بالا از حد فراتر رفته باشد، آزمایش دقیق تر امکانات یا تصحیح طراحی برای بررسی طراحی درست سیستم اجباری است.

۶-۵-۲۰ تهویه ی رادیاتور سوار بر تخته (Skid-Mounted Radiator Ventilation)

در این پیکر بندی (شکل ۱۰۹ صفحه ی ۲۶۳)، پروانه هوا را از طریق دهانه ی ورودی هوا در دیوار روبرو و در طول دستگاه مولد کشیده و به رادیاتوری که لبه هایی برای اتصال مجرا به بیرون ساختمان دارد می فرستد.

مسائل زیر را در نظر بگیرید:

- مکان اتاق مولد باید به گونه ای باشد که هوای تهویه را بتوان به طور مستقیم از بیرون کشیده و به بیرون ساختمان هدایت کرد. هوای تهویه نباید از اتاق های کناری کشیده شود. در ضمن اگزوز باید هوا را از رادیاتور

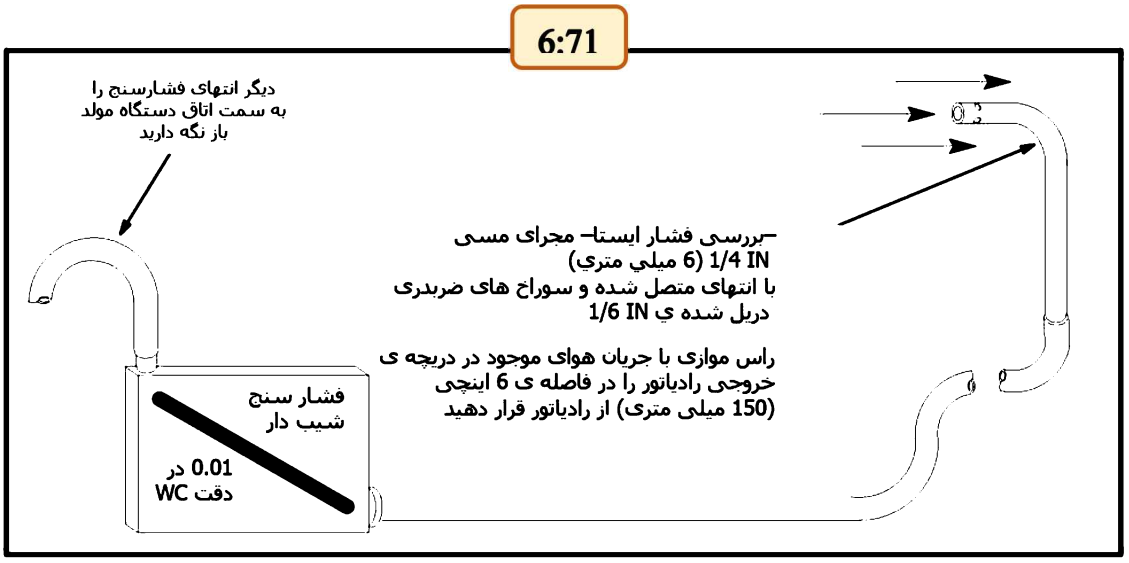
به سمت خروجی هوای ساختمان بیرون کند تا احتمال کشیده شدن گازهای اگزوز و دوده همراه با هوای تهویه به اتاق مولد کاهش پیدا کند.

- دهانه ی ورودی و خروجی هوای تهویه سازی باید به گونه ای قرار گیرد یا محافظت شود که صدای پروانه و تاثیرات باد در جریان هوا را به حداقل برساند. در صورت استفاده، محافظ خروج نباید از میزان ارتفاع رادیاتور دور تر از دهانه ی سیستم تهویه قرار گیرد. عملکرد بهتر در سه برابری ارتفاع رادیاتور به دست می آید. در مناطق محدود، باد نماهای چرخشی به کاهش محدودیت به وجود آمده از موانع اضافه شده به سیستم کمک می کند. هنگامی که از این باد نما ها استفاده می کنید، تدارکاتی برای باریکه های آب به وجود آمده از بارش ترتیب دهید تا وارد اتاق مولد نشوند.
- جریان هوا در رادیاتور معمولا برای تهویه ی اتاق مولد کافی است. به محاسبه ی نمونه (بخش ۱۸-۵-۶ در صفحه ۲۶۵) جهت روش تعیین جریان هوای لازم برای برطرف کردن الزامات افزایش دمای هوای اتاق مراجعه کنید.
- به برگه ی مشخصات دستگاه مولد توصیه شده برای اطلاع از جریان هوای طرح در رادیاتور و محدودیت جریان هوای مجاز مراجعه کنید. محدودیت جریان هوای مجاز نباید فراتر از حد باشد. فشار ایستا (محدودیت جریان هوا) باید، همان گونه که در شکل ۱۰۹ صفحه ی ۲۶۳ و شکل ۱۱۱ صفحه ی ۲۶۹ و شکل ۱۱۲ در صفحه ۲۶۹ نشان داده شده، اندازه گیری شود تا قبل از شروع به کار دستگاه این مساله تایید شود که سیستم خیلی محدود کننده نیست. این مساله در مواقعی که هوای تهویه از طریق مجراهای بلند، گریل های محدود کننده، دیوارهای حائل و دریچه فراهم شده یا به بیرون فرستاده می شود از اهمیت بیشتری برخوردار است.
- قانون عرف برای اندازه گیری ورودی ها و خروجی های هوای تهویه در گذشته استفاده و حتی منتشر شده اند اما اخیرا به طور گسترده ای متوقف شده اند. به دلیل تنوع گسترده در عملکرد دریچه ها، و الزام های زیاد نصب در مورد فضا، صدا و دیگر موارد، این دسته از قوانین عرفی قابل اطمینان نیستند. به طور کلی، سازندگان دریچه نمودارهای محدودیتی در برابر جریان هوا هایی دارند که به صورت آماده در دسترس هستند. این نمودارها همراه با طرح مجراها و دیگر محدودیت ها میتوانند به راحتی با شاخصه های منتشر شده در مورد دستگاه مولد مقایسه شوند تا روشی قابل اطمینان در مورد تعیین سطوح محدودیت قابل قبول به دست آید.
- در صورتی که از مجراهای هوا برای کاربرد مورد نظر الزامی هستند، در نصب های امریکای شمالی به انتشارات ASHRAE (جامعه ی مهندسی گرمایش، سرمایش و تهویه هوای امریکا) برای اطلاع از توصیه های موجود در مورد طراحی مجرا مراجعه کنید. دقت داشته باشید که مجرای ورودی باید جریان احتراق را علاوه بر جریان تهویه مدیریت کند (به برگه ی مشخصات مراجعه شود) و باید اندازه ی آن بر اساس این موارد تنظیم شود.
- دریچه ها و دیوارهای حائل دهانه ی ورودی و خروجی جریان هوا را محدود می کنند و از نظر عملکرد تفاوت چشمگیری دارند. به عنوان مثال، یک مونتاژ دریچه که از باد نماهای باریک استفاده می کند بیشتر از مونتاژی

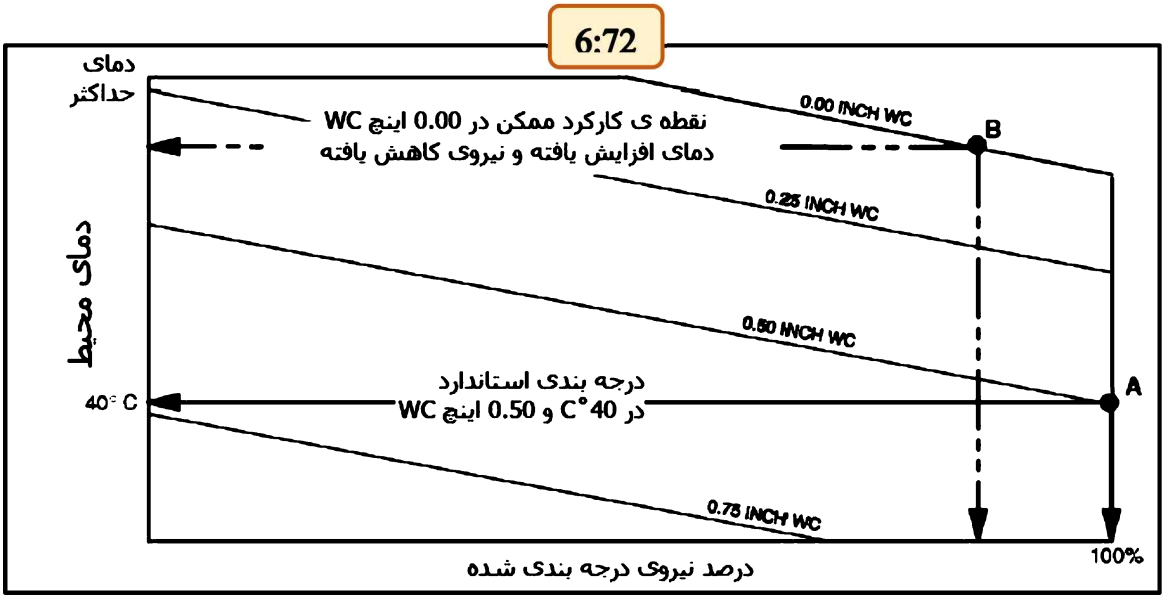
با باد نماهای عریض تر محدود کننده است. ناحیه ی باز موثر مشخص شده توسط سازنده ی دریچه یا دیوار حائل را باید مورد استفاده قرار داد.

- به این دلیل که پروانه ی رادیاتور فشار منفی ای در اتاق مولد ایجاد می کند، توصیه می شود که ابزار احتراق مثل مخزن آب گرم ساختمان در اتاق دستگاه مولد قرار نگیرد. اگر این مساله اجتناب ناپذیر است، باید احتمال وجود تاثیرات منفی مثل جریان معکوس در هواکش بررسی شود و ابزاری (مثل دهانه های ورودی اتاق بسیار بزرگ و/یا مجرا، پروانه های تنظیم فشار و دیگر موارد) برای کاهش فشار منفی به سطوح قابل قبول فراهم شود.
- در اقلیم های سردتر، باید از دریچه های هوای اتوماتیک برای بستن دهانه های ورودی و خروجی هوا استفاده شود تا در زمانی که دستگاه مولد در حال کار نیست از اتلاف گرما جلوگیری شود. دریچه ای ترموستاتی باید مورد استفاده قرار گیرد تا بخشی از هوای خروجی رادیاتور را مجددا به گردش در بیاورد و حجم هوای سرد کشیده شده به اتاق را در زمان کار دستگاه کاهش دهد. دریچه های هوای ورودی و خروجی باید در زمانی که دستگاه شروع به کار می کند کاملا باز باشند. دریچه ی گردش مجدد باید کاملا در $60^\circ F$ ($16^\circ C$) باشد.
- به جز هوای خروجی رادیاتور گردش کننده ی مجدد به اتاق مولد در اقلیم های سرد، دیگر هوا های تهویه باید به صورت مستقیم به خارج ساختمان فرستاده شوند. غیر از اتاق مولد، از این هوا نباید برای گرم کردن دیگر فضاها استفاده کرد.
- اتصال دهنده ی دریچه ی انعطاف پذیری را باید در رادیاتور فراهم کرد تا از گردش مجدد هوای اگزوز در اطراف رادیاتور جلوگیری شود، و گردش و لرزش دستگاه مولد را گرفته و از انتقال صدا جلوگیری کند.

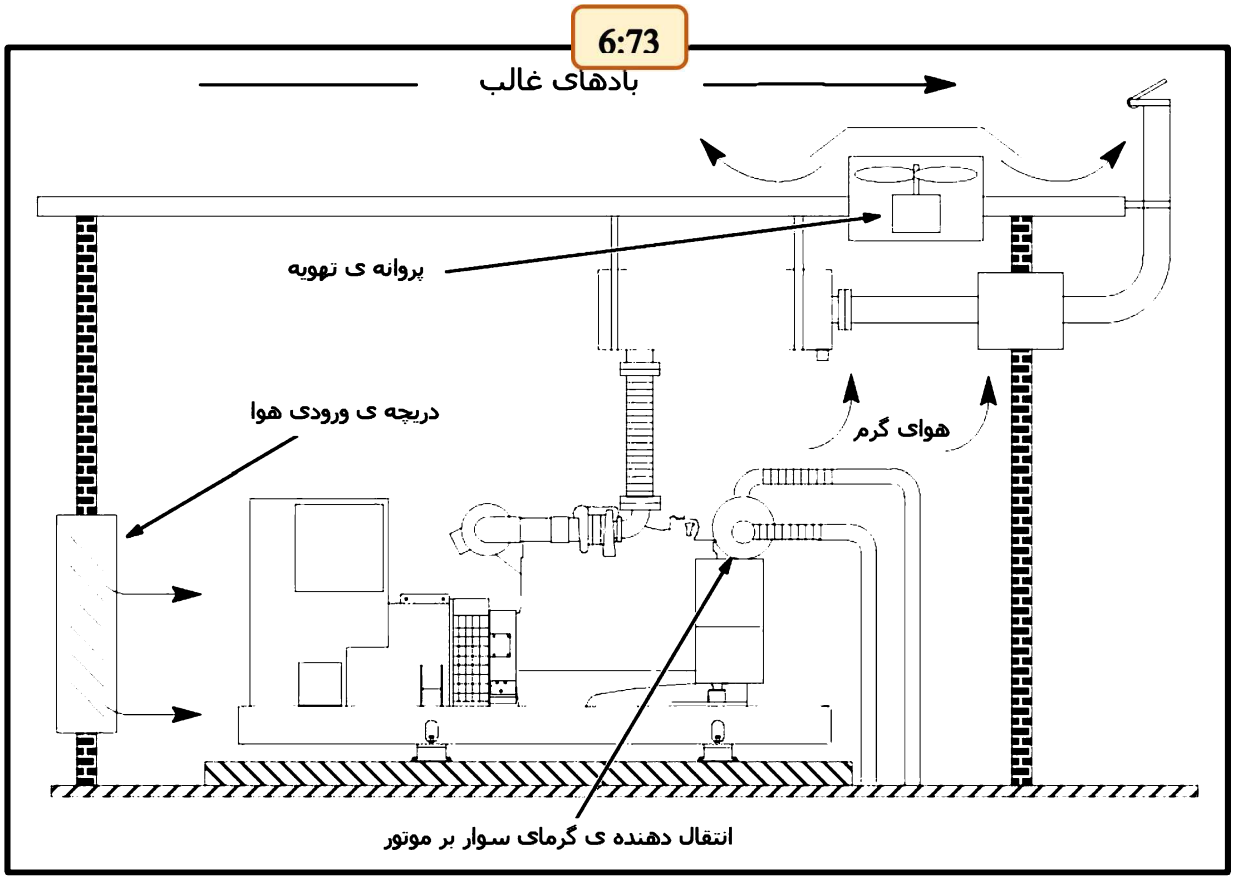
  نکته: ممکن است پوشش های رادیاتور یا تبدیل های دریچه فقط برای تحمل وزن یا سازه ی تبدیل دریچه ی قابل انعطاف طراحی شود. از اضافه کردن وزن/ابزار اضافه همراه با پوشش های رادیاتور یا تبدیل های دریچه بدون تحلیل کافی نیرو و لرزش خودداری کنید.
- معمولا دستگاه مولد سوار بر تخته برای قابلیت خنک سازی نیروی کامل در دمای $40^\circ C$ طراحی شده است، در حالی که در برابر مقاومت جریان هوای سرد کننده ی خارجی 0.50 اینچ WC (نقطه ی A، شکل ۱۱۲ در صفحه ی ۲۵۹) کار می کند. مقاومت جریان هوای خارجی توسط مجراها، دیوار های حائل، دریچه های هوا، دریچه ها و دیگر موارد ایجاد می شود. کار در دمای محیط بالاتر از دمای طرح (برای مثال، نقطه ی B در شکل ۱۱۲ صفحه ی ۲۶۹) را می توان در صورتی در نظر گرفت که تخلیه هوا قابل قبول باشد و/یا مقاومت در برابر جریان هوای سرد کننده کمتر از مقاومت ای باشد که توانایی سرد کردن در برابر آن آزمایش شد (مقاومت کمتر برابر است با جریان هوای بیشتر در رادیاتور، و جبران تاثیر دمای هوای بالاتر در توانایی سرد کننده ی رادیاتور). برای دستیابی به قابلیت خنک سازی دستگاه مولد قابل قبول در دمای افزایش یافته ی محیط با کارخانه مشورت کنید.



شکل ۱۱۱. ابزار توصیه شده برای اندازه گیری محدودیت جریان هوا



شکل ۱۱۲. شکل قابلیت خنک سازی در دماهای محیطی افزایش پیدا کرده



شکل ۱۱۳. تهویه ی هوا در سیستم های خنک سازی انتقال دهنده ی گرما

۲۱-۵-۶ کاربردهای انتقال دهنده تهویه سازی یا رادیاتور از راه دور
(Ventilating Heat Exchanger or Remote Radiator Applications)

ممکن است به دلیل ملاحظات مربوط به صدا یا به این خاطر که محدودیت جریان هوا در مجراهای بلند انتقال دهنده ی گرما بیشتر از مقدار مجاز برای پروانه رادیاتور موتوری است، سیستم سرد کننده ی رادیاتور راه دور (شکل ۱۱۳ در صفحه ی ۲۷۰) انتخاب شود. مسائل زیر را در نظر بگیرید:

- پروانه های تهویه باید برای اتاق مولد تهیه شوند. پروانه های تهویه باید قابلیت به حرکت در آوردن جریان هوای تهویه لازم در برابر محدودیت های جریان هوا را داشته باشند. محاسبه ی نمونه ی زیر را در مورد روش تعیین جریان هوای لازم برای تهویه ببینید.
- پروانه ی رادیاتور راه دور باید به اندازه ای باشد که در وهله ی اول رادیاتور را خنک کند. بسته به مکان آن، ممکن است پروانه رادیاتور راه دور برای تهویه ی اتاق مولد نیز استفاده شود.

- مکان پروانه و ورودی هوا باید به گونه ای باشند که هوای تهویه به سمت دستگاه کشیده شود.

در کل، سیستم های سرد کننده ی راه دور بارهای پارازیتیک بیشتری دارند، لذا ظرفیت kW کمتری از دستگاه مولد برای این کاربردها در دسترس است. به یاد داشته باشید که بارهای پارازیتیک را به کل لازمه های بار برای دستگاه های مولد اضافه کنید.

۲۲-۵-۶ نمونه ی محاسبه ی جریان هوای تهویه
(Example Ventilating Air Flow Calculation)

برگه ی شاخص های دستگاه مولد توصیه شده نشان می دهد که گرمای ساطع شده از دستگاه مولد (موتور و مولد) به اتاق 4100 BTU/min است. صداگیر و ده فوت لوله ی اگزوز با قطر پنج اینچ در داخل اتاق مولد قرار گرفته اند. جریان هوای لازم برای محدود کردن افزایش دمای هوا به $30^{\circ}F$ را تعیین کنید.

۱. ورودی های گرما به اتاق از تمامی منابع را با هم جمع کنید. جدول ۲۲ صفحه ی ۲۷۲ نشان می دهد که اتلاف گرمای یک لوله ی اگزوز ۵ اینچی 132 BTU/min به ازای هر فوت لوله، و از صداگیر 2500 BTU/min است. ورودی های گرما به اتاق را به ترتیب زیر با هم جمع کنید:

خروج گرما از دستگاه مولد	۴۱۰۰
گرما از لوله ی اگزوز – ۳۲ × ۱۰	۱۳۲۰
گرما از صداگیر	۲۵۰۰
کل گرمای ساطع شده به اتاق مولد (BTU/Min)	۷۲۰۰

جدول ۲۲. اتلاف گرما از لوله های اگزوز و صداگیر های عایق نشده

6:74

قطر لوله، اینچ (میلی متر)	گرمای ساطع شده از لوله، Btu/min/ft (kJ/min/m)	گرما از صداگیر(Btu/min (kJ/min
1.5 (38)	47 (162)	297 (313)
2 (51)	57 (197)	490 (525)
2.5 (64)	70 (242)	785 (828)
3 (76)	84 (291)	1.100 (1.160)
3.5 (98)	96 (332)	1.480 (1.485)
4 (102)	108 (374)	1.767 (1.864)
5 (127)	132 (457)	2.500 (2.638)
6 (152)	156 (540)	3.550 (3.745)
8 (203)	200 (692)	5.476 (5.768)
10 (254)	249 (862)	8.500 (8.968)
12 (305)	293 (1.014)	10.083 (10.368)

۲. جریان هوای لازم برای جبران اتلاف گرما در اتاق بخشی از ورودی گرما تقسیم بر افزایش دمای مجاز هوای اتاق است (به بخش تهویه در قسمت قبل مراجعه شود):

$$m = \frac{55 \cdot Q}{\Delta T} = \frac{55 \cdot 7920}{30} = 14520\ ft^3/min$$

۶-۶ ذخیره ی سوخت (Fuel Supply)

۶-۶-۱ ذخیره ی سوخت دیزلی (Diesel Fuel Supply)

دستگاه های مولد موتور دیزلی معمولا برای کار با سوخت ASTM D975 شماره ی دو طراحی شده اند. برای کارهای کوتاه مدت، دیگر سوخت ها نیز ممکن است متناسب باشند، به شرط این که سوخت مورد نظر شاخصه های فیزیکی توصیف شده در جدول ۲۳ را دارا باشد. با سازنده ی موتور جهت استفاده از دیگر سوخت ها مشورت کنید.

باید در خرید سوخت و پر کردن مخزن ها دقت به خرج داد تا از نفوذ آشغال و رطوبت به سیستم سوخت دیزلی جلوگیری شود. آشغال انژکتورها را مسدود کرده و باعث ساییدگی بیشتر قطعات ماشینی سیستم سوخت می شود. رطوبت می تواند باعث فرسایش و از کار افتادن این قطعات شود.

طبق درجه بندی استندبای دستگاه های مولد دیزلی، این دستگاه ها تقریبا 0.07 گالن در ساعت به ازای kW درجه بندی شده (0.26 لیتر در ساعت به ازای kW درجه بندی شده) سوخت را در بار کامل استفاده می کنند. به عنوان مثال، دستگاه مولد استندبای ۱۰۰۰ کیلوواتی تقریبا ۷۰ گالن (۲۶۰ لیتر) در ساعت سوخت مصرف می کند. ممکن است

مخزن سوخت اصلی دستگاه های مولد دیزلی مخزنی زیر پایه (نصب در زیر تخته ی دستگاه مولد)، یا مخزن سوخت راه دوری باشد. اگر مخزن سوخت اصلی (عمده) از دستگاه مولد دور است، ممکن است به مخزنی میانی (روز) جهت تامین مناسب سوخت برای دستگاه مولد نیاز باشد. تفاوت های چشمگیری در قابلیت های موتور بین فراهم کننده ها وجود دارد، لذا طرح سیستم سوخت باید در مورد دستگاه مولد نصب شده در محل بررسی شود.

مزیت اصلی مخزن های سوخت زیر پایه این است که سیستم می تواند در کارخانه طراحی و مونتاژ شده باشد تا کار در محل را به حداقل برساند. با این وجود، امکان دارد این مخزن ها طبق الزامات اصلی ظرفیتی یا محدودیت های مقرراتی مربوط به مخزن اصلی سوخت گزینه ای عملی (یا ممکن) نباشند. در هنگام انتخاب مخزن سوخت زیر پایه، دقت داشته باشید که ممکن است سیستم کنترل دستگاه مولد و دیگر نقاط نگه داری سرویس دارای ارتفاعی غیر عملی باشند. این مساله ممکن است نیاز به اضافه کردن سازه هایی به نصب را اجباری کند تا به سرویس دهی متناسب یا فراهم کردن الزامات عملی کمک کند.

به دلیل محدودیت های پمپ های سوخت مکانیکی در اکثر موتورها، خیلی از نصب ها که به مخزن سوخت اصلی (عمده) راه دور نیاز دارند به مخزن های میانی (روز) نیز احتیاج پیدا کنند. ممکن است مخزن اصلی در بالا یا پایین دستگاه مولد قرار گیرد و هر کدام از این نصب ها به طرح مخزن های میانی (روز) و سیستم های کنترل سوخت نسبتا متفاوتی نیاز دارد. شکل ۱۱۴ و ۱۱۵ نشانگر سیستم تامین سوخت دیزلی معمول هستند.

جدول ۲۳. شاخص های سوخت دیزلی

۱-6:75

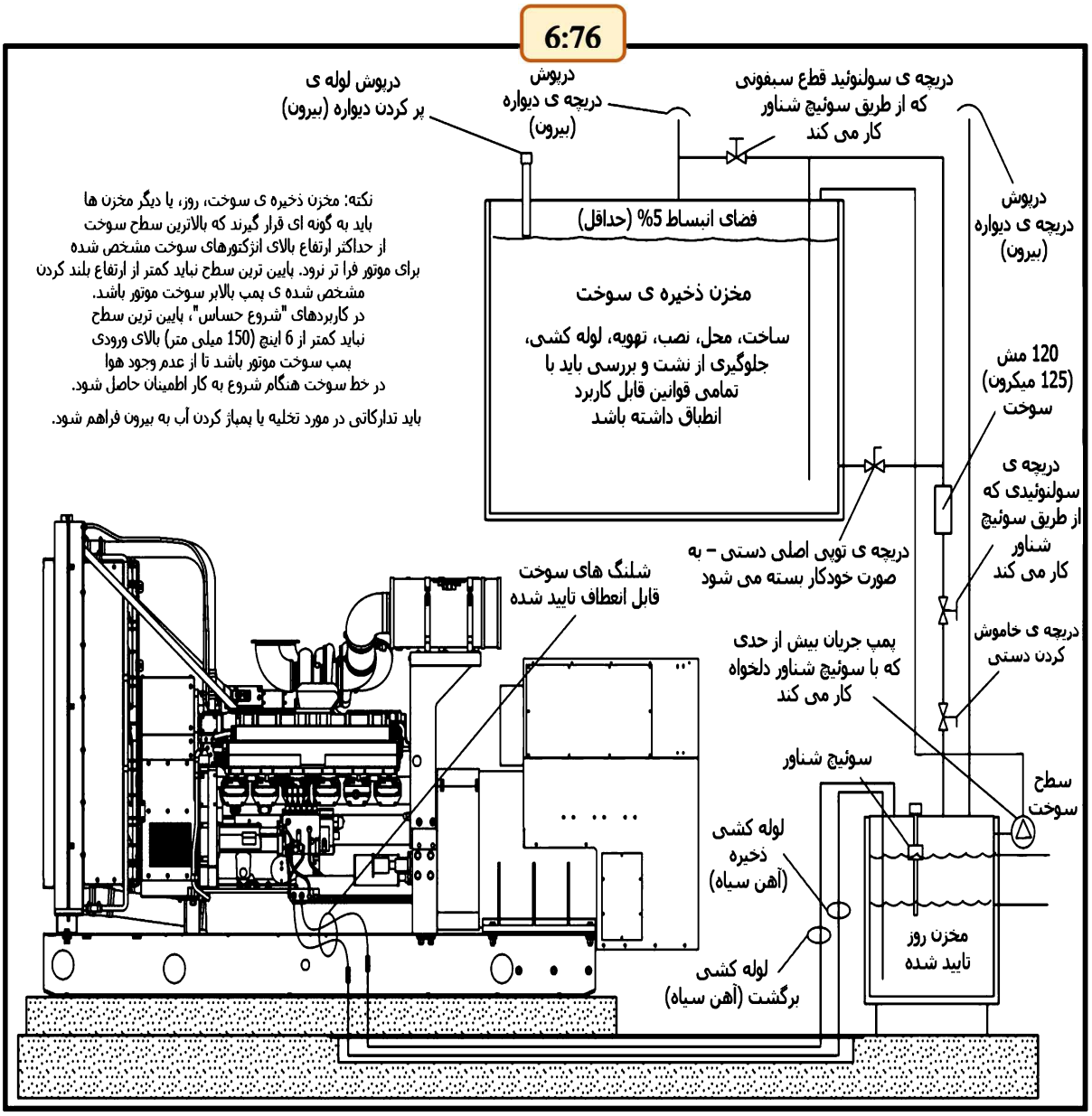
توصیف کلی	مشخصات فنی	ویژگی
سیستم تزریق در زمانی به خوبی کار می کند که سوخت "بدنه" یا چسبندگی مناسبی داشته باشد. سوخت هایی که الزامات سوخت های ASTM 1-D یا 2-D را رعایت می کنند با سیستم های سوخت کامینز سازگار هستند.	1.3-1.5 سانتی استوک (mm/sec) در 40°C (104°F)	چسبندگی (ASTM D445)
شماره ی ستان مقیاس شاخصه های شروع به کار و گرم کردن سوخت می باشد. در اقلیم های سرد یا در سرویس هایی با بارهای کم و طولانی، شماره ی ستان بالاتری مورد نیاز است.	۴۲ حداقل بالای C (32°F) ۴۵ حداقل زیر 0°C (32°F)	شماره ی ستان (ASTM D613)

ویژگی	مشخصات فنی	توصیف کلی
محتویات سولفور (ASTM D129 یا 1552)	بیش از ۰,۵ درصد کل نشود (به نکته مراجعه شود)	سوخت های دیزلی دارای مقادیر مختلفی از ترکیبات سولفور هستند که میزان اسیدی بودن روغن را افزایش می دهند. روشی عملی برای خنثی کردن اسید های بیش از معمول از سولفورهای بیشتر تعویض زود به زود روغن یا استفاده از روغنی با TBN بالاتر (TBN = ۱۰ تا ۲۰) یا هر دو روش است. استفاده از سوخت سولفور بالا (بیش از ۰,۵ درصد کلی) منجر به تشکیل سولفات در گاز اگزوز تحت شرایط بار بالای ممتد می شود. سوخت سولفور بالا هم چنین عمر بعضی ترکیب ها در سیستم، مثل کاتالیزور اکسداسیون، را کاهش می دهد.
سولفور فعال (ASTM D130)	فرسایش قطعه ی مسی نباید بعد از سه ساعت در 50°C (122°F) بیش از درجه بندی شماره ی ۲ شود.	بعضی ترکیب های سولفوری در سوخت شدیدا فرسایش گر می باشند. سوخت هایی با درجه بندی فرسایش سه یا بالاتر می توانند مشکلات فرسایشی ایجاد کنند.
آب و رسوب (ASTM D1796)	بیش از ۰,۰۵ درصد حجم نشود.	میزان آب و ذرات در سوخت معمولا به عنوان آب و رسوب طبقه بندی می شود. تصفیه سوخت در هنگام ریخته شدن آن به مخزن سوخت راهی مناسب است. بخار آب بیشتری در مخزن های نیمه پر چگالیده می شود، چرا که به خاطر تغییرات دمایی آب در مخزن نفوذ می کند. عوامل تصفیه، دیواره های سوخت در پمپ سوخت، و اتصالات ورودی سوخت در انژکتورها باید در صورت کثیف شدن تمیز و جایگزین شوند. این دیواره ها و تصفیه کننده ها هنگام انجام عملکردشان در صورت استفاده از سوخت ضعیف یا کثیف مسدود می شوند و باید زودتر تعویض شوند.
پس مانده ی کربن (Ramsbottom, ASTM D254 یا Conradson, ASTM D189)	بیش از ۰,۳۵ درصد کلی در پس مانده ی ۱۰ درصد حجم نشود.	پتانسیل سوخت دیزلی در ایجاد رسوبات کربنی در یک موتور را می توان با تعیین پس مانده ی کربن Ramsbottom یا Conradson سوخت پس از تبخیر ۹۰ درصد سوخت تخمین زد.

ویژگی	مشخصات فنی	توصیف کلی
پس مانده ی کربن (Ramsbottom, ASTM D254 یا Conradson, ASTM D189)	بیش از ۰,۳۵ درصد کلی در پس مانده ی ۱۰ درصد حجم نشود.	پتانسیل سوخت دیزلی در ایجاد رسوبات کربنی در یک موتور را می توان با تعیین پس مانده ی کربن Ramsbottom یا Conradson سوخت پس از تبخیر ۹۰ درصد سوخت تخمین زد.
غلظت (ASTM D287)	42-30 درجه ی گرانش API در 60°F (0.816-0.876 g/cc در 15°C)	گرانش نشانگر محتوای انرژی غلظت بالای سوخت است. سوختی با غلظت بالا (گرانش API پایین) دارای BTU به ازای گالن بیشتری در مقایسه با سوختی با غلظت پایین تر (گرانش API بالاتر) می باشد. تحت شرایط عملکردی برابر، سوخت غلیظ تر نسبت به سوخت غلظت پایین مقرون به صرفه تر است.
نقطه ی توده (ASTM D97)	6°C (10°F) پایین تر از کمترین دمای محیطی که در آن انتظار می رود سوخت کار کند.	نقطه ی توده ی سوخت دمایی است که در آن بلور موم برای نخستین بار پدیدار می شود. بلور ها را می توان با توده ای بودن سوخت تشخیص داد. این بلور ها منجر به انسداد تصفیه کننده می شوند.
خاکستر (ASTM D482)	بیشتر از ۰,۰۲ درصد کلی (۰,۰۵ درصد با ترکیب روغن لیز کننده) نشود.	میزان کمی از مواد فلزی غیر قابل احتراق که در تمامی محصولات نفتی یاد می شود را خاکستر می نامند.
تقطیر (ASTM D86)	منحنی تقطیر باید صاف و ممتد باشد.	حداقل ۹۰ درصد سوخت باید در کمتر از 360 ° C (680 ° F) بخار شود. تمامی سوخت باید در کمتر از 385°C (725°F) بخار شود.
شماره ی اسید (ASTM D664)	بیش از 0.1 Mg KOH به ازای 100ML نشود.	استفاده از سوخت با شماره ی اسید بالاتر می تواند به سطح فرسایشی بالاتر از آن چه که انتظار می شود منجر شود. شماره ی کلی اسید در ASTM D664 قرار دارد.
لغزندگی	۳۱۰۰ گرم یا بیشتر به روشی که توسط آزمایش BOCLE سائیدگی ارتش امریکا اندازه گیری می شود، یا قطر فرسایش صدمه (WSD) آن کمتر از 0.45mm در 60 ° C (WSD کمتر از 0.38mm در 25 ° C) که توسط روش HFRR اندازه گیری می شود.	لغزندگی توانایی یک مایع در ایجاد لغزش هیدرودینامیک و/یا مرزی است تا از فرسایش بین قطعات محرک جلوگیری کند.

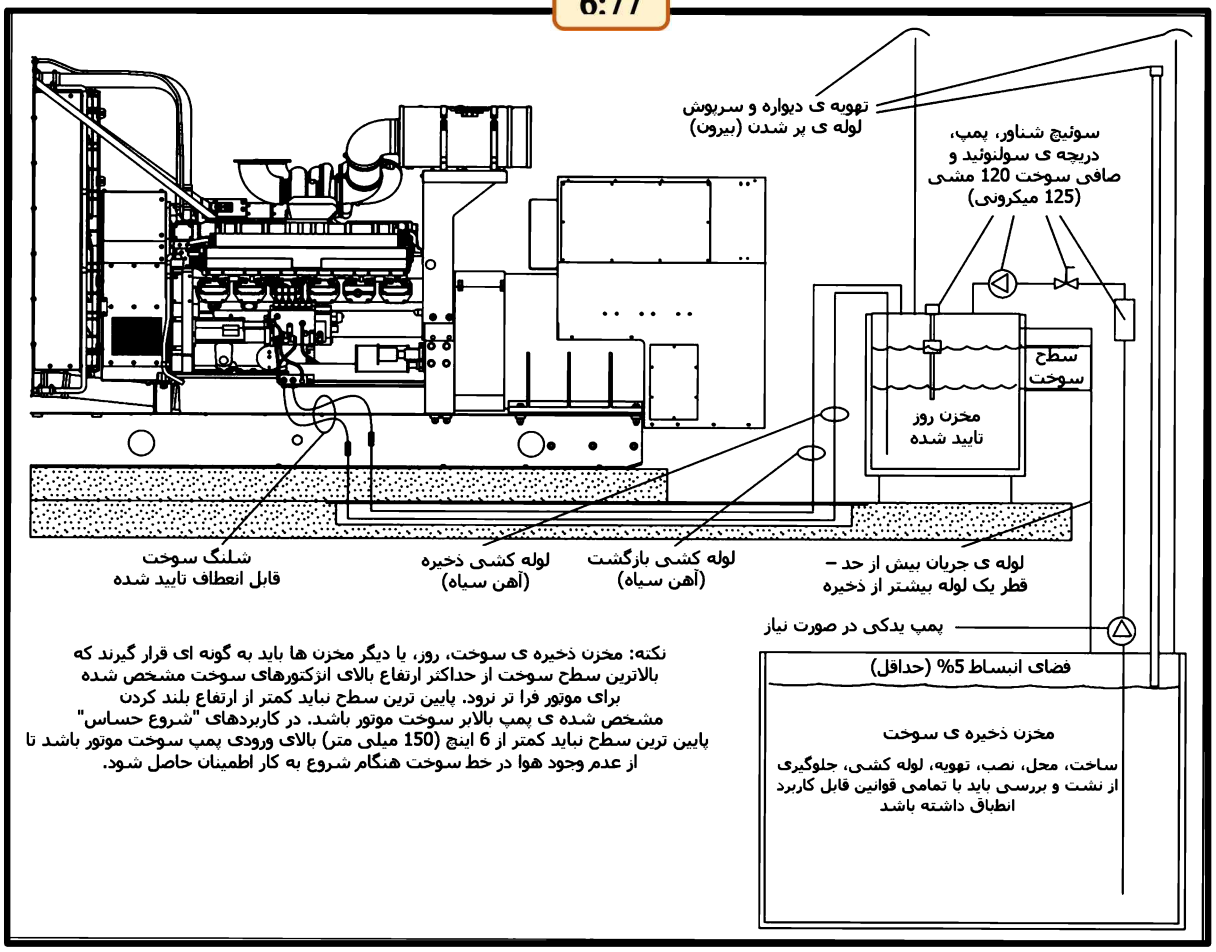
نکته: ممکن است قوانین فدرال یا محلی محتوای سولفور کمتری نسبت به آن چه که در این جدول توصیه شده را الزامی بدارند.

تمامی قوانین کاربرد را قبل از انتخاب سوخت در مورد کاربرد موتور مورد نظر مورد بررسی قرار دهید.



شکل ۱۱۴. سیستم تامین سوخت معمول – مخزن تامین در بالای دستگاه مولد

6:77



شکل ۱۱۵. سیستم تامین سوخت معمول – مخزن در پایین دستگاه مولد

مسائل زیر را باید هنگام طراحی و نصب هر گونه سیستم تامین سوخت دیزلی در نظر گرفت:

- گنجایش، ساخت، مکان، نصب، تهویه، لوله کشی، آزمایش و بررسی مخزن تامین سوخت باید با تمام مقررات قابل اجرا و تفسیرهای محلی آن همخوانی داشته باشد. مقررات محیطی محلی معمولا بازداری ثانوی (که "آبگیر شکاف"، "آب بند"، یا "سد" نیز نامیده می شود) را اجباری کرده اند تا از نشت سوخت به خاک یا سیستم فاضلاب جلوگیری شود. ناحیه ی بازدارنده ی ثانوی معمولا شامل شاخصه هایی برای شناسایی و به صدا در آوردن آژیر در مواقع نشت مخزن اصلی می شود.
- مکان باید با در نظر گرفتن قابلیت دسترسی به پر کردن مجدد و نیاز خطوط تامین به گرم شدن (در مناطق سرد) انتخاب شود.

- مخزن تامین سوخت باید مقدار سوخت کافی برای کارکرد دستگاه در تعداد ساعات از پیش تعیین شده بدون نیاز به پر کردن مجدد داشته باشد. محاسبات مربوط به اندازه گیری مخزن می تواند بر اساس میزان مصرف ساعتی سوخت باشد، و باید این را در نظر گرفت که عملکرد بار کامل اکثر دستگاه های مولد امری نادر است. دیگر ملاحظات در اندازه گیری مخزن شامل طول مدت قطع نیروی پیش بینی شده در برابر در دسترس بودن پخش سوخت و طول عمر نگه داری سوخت می شود. در صورت نگه داری مناسب، عمر نگه داری سوخت های دیزلی ۱,۵–۱ تا ۲ سال است.
- مخزن تامین سوخت باید به خوبی تهویه شود تا از فشار بیش از حد جلوگیری شود. امکان دارد مخزن، بسته به قوانین محلی و تفاسیر آن، به الزامات اصلی و ضروری نیاز داشته باشد. در ضمن تدارکاتی نیز باید برای تخلیه یا پمپاژ دستی آب و رسوبات به بیرون وجود داشته باشد، و فضای گسترش حداقل ۵ درصدی برای جلوگیری از سر ریز شدن سوخت در هنگام گرم شدن در دسترس باشد.
- پمپ بالابر سخت، پمپ انتقال سوخت روز یا جایگاه فلکه ی شناور باید توسط فیلتر ابتدائی یا کاسه رسوب که عامل توری آن ۱۰۰ تا ۱۲۰ است، از ذرات مخزن تامین سوخت محافظت شود.
- در سیستم های نیروی اضطراری، ممکن است مقررات استفاده از ذخیره ی سوخت در هر گونه هدف دیگر را امکان پذیر نسازند، یا ممکن است سطح کاهشی ای برای دیگر ابزاری که ذخیره ی سوخت را در استفاده های نیروی اضطراری تضمین می کند را تعیین کنند.
- درجه بندی "ستان" روغن گرمایش شماره ۲ به اندازه ی کافی برای شروع قابل اطمینان موتور های دیزل در اقلیم سرد بالا نیست. لذا به مخزن های ذخیره ی جداگانه ای جهت سیستم های گرمایش ساختمان یا نیروی اضطراری نیاز است.
- باید خطوط جداگانه ی برگشت سوخت به مخزن روز یا مخزن ذخیره برای هر یک از دستگاه های مولد در نصب چند دستگاهه تعبیه شوند تا از فشار به خطوط برگشتی دستگاه های خاموش جلوگیری شود. در ضمن، خط برگشت سوخت نباید به دستگاه خاموش کننده مجهز باشد. در صورت خاموش شدن خط در حین کارکرد موتور، احتمال صدمه دیدن موتور وجود دارد.
- در هر زمان که افزایش اصطکاک لوله و/یا مخزن ذخیره، چه در زیر ورودی پمپ سوخت و یا در بالای انژکتور های سوخت، منجر به محدودیت ورود یا بازگشت بیش از حد سوخت شود، به مخزن روز نیاز است. بعضی مدل های دستگاه های مولد به مخزن روز داخلی سوار بر تخته یا زیر پایه مجهز می باشند.

  نکته: در مواردی که دستگاه های مولد در موازات هم می باشند یا باید الزامات زمان شروع به کار اضطراری کوتاه را برطرف سازد، مخزن یا منبع سوخت باید به گونه ای در محل قرار گیرد که پایین ترین سطح سوخت ممکن کمتر از ۶ اینچ (۱۵۰ میلی متر) بالای ورودی پمپ سوخت قرار نگیرد. این مساله از جمع شدن هوا در خط سوخت در حین کار نکردن دستگاه جلوگیری کرده و دوره هایی

حین شروع به کار را که در آن هوا باید تصفیه شود را از رفع می کند. برای رفع چنین الزامی گزینه هایی در بعضی مدل ها تعبیه شده است.

- ممکن است در بعضی کاربردهایی که در آن سوخت گرم شده از موتور به مخزن روز باز میگردد، از محدودیت دمای سوخت مخزن روز تجاوز شود. با افزایش دمای سوخت، تراکم سوخت و لغزندگی آن کاهش پیدا کرده و در نتیجه حداکثر خروجی نیرو و لغزندگی بخش های رسیدگی به سوخت مثل پمپ یا انژکتور ها کاهش می یابد. راه حل آن لوله کشی سوخت به سمت مخزن ذخیره (در عوض مخزن روز) است. ممکن است دیگر طرح ها به خنک کننده ی سوخت برای کاهش بازگشت دمای سوخت به سطحی مطمئن جهت بازگشت به مخزن روز نیاز داشته باشند. با سازنده ی موتور برای اطلاعات بیشتر در مورد موتور استفاده شده، و الزامات سوخت بازگشتی آن مشورت کنید.
- ظرفیت پمپ انتقال سوخت مخزن روز و لوله کشی ذخیره باید بر اساس حداکثر جریان سوخت مشخص شده در برگه شاخصه های دستگاه مولد توصیه شده اندازه گرفته شود.
- از جدول ۲۳ به عنوان راهنما جهت انتخاب سوخت دیزلی برای دستیابی به بهترین عملکرد استفاده کنید.
- تمامی سیستم های سوخت باید تدارکاتی برای سد سوخت در مواقع نشت مخزن، و هم چنین در مواقعی که مخزن بیش از حد پر شده است داشته باشند.
- ابزاری را برای پر کردن دستی مخزن ها در مواقعی که سیستم پر کردن مخزن اتوماتیک از کار می افتد در نظر بگیرید.
- پمپ ذخیره از مخزن اصلی میتواند دوگانه باشد تا قابلیت اطمینان سیستم را بهبود بخشد.
- مقررات آتش سوزی محلی ممکن است شامل الزامات خاصی در مورد دستگاه های مولد باشد، مثل ابزاری جهت جلوگیری از جریان سوخت به اتاق دستگاه مولد در صورت احتمال آتش سوزی، و ابزاری برای بازگرداندن سوخت به پمپ اصلی در صورتی که آتش سوزی در اتاق دستگاه مولد رخ دهد.

۲-۶-۶ لوله کشی سوخت دیزلی (Diesel Fuel Piping)

- خطوط سوخت دیزلی باید از جنس آهن سیاه باشند. نباید از لوله ها و قطعات چدنی و آلومینیومی استفاده کرد، چرا که آن ها نفوذ پذیر هستند و می توانند منجر به نشت سوخت شوند. نباید از خطوط سوخت، قطعات و مخزن های گالوانیزه استفاده کرد زیرا اسید سولفوریکی که در زمان ترکیب سولفور موجود در سوخت با میعان مخزن به وجود می آید به روکش گالوانیزه ضربه می زند و در نتیجه ذراتی را به وجود می آورد که می توانند پمپ ها و فیلترهای سوخت را مسدود کنند. استفاده از خطوط مسی نیز جایز نیست چرا که سوخت در طول دوره های طولانی عدم استفاده در لوله کشی مسی بسپار سازی (ضخیم) شده و می تواند انژکتور های سوخت

را مسدود کند. در ضمن، خطوط مسی نسبت به خطوط آهن سیاه از سختی کمتری برخوردارند و در برابر صدمه آسیب پذیر تر هستند.

نکته: هرگز از خطوط، قطعات با مخزن های سوخت گالوانیزه یا مسی استفاده نکنید. میعان در مخزن و خطوط با سولفور موجود در سوخت دیزلی ترکیب شده و اسید سولفوریک به وجود می آورد. ساختار ملکولی لوله های مسی یا گالوانیزه با اسید واکنش نشان می دهد و سوخت را آلوده می کند.

- باید در اتصالات موتور از شلنگ های سوخت قابل انعطاف تایید شده ای استفاده کرد تا حرکت و لرزش دستگاه مولد گرفته شود.
- پمپاژ از مخزن روز به موتور باید در تمامی مسیر از مخزن تا موتور "رو به پایین" باشد و هیچ چرخش بالایی که به گیر افتادن هوا در سیستم منجر می شود نداشته باشد.
- لوله کشی سیستم سوخت باید به خوبی پشتیبانی شود تا از لرزش و شکستگی ناشی از لرزش جلوگیری شود. لوله کشی نباید نزدیک به لوله های گرمایش، سیم کشی برق، یا اجزای سیستم اگزوز موتور کشیده شود. طرح سیستم لوله کشی باید شامل فلکه هایی در مکان های مناسب باشد تا امکان ایزوله سازی قطعات سیستم جهت تعمیر بدون نیاز به خالی کردن کل سیستم سوخت را ایجاد کند.
- سیستم های لوله کشی را باید به طور مرتب جهت نشتی یا شرایط کلی آن بررسی کرد. سیستم لوله کشی باید قبل از عملکرد موتور تخلیه شود تا آشغال یا دیگر ناخالصی هایی که به موتور صدمه می زنند از میان برداشته شوند. استفاده از اتصالات بستی T شکل به جای زانویی به تمیز کردن راحت تر سیستم لوله کشی کمک می کند.
- اطلاعات سازنده ی موتور نشانگر حداکثر محدودیت ورودی و بازگشت سوخت، حداکثر جریان، تامین و بازگشت سوخت، و مصرف سوخت است. جدول ۲۴ صفحه ی ۲۸۰ نشان گر حداقل اندازه ی لوله و شلنگ برای اتصالات مخزن ذخیره یا مخزن روز در زمانی است که مخزن در ۵۰ فوتی (۱۵ متری) دستگاه و در ارتفاعی تقریبا برابر با آن قرار دارد.

اندازه ی شلنگ و لوله باید به جای مصرف سوخت بر اساس حداکثر جریان سوخت باشد. توصیه می شود که محدودیت های مربوط به ورودی و بازگشت سوخت قبل از قرار گرفتن دستگاه مولد در محیط کاری بررسی شوند.

جدول ۲۴. حداقل اندازه ی لوله و شلنگ؛ طول برابر با حداکثر ۵۰ فوت (۱۵ متر)

6:78

اندازه ی لوله ی DN (میلی متر)	اندازه ی لوله ی NPS	شماره ی شلنگ قابل انعطاف	حداکثر میزان جریان سوخت بر حسب گالن بر ساعت (لیتر بر ساعت)
15	$^1/_2$	10	Less then 80 (303)
15	$^1/_2$	10	81-100 (340-378)
20	$^3/_4$	12	101-160 (379-604)
20	$^3/_4$	12	161-320 (605-869)
25	1	16	231-310 (870-1170)
32	1-1/4	20	311-410 (1171-1550)
40	1-1/2	24	411-610 (1550-2309)
40	1-1/2	24	611-920 (2309-3480)

۶-۶-۳ مخزن سوخت زیر پایه (Sub-Base Fuel Tank)

هنگامی که دستگاه مولدی بر روی مخزن سوخت زیر پایه نصب می شود، ایزوله گر های لرزش باید بین دستگاه مولد و مخزن سوخت نصب شوند. مخزن سوخت باید قادر باشد وزن دستگاه را پشتیبانی کرده و در برابر بارهای دینامیک مقاومت کند. الزامی است مخزن به گونه ای سوار شود که فضای هوایی بین پایین مخزن و کف زمین در زیر آن وجود داشته باشد تا فرسایش را کاهش داده و بررسی بصری جهت یافتن نشتی را امکان پذیر کند.

۶-۶-۴ مخزن های روز (Day Tanks)

هنگامی که در کاربردی به مخزن روز میانی نیاز است، این مخزن معمولا برای دو ساعت کار دستگاه مولد در بار کامل اندازه گرفته می شود (این مساله منوط به محدودیت های مقرراتی در مورد سوخت اتاق ابزار دستگاه مولد است). ممکن است دستگاه های مولد چندگانه از یک مخزن روز تغذیه شوند، اما ترجیح بر وجود یک مخزن روز به ازای هر دستگاه مولد حاضر در سیستم است. مخزن روز باید تا حد ممکن به دستگاه مولد نزدیک باشد. مخزن را در جایی قرار دهید که پر کردن مخزن به صورت دستی، در صورت نیاز، ممکن باشد.

ارتفاع مخزن روز باید برای قرار دادن راسی مثبت بر روی پمپ سوخت موتور متناسب باشد (سطح حداقلی در مخزن نباید کمتر از ۶ اینچ (۱۵۰ میلی متر) بالای ورودی سوخت موتور باشد). حداکثر ارتفاع سوخت در مخزن روز نباید برای قرار دادن راسی مثبت بر روی خطوط برگشت سوخت موتور کافی باشد.

مکان خط بازگشت سوخت در مخزن روز نسبت به نوع موتور مورد استفاده قرار گرفته متفاوت است. بعضی موتورها نیاز به این دارند که سوخت به بالای سطح حداکثری مخزن بازگردانده شود، در حالی که دیگر موتور ها نیاز دارند تا سوخت در پایین (یا زیر سطح حداقلی مخزن) به مخزن برگردد. این شاخص ها توسط سازنده ی موتور ارائه شده است.

ویژگی های مهم، چه الزامی و چه اختیاری، مربوط به مخزن روز شامل موارد زیر می شوند:

- آبگیر شکاف یا سد (یک گزینه ی اختیاری، اما الزامی شده توسط قانون در خیلی از منطقه ها)
- سوئیچ شناور به کار رفته در پر کردن مخزن برای کنترل؛ فلکه ای سولنوئیدی، در صورتی که مخزن اصلی بالای مخزن روز یا پمپ قرار دارد، اگر مخزن اصلی زیر مخزن روز قرار داشته باشد.
- لوله ی تهویه، به اندازه ای مشابه با لوله ی پر کردن، که به بالاترین نقطه در سیستم کشیده شده است.
- فلکه ی تخلیه
- نشانگر سطح یا شیشه ی شفاف
- سوئیچ شناور سطح بالا برای کنترل؛ سولنوئید، در صورتی که مخزن اصلی بالای مخزن روز یا کنترل پمپ قرار داشته باشد، اگر مخزن اصلی زیر مخزن روز قرار داشته باشد.
- جریان بیش از حد به مخزن اصلی در صورتی که مخزن اصلی زیر مخزن روز قرار داشته باشد.

علاوه بر قوانین فدرال، قوانین و استانداردهای محلی نیز معمولا ساخت مخزن روز را کنترل می کند، لذا مشورت با مقامات محلی امری مهم است.

۵-۶-۶ ذخیره ی سوخت گاز (Gaseous Fuel Supply)

به بخش ۲ در صفحه ی ۲۰ برای دستیابی به اطلاعات در مورد مزیت ها و نقاط ضعف سیستم های سوخت گازی در مقایسه با دیگر گزینه های موجود مراجعه شود.

ممکن است دستگاه های مولد که از سوخت گازی تغذیه می شوند (به آن ها "دستگاه های مولد احتراق جرقه ای" نیز اطلاق می شود) از گاز طبیعی یا گاز مایع پروپان (LP) یا هر دوی آن ها استفاده کنند. سیستم های سوخت دوگانه که از گاز طبیعی به عنوان منبع سوخت اصلی و از پروپان به عنوان زاپاس استفاده می کنند را می توان در مناطق زلزله خیز و در جاهایی که ممکن است بلایای طبیعی سیستم گاز شهری را قطع کنند به کار برد.

بدون در نظر گرفتن نوع سوخت استفاده ده، عوامل اصلی در نصب و عملکرد موفق سیستم سوخت گازی عبارتند از:

- گاز تامین شده برای دستگاه مولد باید کیفیت قابل قبولی داشته باشد.
- ذخیره ی گاز باید فشار کافی داشته باشد. باید در از این مساله اطمینان حاصل نمود که گاز در دستگاه مولد، و نه فقط در منبع، فشار کافی برای عملکرد دارد. فشار مشخص شده باید در زمانی که دستگاه مولد در بار کامل مشغول به کار است آماده باشد.
- گاز بایستی در حجم کافی به دستگاه مولد برسد تا عملکرد دستگاه مولد پشتیبانی شود. این مساله به انتخاب اندازه ی خط سوخت بزرگ برای رساندن حجم سوخت مورد نیاز ارتباط دارد. در سیستم های سوخت LP پس کشی بخار، اندازه و دمای مخزن سوخت نیز این لازمه را تحت تاثیر قرار می دهند.

عدم فراهم آوردن لازمه های حداقلی دستگاه مولد در این مناطق به عدم توان کارکرد دستگاه مولد، یا عدم توان در حمل بار درجه بندی شده، یا عملکرد موقتی ضعیف منجر می شود.

۶-۶-۶ کیفیت سوخت گازی (Gaseous Fuel Quality)

سوخت های گازی در واقع ترکیبی از چند گاز هیدروکربنی مختلف مثل متان، اتان، پروپان، و بوتان ؛ دیگر عنصر های گازی مثل اکسیژن و نیتروژن؛ بخار آب؛ و آلاینده های مختلف که بعضی از آن ها می توانند در طول زمان به موتور صدمه بزنند می باشد. کیفیت سوخت به میزان انرژی بر واحد حجم در سوخت و میزان آلاینده در سوخت بستگی دارد.

۱-۶-۶-۶ میزان انرژی (Energy Content)

یکی از شاخصه های مهم سوخت گازی استفاده شده در دستگاه مولد ارزش گرمایی آن است. ارزش گرمایی یک سوخت مقدار انرژی ذخیره شده در مقدار حجم خاصی از سوخت را بیان می کند. سوخت گازی ارزش گرمایی پایین (LHV) و ارزش گرمایی بالا (HHV) دارد. ارزش گرمایی پایین مقدار گرمای در دسترس برای انجام کار در موتور پس از بخار آب موجود در سوخت است. اگر ارزش گرمایی پایین سوخت خیلی پایین باشد، حتی در صورتی که مقدار سوخت کافی به موتور برسد، موتور قادر به حفظ نیروی خروجی کامل نخواهد بود، چون انرژی کافی در موتور برای تبدیل شدن به انرژی مکانیکی وجود ندارد. اگر LHV زیر $905\ BTU/ft^3$ باشد، ممکن است موتور نتواند نیروی درجه بندی شده در شرایط دمای محیطی استاندارد را تولید نکند.

اگر سوخت محلی میزان انرژی ای بالاتر از $1000\ BTU/ft^3$ داشته باشد، لازمه ی جریان واقعی در ft^3/min پایین تر خواهد بود و الزامات مربوط به میزان فشار به میزان کمی کاهش خواهد یافت. از طرفی دیگر اگر سوخت محلی میزان انرژی ای کمتر از $1000\ BTU/ft^3$ داشته باشد، لازمه ی جریان واقعی در ft^3/min بالاتر خواهد بود و به حداقل فشار ذخیره ی بالاتری برای برطرف کردن عملکرد منتشر شده در هر گونه دستگاه مولد نیاز خواهد بود.

هر موتور ممکن است به دلیل تفاوت در نسبت فشرده سازی موتور، و این که آیا موتور به طور طبیعی مکش را آغاز می کند یا توربو چارج میشود، شاخصه های عملکردی متفاوتی نسبت به نوع سوخت فراهم شده داشته باشد.

۲-۶-۶-۶ گاز طبیعی خط لوله (Pipeline Natural Gas)

رایج ترین سوخت برای دستگاه های مولد گاز طبیعی خط لوله نامیده می شود. در ایالات متحده، طبق الزامات فدرال، گاز خشک طبیعی خط لوله شاخصه های خاصی دارد. در دیگر کشورها، ممکن است محتوای گاز خط لوله تفاوت داشته باشد، لذا خصوصیت های سوخت را باید قبل از استفاده در یک دستگاه مولد بررسی کرد. گاز خط لوله ی ایالات متحده ترکیبی از ۹۸٪ متان و اتان است و ۲٪ دیگر را هیدروکربن هایی مثل پروپان، بوتان، نیتروژن، کربن دی اکسید و بخار آب تشکیل می دهند. "خشک" بدین معنی است که این گاز عاری از هیدروکربن هایی مثل بنزین است، اما نه این که

عاری از بخار آب باشد. گاز خشک خط لوله ممکن است LHV ای در حدود $936\ BTU/ft^3$، و HVV ای به میزان $1038\ BTU/ft^3$ داشته باشد.

۳-۶-۶-۶ گاز زمین (Field Gas)

ترکیب گاز طبیعی زمین نسبت به منطقه و قاره تفاوت چشمگیری دارد. تحلیل دقیق قبل ار استفاده از گاز طبیعی زمین در یک موتور ضروری است. گاز طبیعی زمین می تواند شامل گازهای هیدروکربنی سنگین تر مثل پنتان، هگزان، و هپتان باشد که پایین آوردن درجه ی خروجی موتور را الزامی می دارد. دیگر آلاینده ها، مثل سولفور، نیز ممکن است در سوخت وجود داشته باشند. LHV گاز زمین معمول $1203\ BTU/ft^3$ و HHV آن $1325\ BTU/ft^3$ است.

۴-۶-۶-۶ پروپان (LPG) ((Propane (LPG)

پروپان در دو سطح در دسترس است؛ صنعتی یا کارایی های خاص. پروپان صنعتی در مواقعی استفاده می شود که به تغیّر پذیری بالا نیاز است. به دلیل تغیّر پذیری آن، هر موتور احتراق جرقه ای نمی تواند به طرز قابل قبولی از آن برای کار کردن استفاده کند. پروپان کارایی های خاص (که HD5 نیز نامیده می شود) ترکیبی از ۹۵٪ پروپان و دیگر گازها مثل بوتان است که به دلیل کاهش پیش احتراق ناشی از تغیّر پذیری پایین عملکرد بهتر موتور را فراهم می سازد. گاز سوخت پروپان کارایی خاص که شاخصه های ASTM D 1835 در مورد پروپان کارایی خاص را دارد (برابر با پروپان HD-5 استاندارد ۲۱۴۰ انجمن تولید کنندگان گاز) برای اکثر موتورها مناسب است. پروپان LHV تقریبی $2353\ BTU/ft^3$ دارد و HHV آن $2557\ BTU/ft^3$ است. مقدار گرمایش بالاتر سوخت، ترکیب حجم های متفاوتی از هوا در سیستم سوخت برای کاربردهای پروپان در برابر گاز طبیعی را الزامی می دارد، لذا موتورهای سوخت دوگانه اساسا دو ترتیب سوختی برای این هدف دارند.

۵-۶-۶-۶ آلاینده ها (Contaminants)

زیان آور ترین آلاینده ها در سوخت های گازی بخار آب و سولفور هستند.

بخار آب به این دلیل به موتور آسیب می زند که ممکن است باعث سوختن کنترل نشده، احتراق زودهنگام، یا دیگر تاثیراتی شود که می توانند به موتور صدمه بزنند. قبل از وارد کردن سوخت به موتور، باید با استفاده از فیلتر خشکی که پیش از رگلاتور فشار سوخت اصلی بر روی سیستم سوخت نصب می شود، بخار مایع یا قطرات را باید از سوخت جدا کرد. درجه ی انقباض گاز سوخت باید حداقل $20^\circ F\ (11^\circ C)$ پایین تر از حداقل دمای محیطی در محل نصب باشد.

سولفید هیدروژن و سولفور در مدت زمان نسبتا کوتاهی باعث فرسایش و صدمه های جدی به یک موتور می شود. موتورهای گوناگون سطوح تحمل مختلفی در برابر آلودگی سولفوری دارند، و بعضی موتورها نباید به هیچ عنوان با سوختی که شامل مقدار چشمگیری از سولفور است کار کنند. با سازنده ی موتور مشورت بگیرید تا کار کردن موتورهای خاص با سوخت های خاص را تایید کنید. تاثیرات سولفور در سوخت را می توان تا حدی با استفاده از روغن های لیز کننده ی گاز

طبیعی خاکستر بالا رفع کرد. به طور کلی موتورها نباید با سوخت هایی کار کنند که ۱۰ در میلیون آن ها (ppm) شامل سولفور می شود.

بعضی سوخت ها، مثل آن هایی که از محل دفن زباله گرفته می شوند، می توانند میزان انرژی شیمیایی مفیدی داشته باشند، اما سطوح سولفور آن ها نیز بالا است (< 24 ppm). این سوخت ها را معمولا "سوخت ترش" می نامند. اگر سولفور این سوخت از آن جدا شود، سوخت را می توان برای خیلی از موتور ها به کار برد، به شرط این که میزان BTU آن کافی باشد.

۶-۶-۶-۶ تحلیل سوخت (Fuel Analysis)

فراهم کننده ی سوخت گازی می تواند تحلیل سوختی را ارائه کند که در آن اجزای شیمیایی سوخت توصیف شده اند. این تحلیل سوخت را می توان برای اطمینان حاصل کردن از متناسب بودن سوخت برای استفاده در موتوری خاص در کاربردی خاص به کار برد، و این که میزان BTU سوخت نیز برای فراهم کردن خروجی kW مورد نیاز ماشین کافی است را بررسی کرد. ممکن است فراهم کنندگان گاز بدون اطلاع دادن اجزای ترکیب گاز طبیعی لوله کشی را تغییر دهند، لذا ضمانت بلند مدت در مورد عملکرد وجود ندارد، اما رویه ی ارزیابی سوخت را می توان به صورت خلاصه این گونه توصیف کرد:

۱. درصد هر گاز تشکیل دهنده در سوخت را لیست کنید.
۲. درصد کل سوختی که قابل احتراق است را حساب کنید. بخش قابل احتراق سوخت ۱۰۰٪ کمتر از درصد های اجزاء خنثی است. اجزاء خنثی شامل اکسیژن، کربن دی اکسید، و بخار آب می شوند.
۳. درصد هر یک از اجزا قابل احتراق سوخت را حساب کنید.
۴. با بررسی درصد هر یک از اجزاء قابل احتراق در برابر توصیه های سازنده ی موتور، قابل قبول بودن سوخت را بررسی کنید.

به عنوان مثال، برای گازی با تحلیل زیر:

۹۰٪ متان
۶٪ اتان
۲٪ هیدروژن
۱٪ پنتان عادی
۱٪ نیتروژن

- کل درصد عوامل خنثی = 1%
- کل عناصر قابل احتراق = 100% - 1% = 99%
- درصد متان = 90% / 99% = 91%
- درصد اتان = 6% / 99% = 6.1%

- درصد هیدروژن = 2% / 99% = 2%
- درصد پنتان عادی = 1% / 99% = 1%

به جدول ۲۵ صفحه ی ۲۸۶ برای یافتن لیست نمونه ی حداکثر قابل احتراق های مجاز در دستگاه های مولد گاز کامینز مراجعه کنید. توجه داشته باشید که در این نمونه، تحلیل نشان می دهد که سوخت برای موتوری با نسبت فشرده سازی پایین تر قابل قبول است (معمولا در حوالی 8.5:1) اما نه در مورد موتوری که فشرده سازی بالاتری دارد. موتوری با فشرده سازی بالاتر الزامات ترکیب سوخت سخت گیرانه تری دارد، اما ممکن است با پایین آوردن درجه خروجی خود نیز به طرز رضایت بخشی کار کند – با سازنده ی موتور مشورت کنید.

۵. درجه بندی دستگاه مولد را بر اساس استفاده ی سوخت ارائه شده بررسی کنید.

کل میزان BTU سوخت درجه بندی دستگاه مولد را در هنگام استفاده از سوختی با ترکیبی خاص مشخص می کند. اگر جزئی از سوخت مقدار مشخص شده ی بیشتری داشته باشد به کاهش درجه نیاز خواهد بود. در مورد الزامات سوخت و رویه های کاهش درجه با سازنده ی موتور مشورت کنید.

دقت داشته باشید که کاهش درجه ی سوخت و کاهش درجه ی ارتفاع/دما افزایشی نیستند. تنها مقدار حداکثری کاهش درجه ی سوخت یا کاهش درجه ی ارتفاع/دما باید به کار برود.

موتورهای توربو چارج شده به دلیل فشار بیشتر سیلندر دارای الزامات ترکیب سوخت منحصر به فردی هستند. اگر میزان پروپان و/یا ایزو بوتان از درصد های لیست شده در جدول ۲۶ صفحه ی ۲۸۷ تجاوز کند، برای جلوگیری از مشکل در پیش احتراق یا انفجار به کاهش درجه ی خروجی نیرو نیاز است.

جدول ۲۵. حداکثر درصد های مجاز برای احتراق پذیر های سوخت موتور

6:79

	نسبت فشرده سازی ۸,۵:۱	نسبت فشرده سازی ۱۰,۵:۱
Methane (c_1)	100	100
Ethane (c_2)	100	100
Propane (c_3)	10	2
Iso-butane (ic_4)	7	0.2
Hydrogen (H_2)	7	trace
Normal butane (NC_4)	3	0.2
Iso-pentane (IC_5)	3	0.2
Normal pentane (NC_5)	1	0.1
Hexane (C_6)	1	0.1
Heptane (C_4)	1	0.1

جدول ۲۶. حداکثر درصد های مجاز گازهای تشکیل دهنده قبل از کاهش درجه ی موتورهای توربو چارج شده

	نسبت فشرده سازی ۸,۵:۱	نسبت فشرده سازی ۱۰,۵:۱
Methane	N/A	N/A
Ethane	N/A	N/A
Propane	5%	*
Iso-butane	2%	*
* موتورهای توربو چارج شده با نسبت فشرده سازی بالا نمی توانند هیچ گونه پروپان یا ایزو بوتانی را مصرف کنند.		

۶-۶-۷ طراحی سیستم سوخت دستگاه مولد (Generator Set Fuel System Design)

شکل ۱۱۶ صفحه ی ۲۷۷ نشانگر عناصر خط گاز معمول در یک انتقال اتوماتیک، سیستم سوخت دوگانه (گاز طبیعی و LPG) است. سیستم های تک سوخت (گاز طبیعی یا LPG) از بخش های ذکر شده ی قطعات در این شکل استفاده می کند. قسمت نشان داده نشده تبخیر کننده ی LPG است که با دستگاه های مولد تولید نیروی کامینز فراهم می شود و برای بیرون کشیدن مایعات LPG استفاده می شود (فقط در نصب شده بر روی موتور در دستگاه های بیرونی). رگلاتورهای فشار سرویس، فیلترهای گاز خشک و فلکه های خاموش کردن دستی معمولا توسط نصب کننده فراهم شده اند، اما به عنوان ابزار مکمل تولید نیروی کامینز نیز در دسترس می باشند.

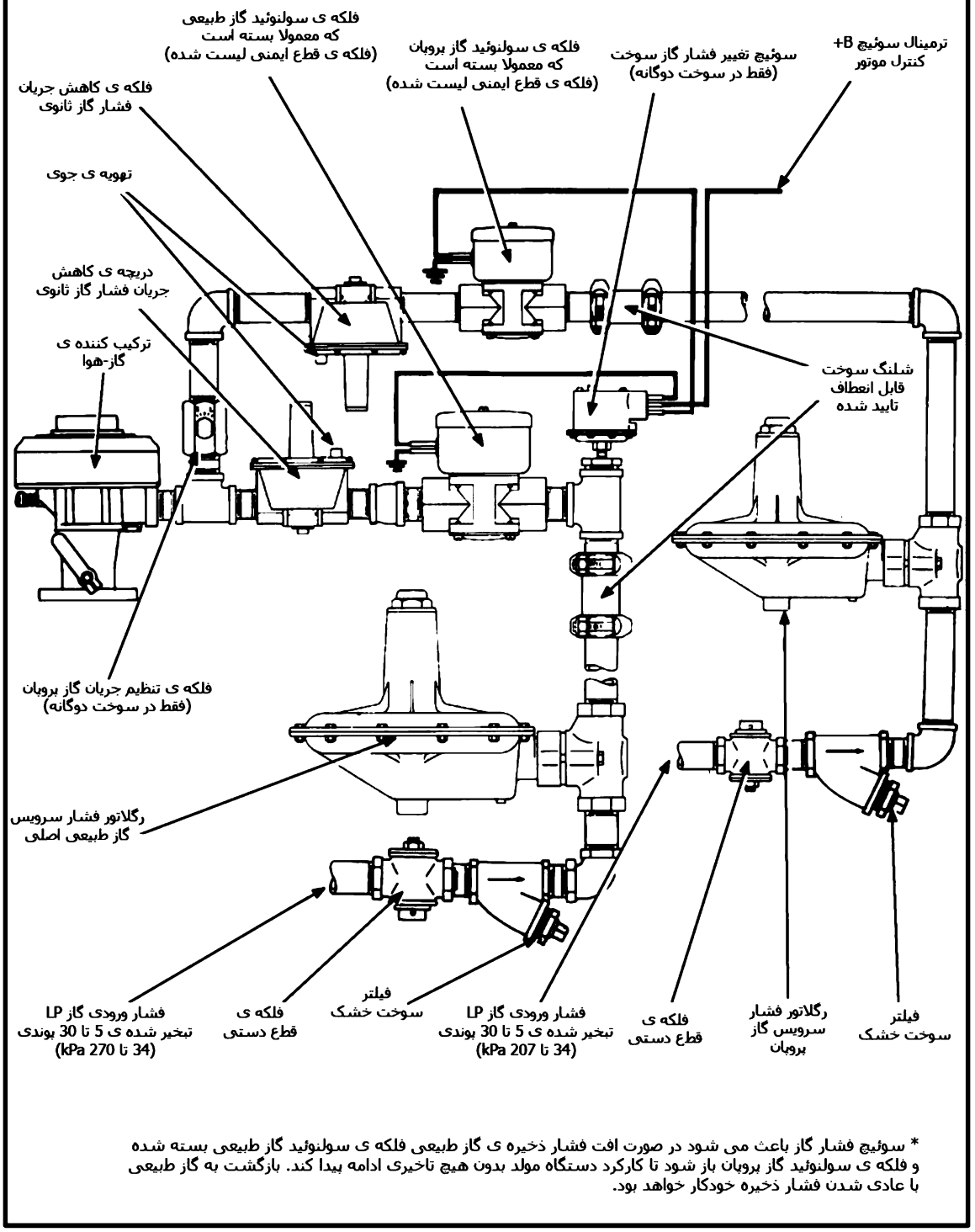
۶-۶-۸ طراحی سیستم سوخت منطقه (Site Fuel System Design)

مسائل زیر را باید در هنگام نصب سیستم گاز طبیعی و/یا سوخت LPG در نظر گرفت:

- طراحی، مواد، اجزاء، تولید، مونتاژ، نصب، آزمایش، بررسی، عملکرد و نگه داری سیستم تامین سوخت گازی باید مطابق با تمامی قواعد قابل اجرا باشد.
- نقشه ی اولیه و اندازه گیری لوله کشی گاز باید برای مدیریت حجم گاز لازم برای دستگاه مولد و دیگر ابزارها، مثل مخزن های آب گرم ساختمان، که از یک منبع تغذیه می شوند متناسب باشد. جریان گاز بار کامل (به برگه ی شاخصه های دستگاه مولد توصیه شده مراجعه شود) باید کمتر از حداقل فشار تامین لازم نباشد. این میزان بسته به مدل دستگاه معمولا بین ۵ تا ۱۰ اینچ WC (ستون آب) است. با این وجود، تصمیم گیری نهایی در مورد اندازه ی لوله باید بر اساس روش تایید شده توسط مسئولین قضایی باشد (به NFPA شماره ی ۵۴ مراجعه شود).

- اکثر نصب ها به رگلاتور فشار گاز سرویس نیازمند هستند. فشار تامین گاز، بسته به مدل دستگاه، در ورودی دستگاه مولد نباید از ۱۳٫۸ یا ۲۰ اینچ WC فراتر رود. بسته به فشار گاز توزیع، ممکن است به بیش از یک مرحله تنظیم فشار نیاز باشد. لوله کشی گاز فشار بالا در داخل ساختمان ممنوع است (5 psig برای گاز طبیعی و 20 psig برای LPG، مگر این که فشار های بالاتر توسط مسئولین قضایی تایید شده باشد). رگلاتور های فشار گاز باید در محیط بیرونی و طبق قوانین تهویه شوند.
- رگلاتور فشار نصب شده در خط تامین در منبع گاز برای کاربردهای مولدی نباید از نوع پیلوت باشد. رگلاتور پیلوتی به خط فشاری از جایگاه رگلاتور به لوله ی گاز جریان پایین نیاز دارد تا "حس کند" چه موقع فشار جریان پایین افت کرده است. رگلاتورهای پیلوت کار نمی کنند چون زمان پاسخ گویی آن ها در مقایسه با تغییرات عمدتا لحظه ای لازم برای دستگاه مولد قابل قبول نیست.
- باید از شلنگ سوخت قابل انعطاف تایید شده ای در اتصالات موتور استفاده کرد تا امکان حرکت و لرزش از دستگاه مولد را بگیرد.
- بیشتر قوانین هر دو نوع فلکه های خاموش کننده ی الکتریکی (تغذیه شده از باتری) و دستی را در جلوی شلنگ(های) سوخت قابل انعطاف لازم می دارند. فلکه ی دستی باید از نوع اشاره کننده باشد.
- فیلتر سوخت خشکی را باید همان طور که در شکل ۱۱۶ صفحه ی ۲۸۹ نشان داده شده است در هر خط نصب کرد تا از اجزای حساس تنظیم کننده ی فشار و دهانه های جریان پایین در برابر اشیاء بیرونی حمل شده توسط جریان گاز (زنگ، ته نشست ...) محافظت کند.
- اگر سوخت فرعی از نوع LPG است، باید یک سیستم تامین سوخت LPG به سیستم نیروی اضطراری اختصاص داده شود.
- یک تبخیر کننده ی LPG که توسط سرد کننده ی موتور گرم می شود در کارخانه بر روی دستگاه های مولد تولید نیروی کامینز که برای بیرون کشیدن مایع LPG تدارک دیده شده اند نصب شده است. به دلیل اینکه لوله کشی گاز فشار بالا (20 psig یا بیشتر) در داخل ساختمان ها ممنوع است، دستگاه های مولدی که برای جدا کردن مایع از LPG تدارک دیده شده اند نباید در داخل ساختمان نصب شوند (پوشش محافظ در برابر آب و هوا برای نصب های محیط بیرونی در اکثر مدل های LPG قابل دسترس است).
- میزان تبخیر کردن در مخزن LPG به دمای هوای بیرون (مگر این که مخزن به یک هیتر مجهز باشد) و میزان سوخت در مخزن بستگی دارد. حتی در روز های سرد نیز هوای بیرون LPG را در زمانی که دمای هوا از دمای LPG بیشتر است گرم و (از طریق سطح مرطوب مخزن) تبخیر می کند. جداسازی بخار منجر به کاهش دما و فشار در مخزن می شود (در -37 °F [-38 °C]، فشار تبخیر LPG صفر است). تنها در صورتی که سوخت و گرمای کافی از هوای محیط در دسترس باشد، میزان تبخیر سازی، با کارکرد دستگاه مولد، به کمتر از آن چه که برای ادامه ی کار درست لازم است کاهش پیدا خواهد کرد.

6:81



* سوئیچ فشار گاز باعث می شود در صورت افت فشار ذخیره ی گاز طبیعی فلکه ی سولنوئید گاز طبیعی بسته شده و فلکه ی سولنوئید گاز پروپان باز شود تا کارکرد دستگاه مولد بدون هیچ تاخیری ادامه پیدا کند. بازگشت به گاز طبیعی با عادی شدن فشار ذخیره خودکار خواهد بود.

شکل ۱۱۶. سیستم سوخت گاز رایج

۹-۶-۶ فشار سوخت محاسبات سیستم سوخت گازی
(Gaseous Fuel System Calculations Fuel Pressure)

۱-۹-۶-۶ اندازه ی مخزن (Tank Size)

از شکل ۱۱۷ در صفحه ی ۲۹۱ به عنوان مرجعی برای اندازه گرفتن مخزن LPG بر اساس پایین ترین دمای محیطی پیش بینی شده استفاده کنید. به عنوان مثال، در روزی با دمای $40^\circ F$، بیرون کشیدن $1000\ ft^3/h$ به مخزن ۲۰۰۰ گالنی ای حداقل نیمه پر نیاز دارد. نکته: در خیلی از موارد، مقدار سوخت لازم برای تبخیر سازی متناسب بسیار بیشتر از ساعات کاری قید شده در قوانین است.

به عنوان مثال، در کاربرد NFPA 110 کلاس 6، باید سوخت به اندازه ی کافی برای دستگاه مولد وجود داشته باشد تا قبل از پر کردن مجدد مخزن، دستگاه بتواند ۶ ساعت کار کند. LPG تقریبا ۳۶,۵ فوت مکعب گاز به ازای هر گالن مایع تولید می کند. اگر میزان بیرون کشیدن دستگاه مولد $1000\ ft^3/h$ باشد:

$$\text{سوخت مصرف شده در ۶ ساعت} = \frac{1000\ ft^3/hr \bullet \text{6 ساعت}}{36.5\ ft^3/gal} = 164 \text{ گالن}$$

در این نمونه، مخزن باید طبق پایین ترین دمای پیش بینی شده برای حداقل ۲۰۰۰ گالن اندازه گرفته شود، و نمی توان از میزان سوخت مصرف شده در ۶ ساعت به عنوان معیار استفاده کرد.

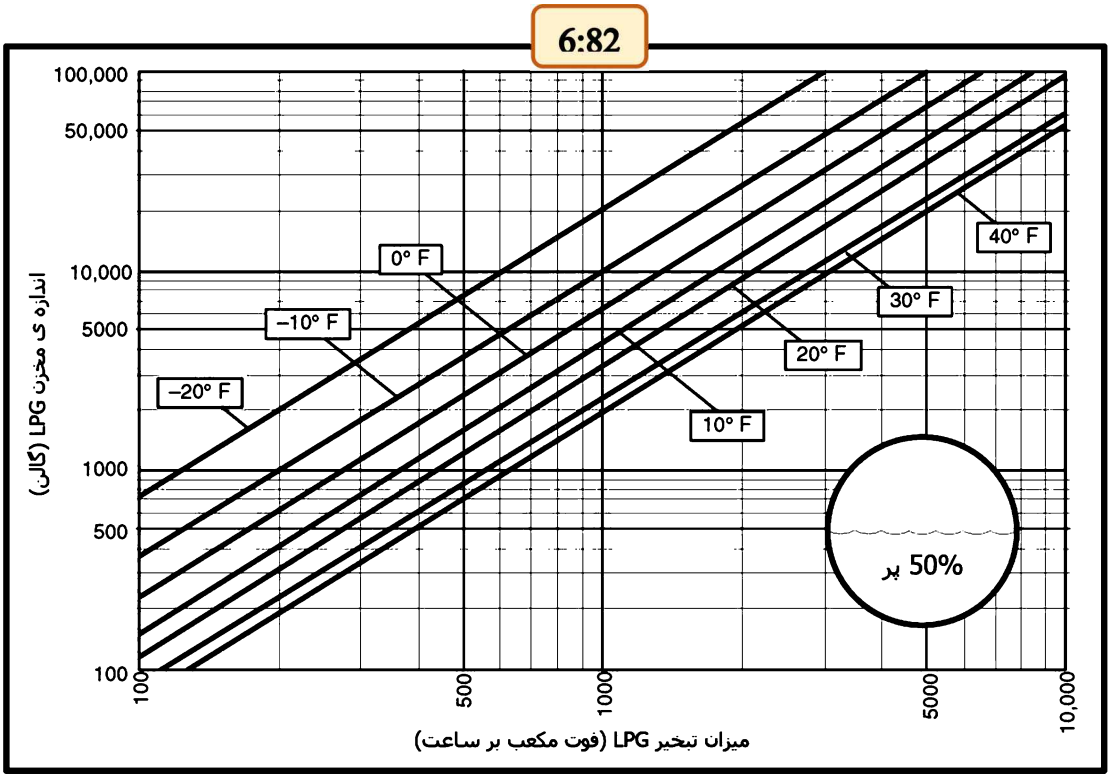
۲-۹-۶-۶ اندازه گرفتن لوله ی گاز (Gas Pipe Sizing)

اندازه گرفتن لوله ی گاز برای سوخت رسانی صحیح، به شکل جریان یا فشار، میتواند نسبتا پیچیده شود. با این وجود، روشی ساده شده که در دیگر لوله کشی ها برای اگزوز یا سرد کننده نیز استفاده می شود تبدیل تمامی قطعات، فلکه ها .... به طول های متناظر با قطر لوله ی در نظر گرفته است. سپس کل طول متناظر را می توان به ظرفیت جریان ارتباط داد.

جدول ۲۰، طول های متناظر قطعات لوله و فلکه ها علاوه بر لوله کشی مایع، در مورد لوله کشی گاز نیز صدق می کند. جدول ۲۸ تا ۵۷ حداکثر ظرفیت گاز برای طول های متناظر در اندازه های مختلف لوله ها را نشان می دهد. جدول ۲۷ در صفحه ی ۲۹۲ تا جدول ۳۱ در صفحه ی ۲۹۶ از NGPA 54-2002، مقررات گاز سوختی ملی، برگرفته شده اند و با در نظر گرفتن الزامات کارکردی سیستم سوخت عمومی در مورد دستگاه های مولد انتخاب شده اند. این جدول ها در مورد گاز طبیعی، بیرون کشیدن پروپان مایع، و بیرون کشیدن بخار پروپان تحت شرایط مشخص آورده شده اند. برای اطلاع از شرایط کاری یا دیگر الزامات نصب سیستم سوخت به NFPA 54 یا دیگر مقررات مراجعه کنید.

محاسبه ی حداقل اندازه ی لوله امری ساده است:

- لیستی از تمامی قطعات و فلکه های موجود در سیستم ارائه شده تهیه کرده و با استفاده از جدول طول های متناظر آن ها را جمع ببندید.
- تمامی طول های لوله های صاف را به این مقدار اضافه کرده تا به طول متناظر کلی برسید.
- جدول قابل اجرایی را بر اساس سیستم سوخت انتخاب کنید.
- با استفاده از برگه مشخصات سازنده، الزامات سوخت حداکثری را برای دستگاه(های) مولد خاص به دست آورید. ft^3/hr را در به واحدهای مورد نیاز تبدیل کنید (همانطور که در قسمت های قبل این بخش ذکر شد در مورد میزان BTU اطلاع کسب کنید).
- طول متناظر لوله (یا طول متناظر بزرگتر بعدی) را در ستون سمت چپ قرار دهید. به ستون ها نگاه کنید و شماره ای که برابر یا بیشتر از طول متناظر کلی محاسبه شده در بالا است را پیدا کنید. در بالای آن ستون حداقل اندازه ی سطحی لوله یا اندازه ی مجراهای طراحی شده ی لازم برای سیستم آورده شده است.



شکل ۱۱۷. حداقل اندازه ی مخزن LPG لازم (۵۰٪ پر) برای حفظ 5 PSIG در درجه ی بیرون کشیدن خاص و حداقل دمای پیش بینی شده در زمستان

جدول ۲۷. اندازه گیری لوله آهن طرح ۴۰ گاز طبیعی

6:83

Gass : natural
Intel pressure : 0.5 psi or less
Pressure drop : 0.5 in. w.c.
Specific gravity : 0.60

	Pipe size (in.)										
Nomina I	1/4	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4
Actual Id	(0.364)	(۰.493)	(0.622)	(0.824)	(1.049)	(1.380)	(1.610)	(2.067)	(2.469)	(3.068)	(4.026)
Length (ft)	حداکثر گنجایش در فوت مکعب گاز به ازای ساعت										
10	43	95	175	360	680	1400	2100	3950	6300	11000	23000
20	29	65	120	250	465	950	1460	2750	4350	7700	15800
30	24	52	97	200	375	770	1180	2200	3520	6250	12800
40	20	45	82	170	320	660	990	1900	3000	5300	10900
50	18	40	73	151	285	580	900	1680	2650	4750	9700
60	16	36	66	138	260	530	810	1520	2400	4300	8800
70	15	33	67	125	240	490	750	1400	2250	300	8100
80	14	31	57	118	220	460	690	1300	2050	3700	7500
90	13	29	53	110	20	430	650	1220	1950	3450	7200
100	12	27	50	103	195	400	620	1150	1850	3250	6700
125	11	24	44	93	175	360	550	1020	1650	2950	6000
150	10	22	40	84	160	325	500	950	1500	2650	5500
175	9	20	37	77	145	300	460	850	1370	2450	5000
200	8	19	35	72	135	280	430	800	1280	2280	4600

جدول ۲۸. اندازه گیری مجرای مسی نیمه سفت گاز طبیعی

6:84

Gass : natural
Intel pressure : 0.5 psi or less
Pressure drop : 0.5 in. w.c.
Specific gravity : 0.60

		Tube size (in.)									
nominal	K & L	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2
	ACR	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1 1/8	1 3/8	1 5/8	2 1/8	2 5/8
outside		0.375	0.500	0.625	0.750	0.857	1.125	1.375	1.625	2.125	2.625
inside		0.305	0.402	0.527	0.652	0.754	0.995	1.245	1.481	1.959	2.435
Length (ft)		حداکثر گنجایش در فوت مکعب گاز به ازای ساعت									
10		27	55	111	195	276	590	1062	1675	3489	6173
20		18	35	77	134	190	406	730	1151	2398	4242
30		15	30	61	107	152	326	586	925	1926	3407
40		13	26	53	92	131	279	502	791	1648	2916
50		11	23	47	82	116	247	445	701	1461	2584
60		10	21	42	74	105	224	403	635	1323	2341
70		9.3	19	39	68	96	206	371	585	1218	2154
80		8.6	18	36	63	90	192	345	544	1133	2004
90		8.1	17	34	59	84	180	324	510	1063	1880
100		7.6	16	32	56	79	170	306	482	1004	1776
125		6.8	14	28	50	70	151	271	427	890	1574
150		6.1	13	26	45	64	136	245	387	806	1426
175		5.6	12	24	41	59	125	226	356	742	1312
200		5.2	11	22	39	55	117	210	331	690	1221
250		4.7	10	20	34	48	103	186	612	612	1082
300		4.2	8.7	18	31	44	94	169	554	554	980

ظرفیت های جدولی بر اساس قطر داخلی مجرای مسی نوع K (نشان داده شده)، ارائه شده اند، که کمترین قطر داخلی محصولات مجراهای مسی را دارا می باشند.

جدول ۲۹. اندازه گیری لوله آهن طرح ۴۰ بخار پروپان

6:85

Gass : undiluted propane
Intel pressure : 11.0 in. w.c.
Pressure drop : 0.5 in. w.c.
Specific gravity : 1.50
Specific use: اندازه گیری بین مرحله ی تکی یا دوم (رگلاتور فشار پایین) و دستگاه

	Pipe size (in.)								
Nomina Inside	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	3	3 1/2	4
Actual:	0.622	0.824	1.049	1.38	1.61	2.067	3.068	3.548	4.026
Length (ft)	حداکثر گنجایش در فوت مکعب گاز به ازای ساعت								
10	291	608	1145	2352	3523	6786	19119	27993	38997
20	200	418	787	1616	2422	4664	13141	19240	26802
30	160	336	632	1298	1945	3745	10552	15450	21523
40	137	287	541	1111	1664	3205	9031	13223	18421
50	122	255	480	984	1475	2841	8004	11720	16326
60	110	231	434	892	1337	2574	7253	10619	14793
80	94	197	372	763	1144	2203	6207	9088	12661
100	84	175	330	677	1014	1952	5501	8055	11221
125	74	155	292	600	899	1730	4876	7139	9945
150	67	140	265	543	814	1568	4418	6468	9011
200	58	120	227	456	697	1342	3781	5536	7712
250	51	107	201	412	618	1180	3351	4906	6835
300	46	97	182	373	560	1078	3036	4446	6193
350	42	59	167	344	515	991	2793	4090	5698
400	40	83	156	320	479	922	2599	3805	5301

جدول ۳۰. اندازه گیری مجرای مسی نیمه سفت بخار پروپان

6:86

GAS:Undilute Propane
Inlet Pressure:11.0 in W.C.
Pressure Drop :0.5 in W.C.
Specific Gravity:1.50
Special Use : اندازه گیری بین مرحله ی تکی یا دوم (رگلاتور فشار پایین) و دستگاه

Tube Size(in.)											
Nominal	K & L	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2
	ACR	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1 1/8	1 3/8	1 5/8	2 1/8	2 5/8
Outside		0.375	0.500	0.625	0.750	0.875	1.125	1.375	1.625	2.125	2.625
Inside		0.305	0.402	0.527	0.652	0.745	0.995	1.245	1.481	1.959	2.435
Length(ft)		حداکثر ظرفیت در هزار BTU در ساعت									
10		45	93	188	329	467	997	1795	2830	5895	10429
20		31	64	129	226	321	685	1234	1945	4051	7168
30		25	51	104	182	258	550	991	1562	3253	5756
40		21	44	89	155	220	471	848	1337	2784	4926
50		19	39	79	138	195	417	752	1185	2468	4366
60		17	35	71	125	177	378	681	1074	2236	3956
70		16	32	66	115	163	348	626	988	2057	3639
80		15	30	61	107	152	324	583	919	1914	3386
90		14	28	57	100	142	304	547	862	1796	3177
100		13	27	54	95	134	287	517	814	1696	3001
125		11	24	48	84	119	254	458	722	1503	2660
150		10	21	44	76	108	230	415	654	1362	2410
175		10	20	40	70	99	212	382	602	1253	2217
200		8.9	18	37	65	92	197	355	560	1166	2062
225		8.3	17	35	61	87	185	333	525	1094	1935
250		7.9	16	33	58	82	175	315	496	1033	1828
275		7.5	15	31	55	78	166	299	471	981	1736
300		7.1	15	30	52	74	158	285	449	936	1656

ظرفیت های جدولی بر اساس قطر داخلی مجرای مسی نوع K (نشان داده شده)، ارائه شده اند، که کمترین قطر داخلی محصولات مجراهای مسی را دارا می باشند.

جدول ۳۱. اندازه گیری لوله آهن طرح ۴۰ پروپان، بیرون کشیدن مایع - حداکثر ظرفیت لوله بر حسب فوت مربع بر ساعت. توصیه های مربوط به اندازه ی لوله بر اساس لوله ی آهن سیاه طرح ۴۰ می باشند.

6:87

طول متناظر لوله (فوت)	اندازه ی لوله ی آهنی طرح ۴۰، in.: ظاهری (قطر داخلی)								
	1/2 (0.622)	3/4 (0.824)	1 (1.049)	1 1/4 (1.38)	1 1/2 (1.61)	2 (2.067)	3 (3.068)	3 1/2 (3.548)	4 (4.026)
30	733	1532	2885	5924	8876	17094	48164	70519	98238
40	627	1311	2469	5070	7597	14630	41222	60355	84079
50	556	1162	2189	4494	6733	12966	36534	53492	74518
60	504	1053	1938	4072	6100	11748	33103	48467	67519
70	463	969	1824	3746	5612	10808	30454	44589	62116
80	431	901	1697	3484	5221	10055	28331	41482	57787
90	404	845	1593	3269	4899	9434	26583	38921	54220
100	382	798	1504	3088	4627	8912	25110	36764	51216
150	307	641	1208	2480	3716	7156	20164	29523	41128
200	262	549	1034	2122	3180	6125	17258	25268	35200
250	233	486	916	1881	2819	5428	15295	22395	31198
300	211	441	830	1705	2554	4919	13859	20291	28267
350	194	405	764	1568	2349	4525	12750	18667	26006
400	180	377	711	1459	2186	4209	11861	17366	24193
450	169	354	667	1369	2051	3950	11129	16295	22700
500	160	334	630	1293	1937	3731	10512	15391	21442
600	145	303	571	1172	1755	3380	9525	13946	19428
700	133	297	525	1078	1615	3110	8763	12830	17837
800	124	259	488	1003	1502	2893	8152	11936	16628
900	116	243	458	941	1409	2715	7649	11199	15601
1000	110	230	433	889	1331	2564	7225	10579	14737
1500	88	184	348	713	1069	2059	5802	8495	11834
2000	76	158	297	611	915	1762	4966	7271	10128

۶-۷ کاهش صدا در کاربردهای دستگاه مولد
(Reducing Noise in Generator Set Applications)

۶-۷-۱ علم صدا (Additive Sound Levels)

اندازه گیری سطوح صدا و واحد های دسیبل (dB) (A): یکی از واحد های اندازه گیری صدا دسیبل (dB) است. دسیبل شماره ای در مقیاسی لگاریتمی است که نسبت دو فشار صدا را، با مقایسه کردن فشار واقعی و فشار مرجع، نشان می دهد.

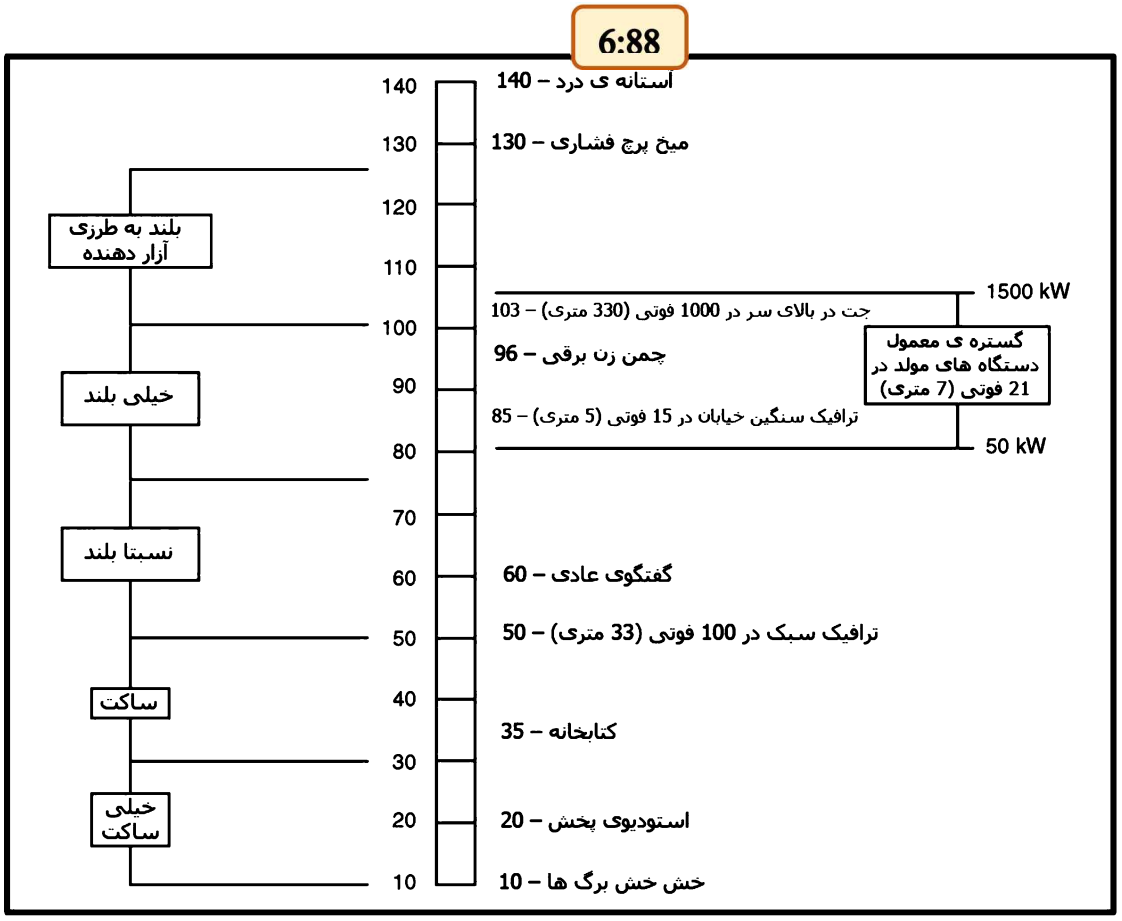
تنظیمات صدا معمولا به صورت "مقیاس دسیبل A" یا dB(A) نشان داده می شود. "A" حاکی از این است که مقیاس به گونه ای تنظیم شده است که به چگونگی شنیدن بلندی صدا توسط فرد شباهت داشته باشد. بلندی صدا به سطح فشار صدا (دامنه نوسان) و فرکانس بستگی دارد. شکل ۱۱۸ در صفحه ی ۲۹۸ نشانگر سطوح صدای معمول مرتبط به منابع صدای اطراف است.

اطلاعات سطح صدای دقیق و هدف دار در "منطقه ی میدان آزاد" اندازه گیری می شوند تا اطلاعات مربوط به صدا را جمع آوری کنند. "میدان آزاد"، که با "میدان پژواک" تفاوت دارد، میدان صدایی است که در آن تاثیرات موانع یا سد کننده ها بر روی صدای منتشر شده ناچیز است (معمولا این مساله بدین معنی است که اشیا یا موانع در دوردست قرار دارند، بر منطقه ی آزمایش تاثیر ندارند و/یا با مواد جذب صدای مناسبی پوشش داده شده اند). اندازه گیری دقیق صدا به این نیاز دارد که میکروفونی بیرون "میدان نزدیک" قرار گرفته باشد. "میدان نزدیک" ناحیه ی درون یک طول موج، یا دو برابر بزرگترین بُعد منبع صدا است، حال هر کدام که بیشتر باشد. اندازه گیری صدا به دلیل مقررات جامعه نباید در میدان نزدیک انجام گیرد. شاخصه های صدای مهندسین به اندازه گیری سطح فشار صدا در میدانی آزاد، که ۷ متر (۲۱ فوت) یا بیشتر است باید صورت گیرد.

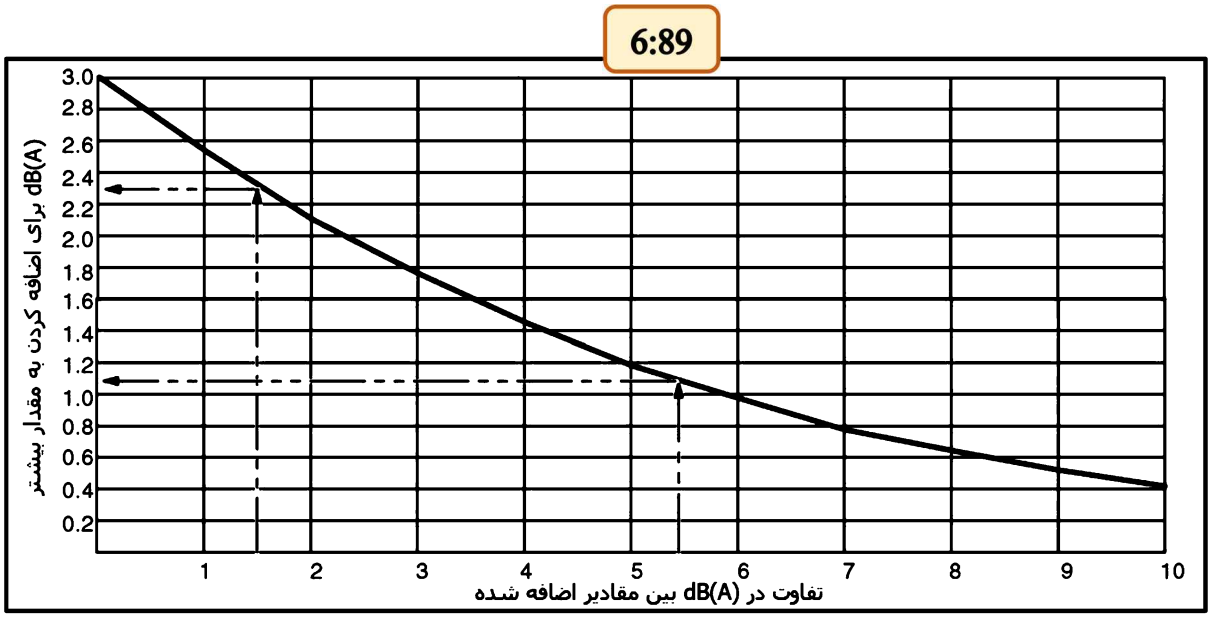
اندازه گیری صدا باید با استفاده از اندازه گیر سطح صدا و تحلیل گر یاند هشت تایی، یا سیستم کسب اطلاعات چند کاناله استفاده کند که الزامات اندازه گیر سطح صدای ISO نوع یک را برای تحلیل جزئی تر توسط مشاوران صدا برآورده کرده است. میکروفون ها معمولا در هفت متری (۲۳ فوتی) پیرامون سطح دستگاه مولد به میزان ۴۵ درجه قرار می گیرند. برای دستیابی به سطوح نیروی صدای الزامی شده توسط اتحادیه اروپا، اندازه گیری های اشعه ی لوله های موازی یا نیم کره ای نیز به طور معمول صورت می گیرند. به برگه اطلاعات عملکرد صدا در سی دی مجموعه نرم افزار سیستم های نیرو در محصولات تولید نیروی کامینز مراجعه شود.

۱-۱-۷-۶ سطوح صدای اضافی (Effect of Distance)

سطح صدا در هر مکان داده شده برابر با جمع سطوح صدا از تمامی منابع، مثل منابع منعکس کننده است. به عنوان مثال، سطح صدا در یک نقطه در فاصله ای برابر با فاصله ی دو دستگاه مولد متشابه در صورت کار کردن این دو دستگاه به طور همزمان دو برابر می شود. دوبرابر شدن سطح صدا به صورت افزایش تقریبی 3 dB(A) توصیف می شود. در این مورد، اگر سطح صدا از یکی از دستگاه ها 90 dB(A) اندازه گیری شده باشد، می توان انتظار داشت در صورت کار کردن هر دوی دستگاه ها سطح صدا به 93 dB(A) برسد.



شکل ۱۱۸. سطوح صدای معمول



شکل ۱۱۹. نمودار مقادیر سطوح صدای اضافه شده

شکل ۱۱۹ در صفحه ی ۲۹۹ را میتوان به همان صورت که نشان داده شده است استفاده کرد تا سطح صدای منتشر شده از منابع صدای چندگانه را تخمین زد:

۱. تفاوت dB(A) بین دو منبع (هر جفتی) را پیدا کنید. آن مقدار را در مقیاس افقی ای که با فلش عمودی نشان داده شده پیدا کنید، منحنی را تا روی مقیاس عمودی نشان داده با فلش افقی بالا ببرید. این مقدار را به مقدار dB(A) بزرگ تر اضافه کنید.

۲. گام اول بین مقدار به دست آمده و مقدار بعدی را تکرار کنید. آن قدر به این روند ادامه دهید تا تمامی منابع در نظر گرفته شده باشند.

به عنوان مثال، برای اضافه کردن 89 dB(A)، 90.5 dB(A) و 92 dB(A):

- 90.5 dB(A) را از 92 dB(A) کم کنید تا 1.5 dB(A) به دست آید. همانطور که فلش ها در شکل ۱۱۹ صفحه ی ۲۸۶ نشان میدهند، مقدار 2.3 dB(A) متناظر با تفاوت 1.5 dB(A) است که باید به 92 dB(A) اضافه شود تا 94.3 dB(A) به دست آید.
- به همین ترتیب، 89 dB(A) را از 94.3 dB(A) کم کنید تا 5.3 dB(A) به دست آید.
- در آخر، مقدار متناظر 1.1 dB(A) را به 94.3 dB(A) اضافه کنید تا 94.4 dB(A) به دست آید.

از سویی دیگر، میتوان از فرمول زیر نیز اضافه کرد تا سطوح صدای اندازه گیری شده در مقیاس dB(A) را با هم جمع کرد:

$$\text{dBA}_{\text{کل}} = 10 \times log_{10}\left(10^{(\frac{dbA_1}{10})} + 10^{(\frac{dbA_1}{10})} + \cdots + 10^{(\frac{dbA_n}{10})}\right)$$

۲-۱-۷-۶ تاثیر فاصله (Effect of Distance)

در یک "میدان آزاد"، با افزایش فاصله سطح صدا کاهش پیدا می کند. به عنوان مثال اگر اندازه گیری صدای دومی از منبع فاصله ی دو برابری پیدا کند، عدد دوم تقریبا 6 dB(A) کمتر از عدد اول خواهد بود. اگر فاصله نصف شود، عدد دوم تقریبا 6 dB(A) بیشتر خواهد بود. در موارد عمومی تر، اگر سطح فشار صدا (SPL_1) یک منبع در فاصله ی d_1 مشخص است، سطح فشار صدا (SPL_2) در فاصله ی d_2 را می توان به روش زیر یافت:

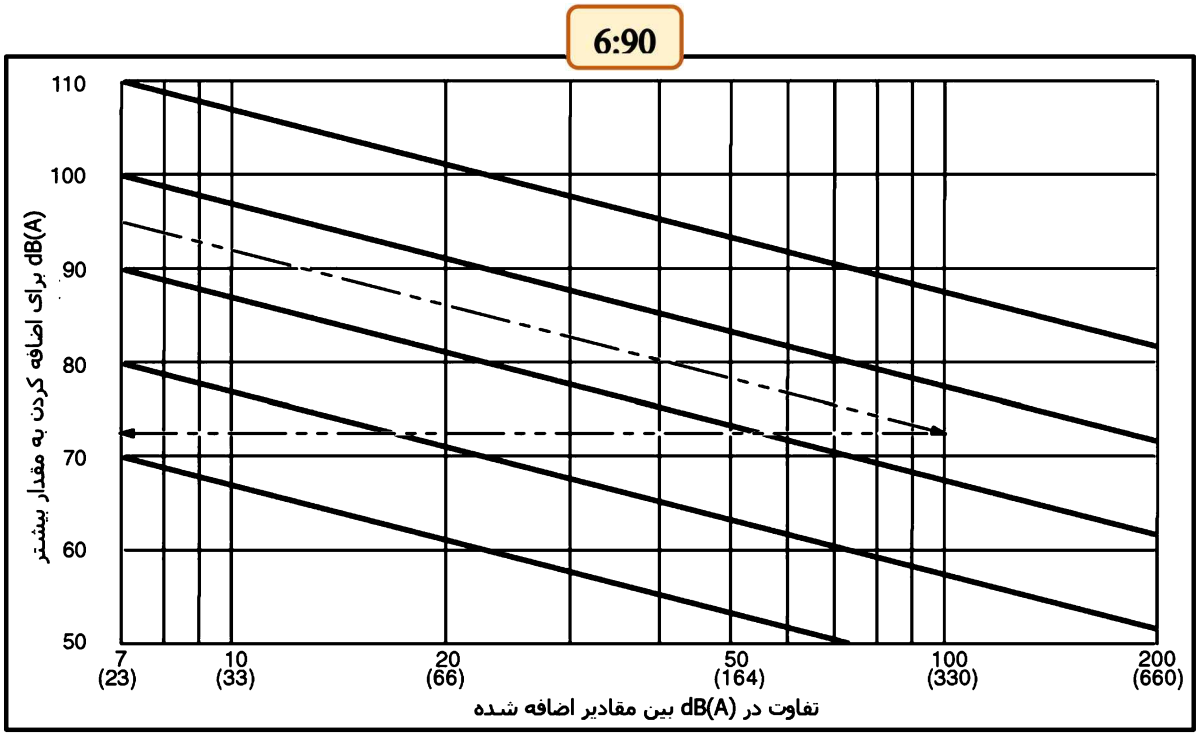
$$SPL_2 = SPL_1 - 20 \bullet \log_{10}(\frac{d_2}{d_1})$$

برای مثال، اگر سطح فشار صدا (SPL_1) در فاصله ی (d_1) ۲۱ متری برابر با 100 dB(A) باشد، سطح فشار صدای (SPL_2) در فاصله ی (d_2) ۷ متری برابر خواهد بود با:

$$SPL_2 = 100dBA - 20 \bullet \log_{10}(\frac{7}{21})$$

$$= 100 - 20 \bullet (-0.447)$$

$$= 100 + 9.5 = 109.5\ dBA$$



شکل ۱۲۰. کاهش در بلندی صدا با افزایش فاصله (میدان آزاد)

برای استفاده از فرمول فاصله (بالا) در اطلاعات دستگاه مولد که توسط تولید نیروی کامینز منتشر شده است، سطح صدای پس زمینه باید حداقل 10 dB(A) پایین تر از سطح صدای دستگاه مولد باشد و نصب باید شبیه به محیط میدان آزاد باشد.

شکل ۱۲۰ در صفحه ی ۳۰۰ را می توان به عنوان جایگزینی برای فرمول تخمین سطح صدا در فواصل مختلف، مثل خط مالکیت، در نظر گرفت. به عنوان مثال، همان طور که با فلش های تیره نشان داده شده است، اگر درجه بندی صدای برگه شاخصه های دستگاه مولد توصیه شده 95 dB(A) (در ۷ متری) باشد، سطح صدا در فاصله ی ۱۰۰ متری در حدود 72 dB(A) خواهد بود.

برای استفاده از شکل ۱۲۰ در صفحه ی ۳۰۰، خطی موازی با خطوط اریب از مقدار dB(A) در خط مقیاس عمودی تا خط مقیاس عمودی فاصله ی مشخص شده بکشید. سپس خطی افقی به سمت خط مقیاس عمودی کشیده و مقدار dB(A) جدید را بخوانید.

۲-۷-۶ صدای دستگاه مولد (Generator Set Noise)

کاربردهای دستگاه مولد در برابر مشکلات مربوط به سطح صدا آسیب پذیر هستند، چرا که دستگاه مولد در حال کار سطوح بالایی از صدا را تولید می کند. مقررات و استانداردهایی جهت محافظت از مالک یا کاربرهای ملکی در برابر سطوح ناخوشایند صدا از دیگر ملک ها وضع شده است.

به طور کلی، سطوح صدای لازم در خط ملکی خاص اغلب کمتر یا برابر با 60 dB(A) در طول روز و 50 dB(A) در ساعات شب است، در حالی که صدای دستگاه مولد تنظیم نشده می تواند تا 100 dB(A) برسد. در خیلی از محیط ها سطوح حداکثری اجباری ای توسط باندهای هشت گانه با فرکانس مرکزی ۳۱و۵ هرتز تا ۸۰۰۰ هرتز مشخص شده اند تا صدای فرکانس پایینی که می تواند تا دوردست ها منتشر شود را کنترل کنند. صدای دستگاه مولد ممکن است به خاطر شرایط محل کار بلندتر شود، و یا ممکن است سطح صدای محیط موجود در محل کار باعث شود دستگاه مولد نتواند به سطوح عملکرد صدای لازم نرسد (برای اندازه گیری دقیق سطح صدای هر منبعی، منبع صدا باید 10 dB(A) بلند تر از محیط اطراف خود باشد).

در صورتی که دستگاه مولد در محیط میدانی آزاد نصب شده باشد، سطح صدای تولید شده توسط دستگاه مولد در خط ملکی قابل پیش بینی است. در محیط میدانی آزاد، دیوارهای منعکس کننده ای برای چند برابر کردن صدای تولید شده توسط دستگاه مولد وجود ندارند، و سطح صدا از قانون "کاهش 6 dB(A) به ازای دو برابر شدن فاصله" تبعیت می کند. اگر خط ملکی در محدوده ی میدان نزدیک دستگاه مولد باشد، ممکن است سطح صدا قابل پیش بینی نباشد. محیط میدان نزدیک هر گونه اقدام صورت گرفته در محدوده ی دو برابر بزرگترین بُعد منبع صدا است.

دیوارهای منعکس کننده و دیگر سطوح سخت سطح صدایی را که ممکن است توسط گیرنده دریافت شود را چند برابر می کنند. به عنوان مثال، اگر دستگاه مولدی در کنار دیواری با سطح سخت قرار گرفته باشد، سطح صدای قائم بر دیوار

تقریبا دو برابر نیروی صدای پیش بینی شده دستگاه مولد در محیط میدان آزاد خواهد بود (یعنی دستگاه مولدی که با سطح صدای 68 dB(A) کار می کند سطح صدای آن در کنار دیواری منعکس کننده 71 dB(A) خواهد بود). قرار دادن دستگاه مولد در گوشه، سطح صدا را چند برابر بیشتر خواهد کرد.

مقررات مربوط به صدا تنها بعد از انجام شکایت اعمال می شود، اما هزینه ی بالای تجهیز مجدد محل کار به خاطر کاهش صدا باعث می شود بررسی الزامات عملکرد صدا در هوان اوایل چرخه ی طرح، و در نظر گرفتن به صرفه ترین تدارکات کاهش صدا در محل کار ایده ی خوبی باشد.

به جدول ۲ در صفحه ی ۳۵ برای اطلاعات مربوط به صدای بیرون مراجعه کنید.

۶-۷-۳ کاهش صدای فرستاده شده از سازه (Reducing Structure -Transmitted Noise)

سازه های در حال لرزش موج های فشار صدایی در هوای اطراف خود ایجاد می کنند. اتصالات دستگاه مولد نیز می توانند در سازه ی ساختمان لرزش ایجاد کرده و صدا تولید کنند. به طور معمول این گونه اتصالات شامل قلّاب تخته، مجرای هوای خروجی رادیاتور، لوله کشی اگزوز، لوله کشی سرد کننده، خطوط سوخت، و پوشش های سیم کشی می شوند. در ضمن، ممکن است دیواره های جایگاه دستگاه مولد نیز بلرزند و صدا ایجاد کنند. شکل ۴۹ در صفحه ی ۱۵۸ نشانگر راه هایی برای به حداقل رساندن صدای فرستاده شده از سازه توسط ایزوله سازی لرزش مناسب است.

سوار کردن دستگاه مولد بر روی ایزوله گر های لرزشی فنری به طور موثری انتقال لرزش را کاهش می دهد. عمل ایزوله سازی لرزش در بخش ایزوله گر های لرزش در ابتدای این فصل توضیح داده شد.

اتصالات انعطاف پذیر به لوله ی اگزوز، مجرای هوا، خط سوخت، لوله ی سرد کننده (رادیاتور راه دور یا سیستم های انتقال دهنده ی گرما) و پوشش های سیم کشی می توانند انتقال لرزش را به طرز موثری کاهش دهند. در تمامی کاربردهای دستگاه مولد، استفاده از اتصالات انعطاف پذیر به دستگاه الزامی است.

۶-۷-۴ کاهش صدای هوایی (Reducing Airborne Noise)

صدای هوایی شاخصه ای راستایی دارد و معمولا در انتهای بالای گستره ی فرکانس قابل رویت است.

- ساده ترین روش منحرف کردن مسیر صدا، مثل خروجی رادیاتور یا اگزوز، از سمت شنونده است. به عنوان مثال، صدا را به طرف بالا منحرف کنید تا مردم در سطح زمین در مسیر آن نباشند.
- موانع خط دید در سد کردن صدا موثر هستند. موانع ساخته شده از موادی با جرم ماده ای بالا، مثل بتون، بلوک های سیمانی، یا آجر، بهترین گزینه هستند. در حذف مسیرهای صدا مثل درز های در یا نقاط دسترسی اگزوز، سوخت و سیم مشی الکتریکی به اتاق (یا محفظه) دقت به خرج دهید.
- مواد جذب کننده ی صدا (آکوستیک) برای قرار دادن در راستای مجراهای هوا و پوشش دیوارها و سقف در دسترس می باشند. در ضمن، هدایت صدا در انحنایی ۹۰ درجه در مجرا، صدای فرکانس بالا را از بین می برد. هدایت

کردن صدا به طرف دیواری پوشیده از مواد جذب صدا می تواند بسیار موثر باشد. به خاطر عواملی همچون هزینه، قابلیت در دسترس بودن، چگالی، کند کننده ی شعله، مقاومت در برابر سائیدگی، زیبایی و قابلیت تمیز کردن، فایبرگلاس یا فوم نیز مناسب هستند. باید در انتخاب موادی که در برابر تاثیرات روغن و دیگر آلاینده های موتور مقاوم باشند دقت به خرج داد.

- محفظه ی بلوک بتونی مانعی عالی در برابر تمام صداها است. بلوک ها را می توان با شن پر کرد تا جرم دیوار را بالا برد و در نتیجه کاهش صدا را بیشتر کرد.
- می توان از نحوه ی قرار گرفتن رادیاتور راه دور برای کاهش جریان هوا و انتقال منبع صدای پروانه رادیاتور به جایی که احتمال می رود برای گیرنده کمتر ناخوشایند باشد استفاده کرد. نصب های رادیاتور راه دور را می توان به پروانه های سرعت پایین مجهز کرد تا صدای مونتاژ را کاهش دهند.

۵-۷-۶ محفظه های کاهش دهنده ی صدا (سایبان)
(Sound Attenuated Enclosures (Canopies))

دستگاه های مولدی که در بیرون نصب می شوند می توانند به محفظه های کاهش صدای یکپارچه مجهز شوند. این محفظه ها به صورت موثر فضایی بسته را در اطراف دستگاه مولد ایجاد کرده و سطوح صدای تولید شده توسط دستگاه را کاهش می دهند.

در کل، هزینه ی محفظه مستقیما به میزان کاهش صدای الزامی ارتباط دارد. لذا هر چه که سطح کاهش صدای الزامی بیشتر باشد، هزینه ی محفظه نیز گران تر می شود. قیمت محفظه ها حتی می توانند در حوالی قیمت دستگاه مولدی باشند که از آن حفاظت می کنند.

باید در نظر داشت که استفاده از سطح های بالای کاهش صدا می تواند در عملکرد دستگاه مولد تاثیر گذار باشد. ابزار کاهش صدا را با دقت آزمایش کنید تا عملکرد مناسب سیستم تهویه و حمل بار به دست آید.

نکته: هنگام مقایسه ی درجه بندی های سیستم های خنک کننده دقت داشته باشید که درجه بندی بر اساس دمای محیطی، و نه هوا به رادیاتور، است. درجه بندی هوا به رادیاتور دمای هوایی را که به رادیاتور وارد می شود را محدود کرده و به دلیل انرژی گرمایی ساطع شده از موتور و دینام جلوی افزایش دمای هوا را می گیرد. سیستم درجه بندی شده ی محیطی این افزایش دما را در قابلیت خنک سازی خود در نظر می گیرند.

۶-۷-۶ عملکرد صداگیر اگزوز (Exhaust Silencer Performance)

دستگاه های مولد در اکثر مواقع به صداگیر اگزوزی جهت محدود کردن صدای اگزوز ماشین مجهز هستند. صداگیر های اگزوز در انواع و چیدمان فیزیکی مختلفی ارائه شده، و از مواد مختلفی ساخته می شوند.

صداگیر ها به دو گروه صداگیر محفظه ای یا دستگاه های مارپیچی تقسیم می شوند. دستگاه های محفظه ای را می توان به گونه ای طراحی کرد که موثرتر باشند، اما دستگاه های نوع مارپیچی از نظر فیزیکی کوچک تر هستند و ممکن است برای این کاربرد عملکرد مناسب تری داشته باشند.

صداگیر ها را می توان از استیل پیچی سرد یا استیل ضد زنگ ساخت. صداگیر های استیل پیچی سرد ارزان تر هستند، اما در مقایسه با استیل های ضد زنگ در برابر فرسایش بیشتر در معرض آسیب هستند. در کاربردهایی که در آن ها صداگیر در داخل نصب می شود، و برای جلوگیری از خروج گرما از عایق کاری بهره می برد، نوع ضد زنگ مزیت ناچیزی دارد.

صداگیر ها را می توان در پیکر بندی های زیر فراهم کرد:

- انتهای درونی/انتهای بیرونی؛ رایج ترین پیکر بندی
- کناره درونی/انتهای بیرونی؛ معمولا برای کمک به محدود کردن الزامات ارتفاع سقف دستگاه مولد استفاده می شود.
- کناره دوتایی درونی/ انتهای بیرونی؛ در موتورهای "V" برای رفع نیاز به راس اگزوز استفاده می شود، و الزامات ارتفاع سقف را به حداقل می رساند.

صداگیر ها در درجات کاهش صدای متفاوتی ارائه می شوند؛ که معمولا "صنعتی"، "مسکونی"، و "اضطراری" نامیده می شوند. دقت داشته باشید که شاید صدای اگزوزی که از دستگاه مولد به وجود می آید آزار دهنده ترین منبع صدا در دستگاه نباشد. اگر صدای مکانیکی بسیار بیشتر از صدای اگزوز باشد، شاید انتخاب صدا گیری با عملکرد بالاتر نیز به بهبود سطح صدا در محل کمک نکند.

در کل، هر چه که صداگیر در کاهش صدای اگزوز موثرتر باشد، سطح محدودیت اگزوز موتور بیشتر است. در سیستم های اگزوز بلند، خود لوله کشی مقداری کاهش صدا فراهم می کند.

کاهش صدای صداگیر معمول

صداگیر های صنعتی: 12-18 dBA

صداگیر های مسکونی: 18-25 dBA

صداگیر های اضطراری: 25-25 dBA

۸-۶ محافظت در برابر آتش سوزی (Fire Protection)

به دلیل گسترده بودن عواملی که باید در نظر گرفته شوند، مثل سکونت ساختمان، مقررات، و تاثیرات سیستم های محافظت در برابر آتش سوزی مختلف؛ طرح، انتخاب و نصب سیستم های محافظت در برابر آتش سوزی فراتر از گستره ی این راهنما است. با این وجود، موارد زیر را در نظر بگیرید:

- سیستم محافظت از آتش باید طبق الزامات مسئولین قضایی، مثل بازرس ساختمان، رئیس آتش نشانی، یا مامور بیمه باشد.
- دستگاه های مولدی که در نیروی اضطراری یا استندبای استفاده می شوند باید از طریق مکان اتاق دستگاه مولد یا ساخت مقاوم در برابر آتش آن، در برابر آتش سوزی محافظت شوند. در بعضی مکان ها، ساخت دستگاه مولد برای نصب هایی که برای حفظ جان ضروری می باشند باید دارای درجه بندی مقاومت در برابر آتش دو ساعته باشند. در ضمن، بعضی مکان ها به محافظت در برابر آتش تغذیه کننده نیز نیاز دارند. استفاده از درهای ضد آتش یا دریچه ی هوا در اتاق دستگاه مولد را نیز در نظر داشته باشید.

اتاق دستگاه مولد باید به طرز مناسبی تهویه شود تا از جمع شدن گازهای اگزوز ماشین یا گاز تامین سوخت جلوگیری شود.

- اتاق مولد نباید برای انبار کردن استفاده شود.
- اتاق های مولد نباید فقط به خاطر سوخت موتور منطقه ی خطر (تعریف شده توسط NEC) محسوب شوند.
- مقامات قضایی معمولا دستگاه های مولد را در زمانی که محدود و در فواصل زمانی دور استفاده می شوند به عنوان دستگاه های گرمای پایین محسوب می کنند، حتی با این وجود که دمای گاز اگزوز ممکن است از $1000^{\circ}F$ ($538^{\circ}C$) نیز تجاوز کند. در مواردی که ممکن است دمای گاز اگزوز از $1000^{\circ}F$ ($538^{\circ}C$) تجاوز کند، بعضی موتورهای دیزلی و اکثر موتورهای گازی جزء دستگاه های گرمای بالا دسته بندی می شوند و ممکن است به سیستم های اگزوز درجه بندی شده برای عملیات $1400^{\circ}F$ ($760^{\circ}C$) نیاز داشته باشند. با سازنده ی موتور برای اطلاعات در مورد دمای اگزوز مشورت کنید.
- ممکن است مقامات قضایی تعداد، نوع، و اندازه ی آتش خاموش کن های قابل حمل تایید شده ی لازم برای دستگاه مولد را مشخص کنند.
- ایستگاه توقف اضطراری دستی ای بیرون دستگاه مولد یا دور از دستگاه مولد در محفظه ای بیرونی، خاموش کردن دستگاه مولد در مواقع بروز آتش یا دیگر موارد اضطراری را راحت تر می کند.
- سیستم های سوخت مایع معمول به ۶۶۰ گالن (۲۴۹۸ لیتر) در داخل ساختمان محدود می شوند. با این وجود، ممکن است مقامات محدودیت های سخت گیرانه تری بر میزان سوختی که می توان در ساختمان ذخیره کرد

وضع کنند. در ضمن، می توان برای استفاده از مقادیر بیشتری از سوخت در اتاق دستگاه مولد استثنا قائل شد، خصوصا اگر اتاق دستگاه مولد دارای سیستم های محافظت از آتش سوزی متناسبی باشد.

- مخزن های سوخت قرار گرفته در داخل ساختمان و بالای پایین طبقه یا زیر زمین باید طبق استانداردها و مقررات زیست محیطی NFPA دیوار کشی شوند.
- دستگاه مولد باید آن گونه که توصیه شده است گهگاه تحت حداقل ۳۰ درصد بار به کار گرفته شود تا به دمای کاری ثابتی برسد. دستگاه مولد باید حداقل یک بار در سال تحت بار تقریبا کامل کار کند تا از جمع شدن سوخت در سیستم اگزوز جلوگیری شود.

۶-۹ طرح اتاق امکانات (Equipment Room Design)

۶-۹-۱ ملاحظات کلی (General Considerations)

دستگاه های مولد باید طبق توصیه های ارائه شده توسط سازنده ی دستگاه مولد، و مطابق مقررات و استانداردهای قابل اجرا نصب شوند.

توصیه های کلی برای طرح اتاق:

- اکثر دستگاه های مولد به دسترسی جهت سرویس هر دو طرف موتور و هم چنین سمت کنترل/دینام ماشین نیاز دارند. ممکن است مقررات الکتریکی بار بعضی محیط های کار خاص را الزامی بدارند، اما در کل فضاهای کاری برابر با عرض کناره ها و عقب دستگاه مولد قابل قبول است.
- امکان دارد مکان سیستم سوخت، یا قطعات سیستم پخش الکتریکی به فضای کاری بیشتری احتیاج داشته باشند. برای اطلاعات بیشتر در این زمینه به الزامات تامین سوخت در قسمت های دیگر این بخش مراجعه شود.
- باید دسترسی به اتاق دستگاه مولد (یا محفظه ی بیرونی) وجود داشته باشد تا امکان جدا کردن بزرگترین قطعه در ابزار (تقریبا در تمامی مواقع منظور موتور است) وجود داشته باشد. دسترسی باید از طریق درهای عریض یا دریچه های ورودی یا هوای اگزوز قابل جدا شدن فراهم شود. یک طرح ایده آل امکان انتقال دستگاه مولد را به صورت بسته به اتاق ابزار فراهم می کند.

۲-۹-۶ نصب های روی سقف (Roof-top Installations)

با افزایش فشار در زمینه ی هزینه های ساختمان، قرار دادن دستگاه های مولد در سقف امری معمول شده است. اگر سازه ی ساختمان بتواند وزن دستگاه مولد و اجزای متصل به آن را تحمل کند، این نصب ها را می توان با موفقیت صورت داد. مزیت ها و کاستی های این نصب ها:

- مزیت ها
- هوای تهویه ی نامحدود برای سیستم
- عدم نیاز (یا نیاز کم) به مجرای تهویه
- مدت زمان کاری کوتاه اگزوز
- مسائل مربوط به صدای کم (هنوز ممکن است به محفظه ی کاهش صدا نیاز باشد)
- محدودیت های فضایی کمتر
- دستگاه مولد، برای قابلیت اطمینان سیستمی بیشتر، از سرویس معمول جدا شده است.

کاستی ها

- ممکن است سازه ی سقف برای تحمل وزن دستگاه مولد نیاز به تقویت شدن داشته باشد.
- امکان دارد انتقال ابزار به سقف گران باشد (جرثقیل یا جدا کردن اجزاء)
- محدودیت های قانونی
- کابل های بلندتر
- فضای سخت محدودتر در دستگاه مولد؛ ذخیره ی سوخت (و برگشت آن) باید از میان ساختمان عبور کند.
- سرویس سخت تر دستگاه مولد

نکته: حتی با وجود اینکه دستگاه مولد روی سقف نصب شده است، هنوز باید برای جلوگیری از آلودگی مجراهای ورودی هوا به ساختمان یا املاک مجاور در مورد اگزوز موتور دقت به خرج داد. برای اطلاعات بیشتر، توصیه های کلی در رابطه با تهویه سازی را در قسمت های قبلی این بخش مطالعه کنید.

توصیه می شود دستگاه های مولدی که در دسترسی سرویس با محدودیت روبرو هستند به اتصال ذخیره ی بار در سیستم پخش ساختمان مجهز شوند. این امر سبب می شود ذخیره های بار به صورت موقت در مکانی مناسب اتصال پیدا کنند. در غیر این صورت، دشواری اتصال ذخیره ی بار می تواند آزمایش دستگاه مولد را با مشکل روبرو کرده یا حتی آن را غیر ممکن سازد.

جدول ۶۱. فرمول های مفید

D:1

TO OBTAIN:	SINGLE–PHASE AC POWER	THREE–PHASE AC POWER
کیلووات(kW)	$\frac{Volts \times Amps \times pf}{1000}$	$\frac{Volts \times Amps \times pf \times 1.732}{1000}$
kVA	$\frac{Volts \times Amps}{1000}$	$\frac{Volts \times Amps \times 1.732}{1000}$
آمپر (kVAناشناس)	$\frac{kw \times 1000}{volts \times pf}$	$\frac{kw \times 1000}{volts \times pf \times 1.732}$
آمپر (kW ناشناس)	$\frac{kva \times 1000}{volts}$	$\frac{kva \times 1000}{volts \times 1.732}$
فرکانس (هرتز)	$\frac{\#poles \times rpm}{120}$	$\frac{\#poles \times rpm}{120}$
نیروی واکنشی(kVAR)	$\frac{Volts \times Amps\sqrt{1-pf^2}}{1000}$	$\frac{Volts \times Amps \times 1.732\sqrt{1-p}}{1000}$
درصد ولتاژ تنظیم (برای بارهای یکنواخت، از بار صفر به بار کامل)	$\frac{V_{NL}V_{FL}}{V_{FL}} \times 100$	$\frac{V_{NL}V_{FL}}{V_{FL}} \times 100$
درصد فرکانس تنظیم (برای بارهای یکنواخت، از بار صفر به بار کامل)	$\frac{F_{NL}F_{FL}}{F_{FL}} \times 100$	$\frac{F_{NL}F_{FL}}{F_{FL}} \times 100$
اسب بخار مورد نیاز برای به کار گیری مولد	$\frac{kw}{0.746x \text{ generator efficency}}$	$\frac{kw}{0.746x \text{ generator efficency}}$
جریان مدار کوتاه RMS چرخه ی اول (±%۱۰)	$\frac{rated\ Amperes}{pu \times "d}$	$\frac{rated\ Amperes}{pu \times "d}$

- جهت به دست آوردن – نیروی AC تک فاز – نیروی AC سه فاز
- ”PF“ به عامل نیرو اشاره دارد، که به عنوان کسری اعشاری ارائه می شود. به عنوان مثال، ۸۰٪ نیروی عامل = ۰٫۸ برای اهداف محاسباتی. در کل، دستگاه های مولد تک فاز در ۱۰۰٪ عامل نیرو و دستگاه های سه فاز در ۸۰٪ عامل نیرو درجه بندی می شوند.
- ”Volts“ به ولتاژ خط به خط اشاره دارد.
- ”Amps“ به جریان خطی بر واحد آمپر اشاره دارد.
- ”F“ به فرکانس گفته می شود. تنظیم ۰٪ فرکانس "متقارن" تعریف می شود.

مولف : کامنیز پاور ژنراتور

مترجم : مهندس میثم چشمارو