Capítulo V

Geração stand-by ou de emergência, alimentação de cargas críticas e de alta disponibilidade – confiabilidade requerida, sistemas de armazenamento de energia

*Por Carlos Alberto Salomão Silami**

A Resolução Normativa Nº 678, de 1º de setembro de 2015, despachada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) estabelece os requisitos e os procedimentos atinentes à obtenção e à manutenção de autorização para comercializar energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN).

Com a apresentação desta resolução, a procura por grupos moto geradores vem sendo expressiva para construção de usinas termoelétricas, usinas de cogeração e grupos moto geradores emergenciais. Neste último caso (energia emergencial), focada na garantia de energia por eventuais aumentos de demanda, vinculados a uma possível reação otimista do cenário econômico e consequentemente intervenções emergenciais de grupos moto geradores.

Para aprofundar no tema, geração stand-by ou de emergência, alimentação de cargas críticas, de alta disponibilidade, confiabilidade requerida, será abordada a teoria de diretrizes para classificação de potência para grupos moto geradores. Estas definições obedecem às normas ISO3046, AS2789, DIN6271 e BS5514.

Tipos e classificações de sistemas

Os sistemas de geração de energia podem ser classificados conforme o tipo e a classe do equipamento de geração.

O grupo gerador pode ser classificado como "standby", "prime" ou "contínuo". O tipo do sistema de geração e a escolha da classificação mais apropriados dependem do tipo de aplicação. Veja Tabela 1 e os descritivos a seguir:

Diretrizes para classificação de grupos geradores (potência)

Energia stand-by - Energia prime -Energia contínua

A classificação de um grupo gerador, segundo sua potência nominal, é especificada pelo fabricante. Esta classificação estabelece as condições de carga máxima permitida para um grupo gerador, que apresentará um desempenho e uma vida útil (tempo entre as revisões) adequados, sempre que usado de acordo com a sua classificação. Além disso, é importante que um grupo gerador seja utilizado para alimentar a sua

Tabela 1 – Classificação e tipos de sistemas

	Classificação do Grupo Gerador		
Tipo de Sistema	Standby	Prime	Contínua
	Emergência	Energia Prime	Carga Básica
	Standby legalmente exigidos	Corte de Pico	Co-geração
	Standby Opcional	Redução de Custos	

carga mínima necessária, de modo a atingir sua temperatura normal de funcionamento e a sua taxa normal de consumo do combustível. Recomenda-se que a máquina funcione com, pelo menos, 30% da classificação indicada na sua plaqueta de identificação.

Os tópicos a seguir descrevem as várias classificações utilizadas por fabricantes do setor. As Figuras 2 a 5 apresentam os níveis de carga (P1, P2, P3, etc.) e os intervalos de tempo permitidos (T1, T2, T3, etc.) para cada um destes níveis conforme as várias classificações.

Classificação "Energia Standby"

A "Energia standby" é usada para aplicações de emergência, ou seja, garantir o fornecimento de luz durante uma interrupção no fornecimento pela fonte de energia usual (rede pública ou concessionária). Para esta classificação, não se admite qualquer valor para capacidade de sobrecarga sustentada (equivalente à energia de parada por falta de combustível, de acordo com as normas ISO3046, AS2789, DIN6271 e BS5514).

Essa classificação é utilizada apenas para instalações servidas por uma fonte usual e confiável de energia (ex.: concessionária) e cargas variáveis que apresentem um fator médio de consumo de carga correspondente à 80% da classificação "standby", durante um período de tempo máximo de 200 horas de operação por ano, ou, por um período de tempo máximo de 25 horas por ano, com consumo de carga correspondente a 100% de sua classificação "standby". Em instalações nas quais há grande probabilidade de o tempo de operação exceder 200 horas por ano com carga variável, ou, 25 horas por ano com um

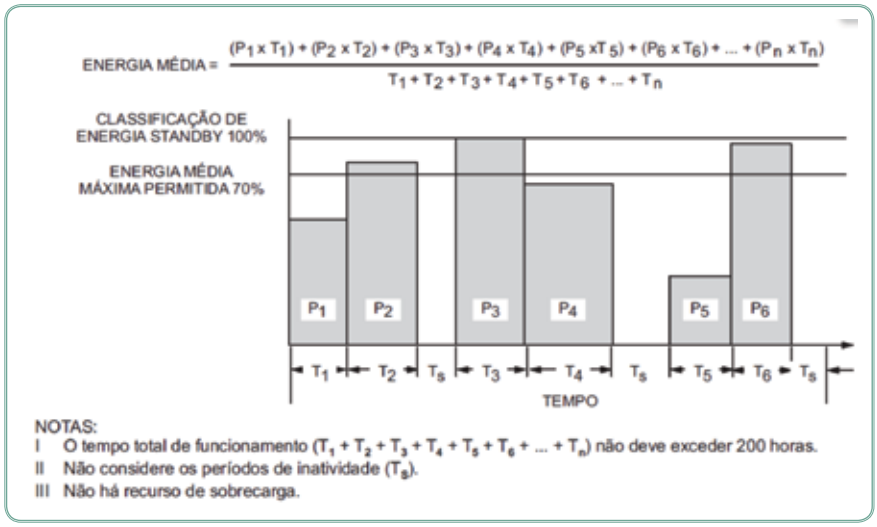

Figura 2 – Classificação "Energia standby".

consumo de carga correspondente à 100% da classificação nominal, deve-se aplicar a "Energia prime".

Portanto, a "Energia standby" é utilizada somente para definir aplicações "de emergência" e "standby", nas quais o grupo gerador serve como uma reserva ("backup") para a fonte usual de energia. Para esta classificação, não é permitida qualquer operação sustentada em paralelo com a fonte usual de energia.

Para aplicações que exigem operação sustentada em paralelo com a fonte usual de energia, devem ser utilizadas as classificações "Energia prime" ou "Carga básica".

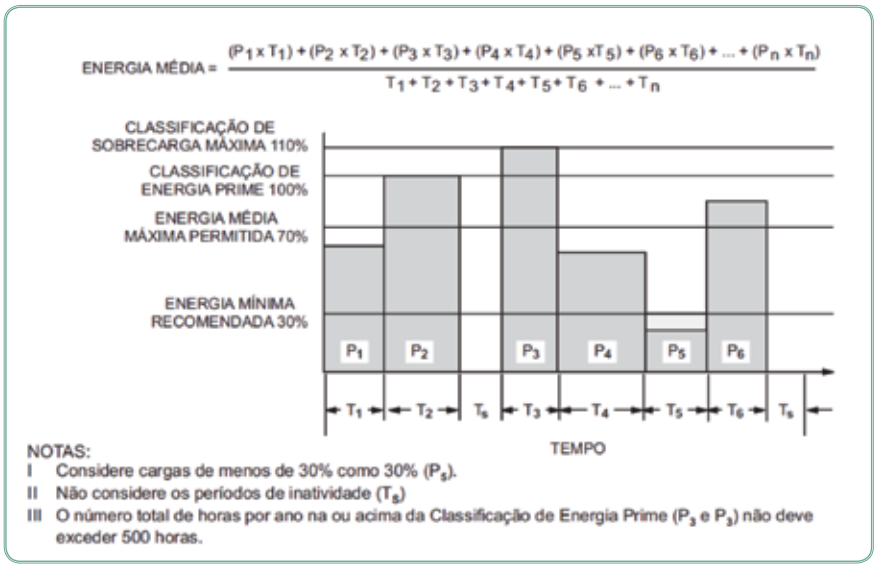

Figura 3 – "Energia Prime", funcionamento por tempo ilimitado.

Classificação "Energia prime"

A "Energia Prime" é usada para definir as situações nas quais o fornecimento de energia elétrica pelo grupo gerador substitui a energia adquirida da concessionária de energia.

O número de horas de operação permitido por ano é "ilimitado" para aplicações com "carga variável", porém, é "limitado" para aplicações com "carga constante", conforme descrito a seguir (equivalente da classificação "Energia Prime" de acordo com a norma ISO8528 e da classificação "Energia de Sobrecarga", de acordo com as normas ISO3046, AS2789, DIN6271 e BS5514.).

"Energia Prime" com tempo ilimitado de funcionamento

A "Energia Prime" permite que o grupo gerador esteja disponível por um número "ilimitado" de horas de operação ao ano, em aplicações com "carga variável". Aplicações que exijam qualquer operação em paralelo com a fonte usual de energia, com carga constante, estão sujeitas às limitações de tempo de funcionamento. Em aplicações com carga variável, o fator de carga médio não deve exceder 70% da classificação de "Energia Prime". Uma capacidade de sobrecarga de 10% é admissível por um período máximo de uma hora para cada período de 12 horas de operação, porém, não deverá exceder 25 horas ao ano. O tempo total de operação na classificação "Energia Prime" não deve exceder 500 horas por ano.

"Energia Prime" com tempo de funcionamento limitado

A "Energia Prime" permite que o grupo gerador esteja disponível por um número "limitado" de horas de operação ao ano, em aplicações com "carga constante", tais como, energia interrompível, redução de carga, corte de pico e outras aplicações que, em geral, envolvem a operação em paralelo com a fonte usual de energia. Os grupos geradores podem operar em paralelo com a fonte usual de energia até 750 horas por ano, em valores de potência que não excedam a classificação de "Energia Prime". Deve-se ressaltar que a vida útil do motor será reduzida, caso seja utilizado de modo constante para alimentar altos valores de carga. Qualquer aplicação que exija mais de 750 horas de operação por ano, conforme os parâmetros da classificação "Energia Prime", deverá utilizar a classificação "Energia de Carga Básica".

Classificação "Energia de Carga Básica" (Classificação "Energia Contínua")

A "Energia de Carga Básica" aplica-se ao fornecimento contínuo de energia para uma carga de até 100% da classificação básica, por um número ilimitado de horas.

Não é especificada qualquer capacidade de sobrecarga sustentada disponível para

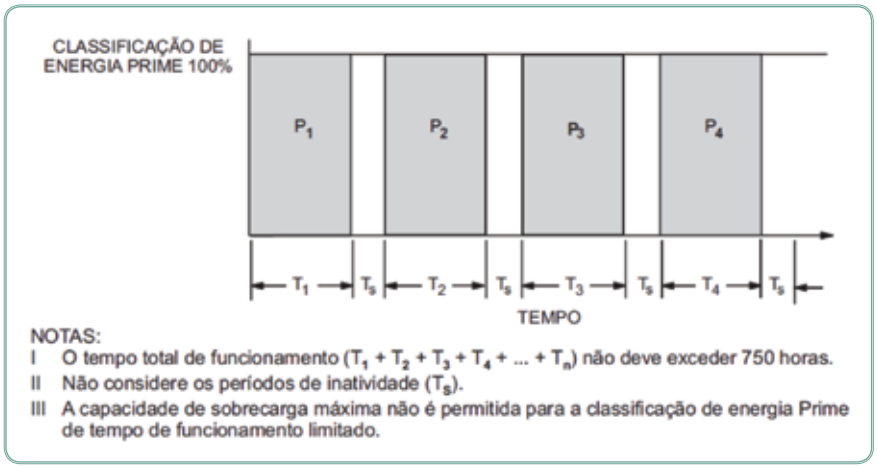

Figura 4 – "Energia Prime", funcionamento por tempo limitado.

esta classificação (equivalente à "Energia Contínua" de acordo com as normas ISO8528, figura 4; "Energia Prime", funcionamento por tempo limitado, figura 5; classificação "Energia de Carga Básica" ISO3046, AS2789, DIN6271 e BS5514). Esta classificação aplica-se para a operação de carga básica pela fonte usual de energia. Neste tipo de aplicação, os grupos geradores são conectados em paralelo com a fonte usual de energia e trabalham sob carga constante por longos períodos de tempo.

Depois de apresentar sucintamente as classificações de energia, vamos aprofundar na geração stand-by ou de emergência.

Em 2012 realizamos um trabalho Six Sigma, com estratégia gerencial disciplinada e altamente quantitativa, com o objetivo de avaliar quatro instalações que trabalhava em horário de ponta (17h30 às 20h30). Os registros de operação indicavam índices de disponibilidade muito baixo, em torno de 90,86%. No final deste trabalho, em 2013, tínhamos índices anuais de 98,55%, onde foi possível reduzir custos de U$15K.

Nesse trabalho, destacaremos três principais pontos de indisponibilidade, observados como causadores de elevado nível de indisponibilidade.

1. O primeiro fator de indisponibilidade detectado está relacionado ao sistema de baterias, responsável pela partida dos grupos geradores. Observamos, neste estudo, que mais de 40% das causas de indisponibilidade de grupos geradores estão diretamente ligadas à baixa carga de baterias. Ao analisarmos as causas de baixa carga de baterias, os fatores de maior relevância foram:

1.1. Não observação do manual de operação e manutenção das baterias. Em 100% dos clientes visitados, não estavam disponibilizadas, pela equipe de operação, as ferramentas necessárias para a correta análise da falha (multímetro, refratômetro, analisador de baterias e densímetro).
Ações corretivas foram aplicadas, sendo parte o atendimento aos procedimentos

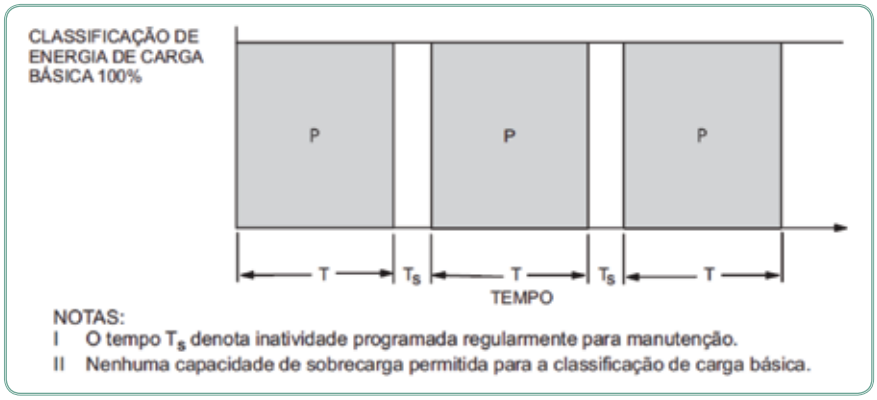

Figura 5 – Classificação "Energia de Carga Básica".

de operação / manutenção de baterias. E, para alguns outros clientes, devido às necessidades de mão de obra especializada, optou-se por substituir as baterias existentes por baterias seladas. Essas últimas apresentam maior facilidade na inspeção do indicador de qualidade da bateria, não necessitando mão de obra especializada para sua manutenção. Ou seja, quando o indicador altera de verde para preto, está no momento de troca da bateria.

1.2. A qualidade da bateria utilizada

Observamos que, no momento da troca das baterias, os responsáveis pela compra não se preocuparam com a qualidade das baterias, mas sim com o preço unitário, ou seja, a relação Opex/Capex não era observada. Observe, a seguir, a teoria de cálculo de dimensionamento correto para eliminar falhas de dimensionamento de baterias.

Sistemas de partida de motores - Dimensionamento de baterias

Partida com bateria: em geral, os sistemas de partida com bateria para grupos geradores funcionam em 12 V ou 24 V. Usualmente, os grupos geradores menores utilizam sistemas de partida de 12 volts e para os grupos geradores maiores são utilizados sistemas de partida de 24 volts. A Figura 6 ilustra um diagrama típico de conexões entre uma bateria e um motor de partida usado por um grupo gerador. Ao selecionar ou dimensionar as baterias, bem como os equipamentos correlatos, devem-se considerar os itens a seguir:

- As baterias devem ter capacidade suficiente (ampères de partida a frio – APF) para fornecer a corrente elétrica necessária para o giro do motor de partida, indicada na Folha de Especificações do grupo gerador selecionado. As baterias podem ser tanto de chumbo ácido quanto de níquel-cádmio. As baterias devem ter sido projetadas para este tipo de aplicação e o seu uso ter sido aprovado pelas autoridades locais;
- Um alternador, acionado pelo motor do grupo gerador e equipado com regulador de tensão automático integrado é, usualmente, fornecido para recarregar as baterias quando o sistema estiver em funcionamento;
- Para a maioria dos sistemas de energia que operam por meio de grupo geradores, é desejável, ou mesmo exigido, um carregador auxiliar de baterias, portátil, alimentado pela fonte usual de energia, que permita manter as baterias plenamente carregadas quando o grupo gerador não estiver funcionando. Os carregadores de bateria portáteis são exigidos para sistemas standby de emergência;
- As normas técnicas geralmente especificam um tempo máximo de carga para a bateria. A seguinte regra prática pode ser utilizada para dimensionar os carregadores de baterias auxiliares:

$$\frac{\text{Corrente necessária para a carga da bateria} = 1.2 \times \text{Amp-Hora da bateria}}{\text{Horas necessárias de carga}}$$

- As normas técnicas locais podem exigir o uso de aquecedores para manter a bateria a uma temperatura mínima de 10 °C (50 °F), caso o grupo gerador esteja sujeito a temperaturas ambientes de congelamento. Consulte informações complementares no item "Acessórios e opções" (nesta seção), dispositivos de aquecimento standby para grupos geradores;
- Normalmente, os grupos geradores incluem cabos de bateria. Alojamentos ("Racks") para baterias também são disponibilizados;
- Distribuição das baterias de partida: caso as baterias sejam instaladas a uma distância do motor de partida maior que o comprimento normal dos cabos de conexão "standard", novos cabos de conexão com o comprimento adequado deverão ser montados. A resistência elétrica total dos cabos de conexão somada à resistência elétrica das conexões não deverá causar uma queda excessiva da tensão entre a bateria

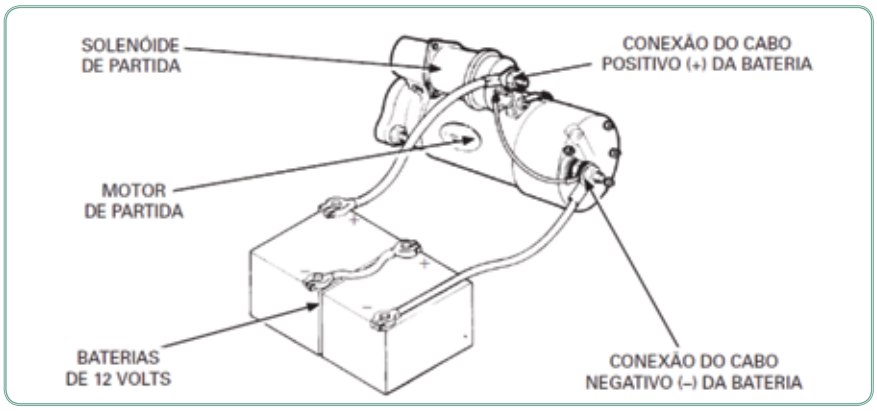

Figura 6 – Diagrama típico de conexões do motor de partida elétrico (24 volts).

e o motor de partida. As recomendações para o motor do grupo gerador são de que a resistência elétrica total do circuito de partida somada à resistência elétrica dos cabos e conexões não ultrapasse 0,00075 ohms para sistemas de 12 volts ou 0,002 ohms para sistemas de 24 volts. Veja o seguinte exemplo de cálculo.

Exemplo de cálculo: um grupo gerador possui um sistema de partida de 24 VCC, alimentado por duas baterias de 12 volts em série (Figura 6). O comprimento total dos cabos é de 375 polegadas (9,52 m), incluindo o cabo entre as baterias. Existem seis conexões de cabos. Calcule a bitola dos cabos necessários como segue:

a. Assuma uma resistência de 0,0002 ohms para o contato da solenóide do motor de partida (RCONTATO).

b. Assuma uma resistência de 0,00001 ohms para cada conexão de cabo (RCONEXÃO), num total de seis.

c. Com base na fórmula que:

• Resistência máxima permitida do cabo

= 0,002 - RCONEXÃO - RCONTATO

= 0,002 – 0,0002 - (6 x 0,00001)

= 0,00174 ohms

d. Veja a Figura 7 para as resistências dos cabos AWG (Bitola Americana de Cabos). Neste exemplo, como mostram as linhas pontilhadas, a menor bitola de cabo que pode ser utilizada é dois cabos 1/0 AWG em paralelo.

2. O segundo fator de indisponibilidade está relacionado às definições ou responsabilidades pela operação / manutenção dos equipamentos. Avaliamos que em locais onde a definição de responsabilidade de operação e manutenção não são claras, aumenta o índice de indisponibilidade. É muito comum identificarmos profissionais sem conhecimentos técnicos, atuando como responsáveis pela operação dos grupos geradores.

Este problema pode ser minimizado ou eliminado, se implementados relatórios diários de operação e manutenção. Também é necessário que as equipes passem por treinamentos de operação para garantir a disponibilidade dos equipamentos, assim como a redução de custos indevidos e a garantia da integridade física dos mesmos. Vide check list (diário, semanal, mensal e anual) no manual de operação e manutenção.

3. O terceiro fator de indisponibilidade detectado está relacionado com qualidade de projeto/instalação. Observamos em nossos estudos índices de indisponibilidade elevados causados por rompimentos de segmentos elásticos, vazamento de combustível nas conexões das tubulações e mangueiras gerando vazamentos durante a parada dos geradores e entrada de ar durante a operação. Baixa qualidade nos cabos de comando, com altas impedâncias e falhas de sinal, utilização de tratamento acústico com materiais de baixa qualidade, que geram risco de indisponibilidade e acidentes, dentre outras falhas de instalação básicas, como a utilização de tubo galvanizado na instalação de combustível.

Subdimensionamento de cabos, tubos e materiais de fixação para redução de custos são identificados como causadores de indisponibilidade e geram elevação de custos, pois podem requerer substituição de peças.

Neste item alertamos que a escolha de empresas de instalação com nível de consciência técnica é de suma importância. Sempre orientamos a contratação de empresas com engenheiros responsáveis técnicos com cadastros nos devidos órgãos (CREA-CONFEA).

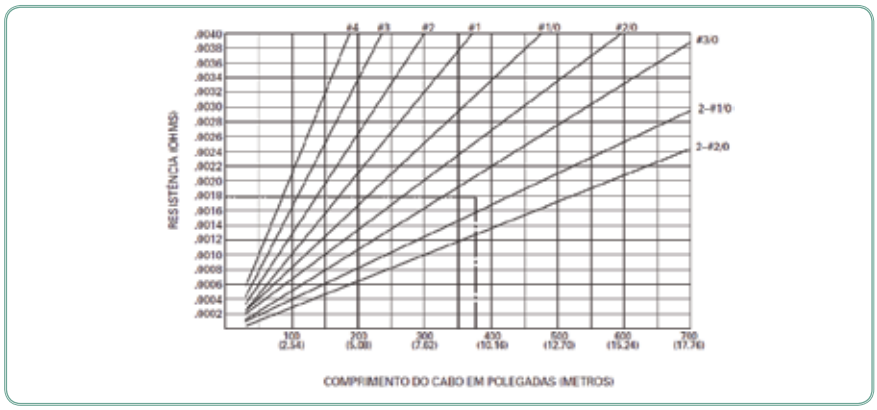

Figura 7 – Resistência elétrica versus comprimento do cabo para diversas bitolas de cabos, conforme a classificação AWG.

Conclusão

Seguindo na íntegra o Manual de Operação e Manutenção, assim como o T30 (Manual de Instalação) do fabricante é possível atingir 100% da disponibilidade dos grupos geradores, como podemos comprovar no trabalho Six Sigma, citado neste artigo.

Referências

http://www.cummins.com/

http://www.cummins.com.br

http://www.abiogas.org.br

Manual de operação e manutenção de Grupos Geradores.

T30 Manual de instalação Cummins.

**Eng. Carlos Alberto Salomão Silami é supervisor de PD&I para América Latina da Cummins Power Generation e membro do Conselho Administrativo da Associação Brasileira de Biogás e Biometano (Abiogás).*

CONTINUA NA PRÓXIMA EDIÇÃO

Acompanhe todos os artigos deste fascículo em www.osetoreletrico.com.br

Dúvidas, sugestões e comentários podem ser encaminhados para redacao@atitudeeditorial.com.br