

Características e critérios de especificação de grupos geradores

O texto a seguir tem por objetivo introduzir a primeira edição do Guia do Comprador de Grupos Geradores e Baterias (pág. XX), com uma explanação sobre as principais variáveis características dos grupos geradores, a fim de fornecer os subsídios básicos para a especificação. De acordo com o autor, é fundamental que se conheça bem o processo e as cargas a serem alimentadas por um desses sistemas, antes de fazer a encomenda.

*José Starosta,
Ação Engenharia e Instalações Ltda.*

Apesar de ter atingido seu auge durante a crise do fornecimento de energia elétrica (2001/início de 2002), nas últimas décadas, os geradores já se faziam presentes nas instalações elétricas que, em condições normais, eram supridas pelas concessionárias. Na falta das mesmas, ou ocorrendo alguns desvios não tolerados em função da criticidade dos processos (CPDs e cargas de tecnologia da informação, hospitais, cargas de proteção e combate a incêndio, centrais públicas de telecomunicações, segurança física e patrimonial, entre outros), os grupos eram especificados e empregados nas instalações como garantia de continuidade desses processos.

À medida que atividades inteiras foram automatizadas, a energia elétrica assumiu importância de insumo do produto/serviço final também em processos administrativos e de fluxo de documentação.

Outra aplicação típica no Brasil

desses equipamentos tem sido nos locais não atendidos pelas concessionárias, ou ainda aqueles cobertos por concessão, mas que não dispõem de sistema de transmissão e distribuição. É o caso de vilarejos, pequenas cidades e indústrias afastadas dos grandes centros, minas e fazendas.

Em função da diversidade de concepção, é importante que se conheça bem o processo e as cargas que se pretende alimentar por um desses sistemas antes da encomenda. Não por acaso, e devido ao grande volume de grupos recentemente instalados — seja para o racionamento, como forma eficiente de cumprir a “meta” estipulada pelo governo no “apagão” ou de fornecer energia quando da falta da concessionária, seja como importante elemento em sistemas de geração ou co-geração própria viabilizada pela atual estrutura tarifária —, tem-se verificado a operação inadequada de grupos geradores, que seria evitada com

uma melhor avaliação principalmente da instalação e das cargas onde os mesmos seriam aplicados.

Concepção

Os grupos geradores são compostos por:

- motor, com sistema de alimentação de combustível e exaustão de gases associados;
- alternador;
- acoplamento mecânico motor-alternador;
- sistema de acionamento, controle e comando; e
- sistema de transferência de carga ou interligação com outra fonte.

Motores

Os motores estacionários (a saber, existem outras aplicações além dos estacionários, como industriais, veiculares e marítimos) possuem diversas características intrínsecas, tais como tipo do bloco, cabeçotes, carter, etc. Normalmente, a especificação do motor adotada pela

maioria dos projetistas para um sistema aplicado em grupos geradores não entra nesses detalhes, cabendo ao montador prescrever o componente que melhor se aplica ao alternador e carga elétrica previstos. Entretanto, algumas características do motor devem ser melhor exploradas e entendidas.

Potência

A potência do motor é estabelecida pelas normas européias (DIN 6270 e 6271) e americanas (ISO 8528, 3036, AS2789 e SAE BS5514). As normas brasileiras (NBR 06396 e NBR 05477), baseadas nas normas DIN, apresentam a terminologia:

- potência efetiva contínua não-limitada; e
- potência efetiva contínua limitada.

Já as normas americanas estabelecem os regimes:

- stand-by*;
- prime-power*; e
- contínuos*

Em ambos os casos, a proposta é especificar o regime de uso dos motores. Assim, numa aplicação em regime *stand-by*, também conhecido como “de emergência”, característico de uma intermitência, o motor seria especificado como de potência efetiva contínua limitada.

A condição potência efetiva contínua não-limitada pode ser relacionada com a *prime power*.

O regime *contínuos*, por sua vez, é relacionado com a operação ao longo das 24 horas do dia com carga constante.

Combustível

A maioria dos sistemas de médio porte são movidos a óleo diesel. Com a disponibilidade do gás natural, que proporciona queima mais limpa, espera-se a entrada competitiva no mercado de sistemas com motor a gás.

O gás natural, além da vantagem apresentada, não necessita da estocagem característica dos sistemas a óleo diesel com seus

problemas típicos. No caso do óleo diesel, deve-se prever uma reserva de proporções adequadas à autonomia desejável. O atendimento a essa premissa impõe ao sistema a necessidade de disponibilizar um tanque, em geral externo, com volume da ordem de 5000 a 10 000 litros.

Grandes reservas de óleo devem ser circuladas com frequência para evitar a formação de borras. As normas de segurança, definidas pelo corpo de bombeiros local, são mais uma restrição ao acúmulo de óleo na parte interna das edificações.

Internamente é previsto um tanque de pequeno volume, que auxilia na equalização das pressões do motor durante a alimentação através da bomba de combustível. Alguns equipamentos possuem os tanques incorporados ao seu conjunto (construção típica em sistemas cabinados ou em contêineres).

Pequenos sistemas (da ordem de unidades de kVA) são alimentados por gasolina, possuindo em geral construção simplificada sem grandes compromissos operacionais.

O consumo de combustível estabelece a eficiência dos motores. O comportamento do consumo é função da carga. Carregamentos abaixo de 30% apresentam alto consumo específico. Os valores de consumo são fornecidos em Kg/HP.h, litros/HP.h, ou mesmo litros/kWh associado ao rendimento do alternador.

Tipos de sistemas de injeção

•Indireta: a injeção do combustível se dá em uma antecâmara de pré-ignição. Tem como característica maior consumo e exaustão mais limpa de gases.

•Direta: o combustível é injetado diretamente sobre a cabeça do pistão por um bico injetor. Apresenta melhor rendimento térmico.

Controle de velocidade

Como nos grupos geradores

aplicados em geração de energia, a frequência da tensão gerada pelo alternador deve ser mantida sempre constante independente da carga, e considerando-se a íntima relação entre a rotação do motor e a frequência do gerador, o dispositivo de controle da velocidade assume importante papel no desempenho total do sistema.

O controle da injeção de combustível em função da solicitação da carga é efetuado pelo governador (ou “governor”). Os governadores podem ser mecânicos, hidráulicos, eletrônicos. Os digitais são os mais precisos e aplicados em processos nos quais a regulação de velocidade e de tensão é um fator fundamental (na alimentação de cargas IT - tecnologia de informação, por exemplo).

Refrigeração

O calor gerado no processo da queima do combustível até o movimento do eixo de saída deve ser retirado. Se o mesmo não for aplicado em nenhuma máquina de absorção ou em algum outro processo de reaproveitamento ou de co-geração, a retirada é feita com o uso de radiadores (troca a ar) ou por torres de arrefecimento (troca à água).

Apesar de a troca a ar ser um processo construtivo às vezes mais simples, o uso de torres de arrefecimento externas proporcionam melhor rendimento, evitando a instalação de grandes radiadores a ar.

O projeto mecânico deve considerar também a admissão do ar de combustão, além do ar de refrigeração da carcaça do sistema.

Partida, baterias e carga de baterias

Como a partida dos grupos é quase sempre elétrica, as baterias que desempenham este papel assumem grande importância, e sua manutenção em condições operacionais adequadas deve ser uma questão sempre perseguida.

Além das baterias merecerem tratamento adequado, é importante que seja previsto um carregador/flutuador independente ligado à rede elétrica, pois um outro recurso disponibilizado em alguns equipamentos (carga da bateria efetuada por alternador acoplado ao motor) tem se mostrado de baixa confiabilidade.

Potência em HP

A potência do motor em HP considera a potência aparente do alternador, que será disponibilizada para a carga, o fator de potência previsto da carga (em geral 0,8) e o rendimento do próprio alternador. Os fabricantes possuem em geral os “pares adequados”, considerando ainda um eventual superdimensionando dos motores em aplicações especiais.

Alternadores

Aplicação

Semelhantemente aos motores, os alternadores também possuem diversas aplicações (industriais, navais, em cargas distorcidas, telecomunicações e à prova de explosão). Portanto, a aplicação do grupo deve ser esmiuçada, e a carga e os regimes de operação devem também ser claramente definidos e especificados.

Número de fases

Podem ser monofásicos, normalmente com duas tensões (V ; $V/2$) ou trifásicos, normalmente com fechamento das bobinas em Y com neutro acessível, com tensões de linha de saída V , e tensões de fase $V/1,73$.

Outras possibilidades de fechamento e programação da tensão de saída são disponíveis numa mesma máquina, dependendo de como as bobinas forem associadas.

Número de pólos

As máquinas síncronas possuem a relação $f = N \cdot N_p / 120$, onde f é a

frequência de geração; N é a rotação em rpm; e N_p é o número de pólos. Logo, alternadores que operam em 1800 rpm, necessitam ter obrigatoriamente quatro pólos para gerarem em 60 Hz. Da mesma forma, geradores que operam em 1200 rpm precisam ter seis pólos para geração em 60 Hz.

Excitação

A excitatriz do gerador desempenha importante papel na regulação de tensão do alternador. Sua concepção pode ser especificada na forma mais simples, e com fortes limitações técnicas na chamada “excitação estática”. Já a excitação *brush less*, largamente aplicada, apresenta vantagens operacionais em relação a primeira, pois possui um gerador de CC próprio, não dependendo da tensão do próprio gerador típica do primeiro caso.

A excitação por “ímã permanente” apresenta desempenho superior na alimentação de grandes cargas, notadamente as consideradas distorcidas como retificadores, inversores e UPS.

Dispositivo de manobra e proteção de saída

É recomendável que o alternador possua em sua saída um disjuntor, pois facilita a operação e garante a proteção do circuito, a partir dos bornes do alternador até a entrada do quadro de distribuição ou chave de transferência.

Fator de potência da carga

Salvo aplicações especiais, os alternadores são especificados para atenderem carga com fator de potência de 80%.

Acoplamento

O acoplamento mecânico das duas máquinas (eixos) em uma base sólida que suporta todo o conjunto constitui o chamado grupo motor-gerador.

Deve-se garantir um bom alinhamento do acoplamento, bem

como o tratamento a vibrações e, se for o caso, a boa emissão de ruídos com a instalação do conjunto em um contêiner silenciado, de forma que a emissão sonora seja da ordem de 80 dbA. Mas, atenção: a simples montagem do grupo gerador no interior de um contêiner não significa que o mesmo é silenciado; deve haver um tratamento acústico no interior do mesmo.

Sistemas de supervisão e controle

Pressostato do óleo lubrificante – desliga o motor e/ou aciona um alarme quando a pressão cai abaixo de um valor limite.

Termostato da água de refrigeração – desliga o motor quando a temperatura atinge determinado valor.

Sensor de sobrevelocidade – desliga o motor quando a velocidade atinge determinado valor.

Sensores elétricos (tensão e frequência) – desligam o motor na ocorrência de anormalidades. São mais aplicados no comando das transferências das cargas e partidas e paradas do grupo. A instalação de sensor na rede permite o comando da partida do grupo e transferência da carga, quando da falta da mesma, sendo o processo revertido quando da regularização da rede normal.

Botão de parada de emergência – consiste num botão tipo “cogumelo”, adequado a parada do sistema em condições de emergência.

Partida automática – na falta de tensão da rede, o grupo gerador começa a alimentar automaticamente o sistema de transferência de carga. Pode-se ainda restringir o número de tentativas de partidas.

Paralelismo – os geradores podem ser aplicados em condições de paralelismo entre si, e entre eles próprios e a rede da concessionária.

Apesar de tecnicamente possível, os projetos procuram evitar a ligação em paralelo de máquinas diferentes, por conta de desequilíbrios, perdas e circulação de correntes entre os

sistemas. Normalmente, um dos geradores é ligado a um barramento, e os outros, após o devido sincronismo, também vão sendo conectados automaticamente a esta mesma barra.

Ao final, a potência disponível é a soma das potências de cada grupo, devendo ser deduzida a “perda por paralelismo” (da ordem de 10%).

Note-se que a operação paralela de n grupos no atendimento a uma determinada carga deve sempre atender à equação:

$$\frac{\text{Potência gerada}}{\text{Potência da carga}} >$$

Se em qualquer instante do processo houver inversão das variáveis, o sistema será desligado pelas proteções. De forma a evitar tal condição, que pode ocorrer quando um dos geradores apresentar falha operacional, um sistema automático de rejeição de carga é recomendável. Nessa situação, determinadas cargas devem ser desligadas em tempo que não comprometam o desempenho dos grupos restantes e da carga que continua a operar.

Pré-aquecimento – geradores a diesel requerem pré-aquecimento que garanta a pronta operação quando da injeção do combustível. O mau funcionamento deste sistema pode impossibilitar e comprometer a confiabilidade da operação automática.

Transferência

As cargas que são alimentadas em condições normais pela concessionária, e em determinado instante passarão a ser alimentadas pelos geradores, deverão estar conectadas adequadamente a quadros elétricos cuja alimentação se origina simultaneamente na rede e no gerador.

A transferência convencional considera a existência de uma chave de transferência automática (CTA),

sendo constituída em geral por dois contatores ou dois disjuntores intertravados mecânica e eletricamente, ou ainda por uma chave reversora automática. Estes dispositivos de manobra (CTAs) são ligados aos quadros de distribuição por onde as cargas são alimentadas.

Mais recentemente, com a flexibilização das regras do setor elétrico e com o aval das concessionárias, tem sido possível efetuar o paralelismo temporário (ou não) de um sistema de geradores com as redes das concessionárias. Esta condição possibilita a transferência entre fontes sem paradas e conseqüências para a carga suprida, com o conhecido sistema “em rampa”.

Naturalmente esse sistema prescinde de maiores cuidados técnicos, que são obtidos com o uso de modernos sistemas digitais de supervisão, controle e proteção, gerenciados por lógica que permite operação segura e confiável.

A adoção de um sistema em paralelo com a rede considera, na maioria das vezes, o atendimento a 100% da carga da instalação (apesar de ser possível uma geração parcial). Em geral, quanto mais sofisticada for a lógica de operação, maiores são as possibilidades de falhas, e cada possibilidade de defeito ou má operação deve ser analisada cuidadosamente conforme resposta do sistema, sob pena de comprometer a segurança de operadores e equipamentos.

Alternativamente podem ser aplicadas chaves de transferência manuais, de forma que o gerador possa alimentar a carga mediante operação manual adequada, quando de defeito no sistema de transferência.

Aspectos do dimensionamento

Diversas são as referências disponíveis para o dimensionamento dos sistemas que consideram regime de cargas:

- cargas resistivas são contabilizadas

pelos seus valores nominais;

- motores consideram a demanda relativa à partida com altas correntes e baixo fator de potência. Dispositivos de redução da corrente de partida devem ser considerados;
- cargas não-lineares, como retificadores, implicam fatores de sobredimensionamento que dependem de sua tipicidade (UPS com retificadores de seis pulsos ou 12 pulsos, por exemplo);
- capacidade de reserva também deve ser considerada;
- regime de operação em paralelo reduz a capacidade de geração; e
- os fabricantes disponibilizam regras (tabelas e programas) em função das cargas e regimes.

Cuidados com o sistema elétrico

Por vezes, a inserção de um sistema de geradores em um sistema elétrico preexistente desconsidera algumas variáveis operacionais, que só ocorrem em casos particulares, comprometendo, muitas vezes, os geradores e componentes associados às instalações.

Deve-se notar que nem sempre a potência nominal dos geradores coincide com a da fonte normal (transformadores). Por sua vez, as impedâncias chegam a ser de três a quatro vezes maiores, se consideradas em valores percentuais. Estas características são o suficiente para:

- mudar significativamente os valores previstos das correntes de curto circuito em toda a instalação, comprometendo o esquema de seletividade da proteção e até mesmo a capacidade de ruptura dos dispositivos de proteção;
- mudar a frequência de ressonância da instalação, criando condição para a ocorrência de ressonâncias harmônicas com a explosão de capacitores e sobretensões nos sistemas elétricos com má operação das cargas.

Alimentações de cargas IT, por conta de fenômenos de compatibilidade eletromagnética,

requerem uma correta e bem definida distribuição do condutor neutro. Normas específicas recomendam a distribuição adequada e arquitetura dos neutros da rede e gerador.

Aspectos de interligação dos neutros, compartilhamento do aterramento e manobra (aplicável em CTAs) tri ou tetrapolar devem ser considerados nesta fase.

Compensação reativa

A alimentação de cargas de característica capacitiva por grupos geradores pode provocar o desligamento dos mesmos em função da perda do controle da excitação. A curva de capacidade do alternador define os limites de reativo fornecido e consumido pela carga, a fim de manter a operação dentro dos parâmetros aceitáveis de controle.

A situação deve ser avaliada em todas as possibilidades de perfil de carga, incluindo eventual regime de *peak shaving*.

Instalações industriais com cargas de variação rápida podem apresentar dificuldades quando da operação com geradores, mesmo que aparentemente dimensionados adequadamente.

O uso da técnica da compensação reativa em tempo real possibilita a injeção do reativo na proporção adequada em função da fonte (transformador ou gerador).

Aspectos da instalação/outros

Deverão ser consideradas ainda outras variáveis relacionadas à arquitetura e à instalação física do grupo, tais como:

- *layout*, pé-direito e acessos visando à manutenção;
- tratamento acústico das instalações, em salas no interior de prédios, com atenuação de ruído conforme legislação vigente. Aplicação de atenuadores de ruído nas entradas e saídas de ar, e abafadores no circuito de escape;
- alimentação de ar para combustão

e refrigeração do bloco;

- capacidade da estrutura quando da instalação em coberturas de prédios;
- iluminação adequada das salas dos grupos geradores;
- tipos de pisos condizentes com as salas dos grupos geradores devido à presença de óleo, graxa;
- exaustão adequada dos gases, que são exauridos a altas temperaturas, devendo o escapamento ser isolado em áreas de possível contato com pessoas e operadores, evitando o aumento da temperatura da sala. Ainda em relação à exaustão, deve ser prevista inexistência de retorno de fumaça (curto-circuito) ou mesmo o lançamento da fumaça em local inadequado; e
- amortecedores de vibração e adequabilidade às bases.

Referências

- [1] Pereira, José Cláudio: Apostila técnica do site.
- [2] Starosta, José: *Compensação de reativos em instalações de grande porte*. **EM** agosto/2002.
- [3] Maquigeral: Manual de Instalação.
- [4] Caterpillar: Catálogo técnico.

Agradecimentos ao colega, engenheiro Carlos Arlindo Grelle, pelas sugestões apresentadas para a realização deste trabalho.