

MARINHA DO BRASIL
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA - CIAGA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA OFICIAIS DE MÁQUINAS – APMA

PABLO DE FIGUEIREDO FARIAS PAIVA

DIMENSIONAMENTO DE GRUPOS DIESEL GERADORES

RIO DE JANEIRO

2014

PABLO DE FIGUEIREDO FARIAS PAIVA

DIMENSIONAMENTO DE GRUPOS DIESEL GERADORES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Máquinas do Centro de Instrução Almirante Graça Aranha como parte dos requisitos para obtenção de Certificado de Competência Regra III/2 de acordo com a Convenção STCW 78 Emendada.

Orientador: MSc Luiz Otavio Ribeiro Carneiro

RIO DE JANEIRO

2014

PABLO DE FIGUEIREDO FARIAS PAIVA

DIMENSIONAMENTO DE GRUPOS DIESEL GERADORES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Máquinas do Centro de Instrução Almirante Graça Aranha como parte dos requisitos para obtenção de Certificado de Competência Regra III/2 de acordo com a Convenção STCW 78 Emendada.

Data da Aprovação: ____/____/____

Orientador: MSc Luiz Otavio Ribeiro Carneiro

Mestrado em Tecnologia

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: _____

Dedico esse trabalho a todos os professores pela ajuda no conhecimento adquirido bem como na execução plena da minha função a bordo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço especialmente a 1º Tenente Raquel Apolaro pela ajuda na execução desse trabalho assim como o MSc Luiz Otavio Ribeiro Carneiro meu orientador.

“O mundo é um livro, e os que não viajam acabam lendo só uma página.”

Santo Agostinho

RESUMO

Conhecidas as potências, sistemas de partida e características dos motores elétricos, bem como do alternador que se pretende utilizar, é possível calcular a potência necessária em função de uma queda de tensão instantânea admissível, determinada pelos outros equipamentos também alimentados pelo grupo gerador, evitando-se assim os inconvenientes do desarmamento de chaves e disjuntores, piscar de luzes e falhas de equipamentos eletrônicos sensíveis a variações de tensões.

Palavras-chave: Dimensionamento. Potência Mecânica. Potência Elétrica. Diesel Gerador. Fator de Potência.

ABSTRACT

When we know the power, the start system and the electric motor technical features, as well as the alternator what we intend to use, it's possible to calculate the necessary power due to instantaneous voltage drop permissible, determined by the other devices also feed by genset, avoiding the drawbacks of disarming switches and circuit breakers, blink of lights and failure of sensitive electronic variations of the tensions.

Keywords: Sizing. Mechanical Power. Electric Power. Diesel Generator. Power Factor.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Potência Elétrica	12
Figura 2 -	Gerador Síncrono	13
Figura 3 -	Potência Aparente	16
Figura 4 -	Partida Estrela-Triângulo	17
Figura 5 -	Gerador Elementar	25
Figura 6 -	Alternador de Imã Permanente	30
Figura 7 -	Acoplamento	31
Figura 8 -	Acoplamento Elástico	32
Figura 9 -	Alinhamentos	33

SUMÁRIO

1	DEFINIÇÕES: POTÊNCIA MECÂNICA E ELÉTRICA	11
1.1	Grupo Gerador	12
1.2	Determinação de potência	14
1.3	Consumidores elétricos	14
1.4	Fator de simultaneidade	15
1.5	Fator de potência	16
1.6	Tipos de carga	17
1.7	Partida de motores elétricos	18
1.8	Tipos de corrente, tensão e frequência	20
1.9	Exemplos de dimensionamento de geradores	21
1.10	Regime de uso de gerador	22
2	ALTERNADOR	23
2.1	Gerador elementar	23
2.2	Aplicações	25
2.3	Número de fases	26
2.4	Limitações	26
2.5	Tensão, potência e frequência do alternador	27
3	EXCITAÇÃO	28
3.1	Excitação estática	28
3.1.1	Excitação brushless	29
3.1.2	Excitação por ímã permanente	29
4	ACOPLAMENTO	31
4.1	Acoplamento elástico	31
5	ALINHAMENTO	33
5.1	Componentes de supervisão e controle	34
5.2	Rendimento mecânico	36
5.3	Frequência	36
5.4	Vibrações	36
5.5	Níveis de ruído	37
6	CUIDADOS PRINCIPAIS DA OPERAÇÃO	39
6.1	Manutenção preventiva	40

7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

1 DEFINIÇÕES: POTÊNCIA MECÂNICA E POTÊNCIA ELÉTRICA

Quando se fala de potência elétrica, é necessário ter em mente a diferença entre potência aparente e potência ativa. A potência aparente é aquela necessária para que, com determinados valores de tensão e fluxo de corrente, um certo consumidor funcione corretamente. A potência ativa é a potência efetivamente consumida ou transformada pelo mesmo consumidor. A relação entre as duas potências são definidas como fator de potência e conhecida como:

$$\cos \varphi = KW / KVA \text{ ou } KW = KVA * \cos \varphi$$

A potência do grupo Diesel gerador, definida em KVA (potência aparente), esta em relação direta com a potência em HP ou CV do motor diesel. No cálculo para definir a potência do grupo gerador, são consideradas as perdas (rendimento do alternador) e a potência mecânica do motor diesel é convertida diretamente em KW, sabendo-se que 1 HP = 0,7457 KW ou 1 KW = 1,3598 CV e que $KW = KVA * \cos \varphi$. O fator de potência ($\cos \varphi$) é uma função da carga. Universalmente, utiliza-se $\cos \varphi = 0,8$ de acordo com a VDE 0530, para a construção de máquinas elétricas. Atualmente o valor estabelecido como mínimo admitido pelas concessionárias de energia elétrica é de $\cos \varphi = 0,92$. Instalações com fator de potência inferior a 0,92 tem tarifas mais elevadas (multas) pois, para consumir uma determinada quantidade KWh, colocam em circulação uma corrente mais elevada do que a que seria suficiente com um fator de potência mais alto. A corrente elétrica que percorre os circuitos consumidores produz também a potência reativa Indutiva ou Capacitiva.

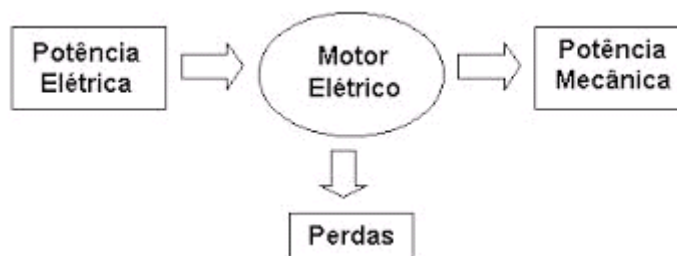
Assim, a potência, em HP do motor diesel, pode ser calculada em função da potência, em KVA, e fator de potência do alternador, pela relação:

$$HP * 0,7457 * \eta = KVA * 0,8, \text{ onde } \eta = \text{rendimento do alternador, ou}$$

$$HP = (1,0728 * KVA) / \eta \text{ (Para o cálculo em CV, basta substituir 0,7457 por 0,7354 resultando: } CV = (1,0878 * KVA) / \eta$$

O rendimento do alternador (η) não é constante e se aproxima do seu valor máximo com a carga entre 80 a 100% da potência máxima. Alternadores pequenos tem rendimento mais baixo do que alternadores maiores (ate 0,93 acima de 250 KVA). Deve ser informado pelo fabricante para cálculos mais seguros. Quando se tratar de cálculos estimativos, pode ser tomado igual 90 % (ou 0,9), que é o valor adotado pelos montadores de grupos geradores em geral.

Figura 1 – Potência Elétrica



Fonte: <http://shockinsano.blogspot.com.br>. Acesso em: 15 set. 2014.

1.1 Grupo gerador

Denominamos grupo Diesel gerador ao conjunto de motor diesel e gerador de corrente alternada, aqui denominado alternador, convenientemente montados, dotado dos componentes de supervisão e controle necessários ao seu funcionamento autônomo e destinado ao suprimento de energia elétrica produzida a partir do consumo de óleo diesel. Em função dos consumidores de energia elétrica a que se destinam, os grupos geradores são construídos com características especiais que se tornam apropriados para diversas aplicações. São muitos os fatores a serem considerados antes da aquisição do equipamento adequado.

Os fornecedores de grupos geradores tendem a padronizar os seus produtos, evitando os fornecimentos especiais sob encomenda, o que na prática é inviável, pois há situações em que alguns requisitos do ambiente e dos consumidores não podem deixar de ser atendidos. É o caso, por exemplo, dos equipamentos de telecomunicações, que necessitam de tensão e frequência sem oscilações, com baixos fatores de interferência, que somente se consegue, em grupos geradores, com alternadores especialmente fabricados para esta finalidade. Outro exemplo: os grupos geradores para uso naval, fabricados sob fiscalização das sociedades classificadoras, que em tudo diferem do que seria considerado um grupo gerador de uso industrial. Outros fatores como nível de ruído, capacidade de operar em paralelo com outro grupo ou com a rede local, tempo de partida, capacidade de partida e parada automática, telemetria e controle remoto, durabilidade estendida de óleo lubrificante, em muitos casos, são exigências inerentes aos consumidores a serem atendidas pelo equipamento. Em todas as situações, uma avaliação criteriosa deve

ser feita como parte do projeto da instalação de um grupo gerador. Na maioria das vezes, o grupo gerador de “prateleira”, oferecido pelo fornecedor não é a melhor solução.

Para o dimensionamento correto do grupo gerador, algumas perguntas devem ser respondidas antecipadamente tais como:

- qual o tipo de carga? (iluminação, motores de indução, fornos, canteiro de obras, retificadores de corrente, equipamentos de telecomunicações?)
- qual o local de serviço? (mar, terra, ambientes com atmosfera explosiva?)
- quais as características do local? (temperatura ambiente dominante, altitude de nível de contaminação do ar por partículas sólidas?)
- qual o regime de operação? (o grupo gerador é a única fonte de energia elétrica? É reserva da rede local ou de outro grupo gerador? Quantas horas de operação por dia?)
- quanto tempo os consumidores podem ficar desligados?
- quais os riscos envolvidos no caso de uma interrupção do fornecimento de energia por defeito no equipamento?

Uma vez definidas as necessidades, é o momento de calcular a potência do grupo gerador.

Figura 2 – Gerador Síncrono

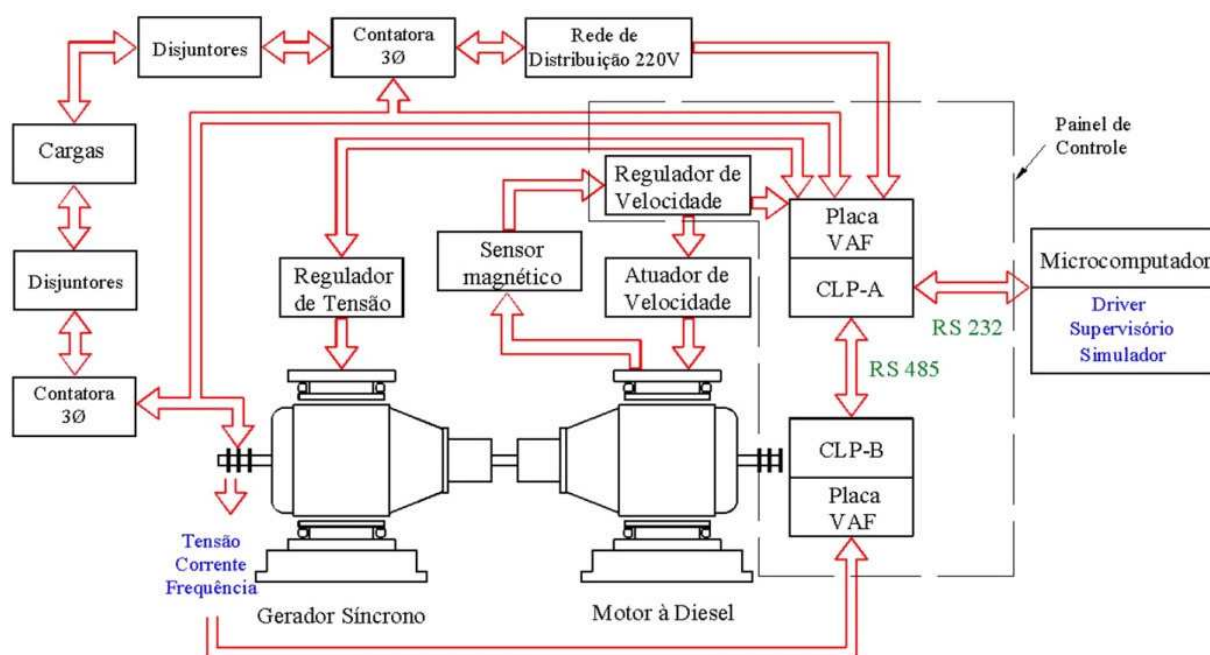


Imagem disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAUHEAJ/comandos-motores-eletricos>. Acesso em: 15 set. 2014.

1.2 Determinação de potência

Depois de definidas as características de aplicação, o mais importante é determinar a potência do grupo gerador. Ao mesmo tempo, deve-se considerar a conveniência da subdivisão da potência total requerida em vários grupos geradores de menor porte. Os fatores determinantes do tamanho do grupo gerador são:

Soma das potências de todos os consumidores. Para grupos geradores de emergência devemos fazer distinção entre consumidores essenciais e consumidores não essenciais e seus respectivos tempos de interrupção admissíveis.

Nem todos os consumidores estão ligados simultaneamente ou atingem, ao mesmo tempo, seu consumo máximo de energia (fator de simultaneidade).

Alguns consumidores absorvem exclusivamente potência ativa enquanto outros absorvem potência aparente (fator de potência = $\cos \varphi$).

Consumidores especiais, por exemplo, com características de carga brusca (golpe), ou requisitos extremos em relação à constância da tensão e frequência, devem ser levados em conta.

O tipo de corrente, tensão e frequência deverão corresponder aos valores nominais da rede pública local.

No caso de condições climáticas especiais no local de instalação (grande altitude, temperaturas e umidade do ar elevadas), o motor e o alternador não poderão apresentar sua potência normal e deverão ter seus valores reduzidos de acordo com as normas DIN 6270 e VDE 0530.

1.3 Consumidores elétricos

Ao se projetar novas instalações, já é calculada a potência requerida para a conexão à rede pública. Para o dimensionamento do grupo gerador de emergência, é necessário conhecer além da potência ativa (KW), também a potência aparente (KVA) ou o fator de potência ($\cos \varphi$) e o fator de simultaneidade.

Durante o projeto de um grupo gerador de emergência para um prédio existente, com consumidores já instalados, a potência ativa (KW) pode ser obtida facilmente quando da leitura do consumo de energia indicado pelo medidor de KWh, quando todos os consumidores essenciais, com direito a suprimento de emergência,

estiverem ligados, sob aplicação da carga, por uma hora. Todavia pode-se proceder também como no projeto de uma instalação nova.

Se os consumidores forem divididos em essenciais e não essenciais, deve-se considerar, já na etapa de projeto, que ambos os tipos de consumidores estarão conectados a barramentos separados.

1.4 Fator de simultaneidade

Este fator indica a percentagem do consumo total de energia instalada que estará em operação ao mesmo tempo. Em geral, não se pressupõe que todos os consumidores existentes estejam ligados simultaneamente. Com uma avaliação lógica do fator de simultaneidade, o grupo gerador diesel pode ser dimensionado com potência menor do que a soma de todos os consumidores potenciais. Todavia a potência nominal do grupo gerador não deverá ser calculada muito abaixo da potência total requerida pelos consumidores, porque após sua instalação, frequentemente anexam outros consumidores. O fator de simultaneidade deve ser avaliado para cada projeto. Deve ser evitada a adoção de um valor muito baixo. Alguns valores práticos para o fator de simultaneidade:

Tabela 1 – Fator de Simultaneidade

Hospitais	0,4 a 0,8
Prédios administrativos	0,8 a 0,9
Grandes shoppings	0,9 a 1,0
Indústrias Químicas	Até 1,0
Hotéis	Até 1,0

<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAUHEAJ/comandos-motores-eletricos>>. Acesso em: 15 set. 2014.

1.5 Fator de potência

Um fator essencial para a determinação da potência do motor diesel e a potência ativa absorvida pelos consumidores. O fator de potência ($\cos \phi$) indica a relação entre potência ativa e a potência aparente.

O fator de potência e sempre determinado pelos consumidores.

Assim, por exemplo, transformadores e motores elétricos representam um quinhão considerável da potência reativa indutiva, enquanto que lâmpadas incandescentes, aquecedores e outras cargas puramente resistivas, absorvem apenas potência ativa. A potência reativa capacitiva não é muito frequente e, em geral, pode ser desprezada. Obtém-se a potência ativa (KW) multiplicando a potência aparente (KVA) pelo fator de potência ($\cos \phi$), como visto anteriormente. O fator de potência de um setor que consiste de vários consumidores distintos, pode ser determinado de maneira segura, estabelecendo-se a soma das potências ativas (KW) e a soma das potências aparentes (KVA). O resultado da divisão da soma dos KW pela soma dos KVA, e o fator de potência do setor considerado.

Com um fator de potência menor, a potência do motor diesel poderá ser reduzida correspondentemente enquanto que com um fator de potência maior, esta deve ser elevada o que será imprescindível levar em conta no projeto.

Figura 3 – Potência Aparente

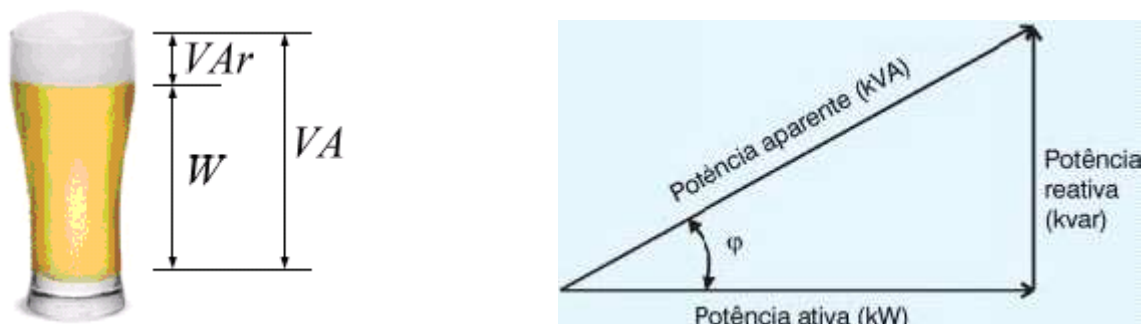


Imagem disponível em: <http://veleirodicasesservicos.blogspot.com.br/>. Acesso em: 15 set. 2014.
Acesso em: 15 set. 2014.

1.6 Tipos de carga

Carga brusca significa a aplicação súbita de uma parte considerável da carga nominal ou ainda a aplicação temporária de sobrecarga.

A aplicação da carga ativa (KW) ocasiona uma queda temporária (dinâmica) da velocidade. Se isto não implicar em carga no motor diesel além da sua potência máxima pré-ajustada de bloqueio, a velocidade subirá novamente até a velocidade nominal, dentro de um tempo de recuperação relativamente breve, dependendo das características do governador utilizado no motor diesel.

Em caso de uma sobrecarga momentânea da potência ativa, pode ser eventualmente compensar o pico de potência por meio de um volante particularmente pesado do motor diesel, não sendo portanto necessário um superdimensionamento do motor e alternador em função de sobrecargas temporárias.

Ao dimensionar o grupo gerador, também é preciso observar se os motores elétricos trifásicos de maior porte são ligados diretamente (partida direta) ou se por meio de dispositivos auxiliares de partida, como chave estrela/triângulo ou compensadora por auto transformador (partida com tensão reduzida). Em caso de partida direta, a corrente de partida poderá superar em até 6 vezes ou mais a corrente nominal, dependendo da construção adotada. Neste caso o alternador pode estar sujeito a uma carga de corrente tão elevada que a tensão atingirá a ruptura. Como consequência disto, os contadores e relês deixam de funcionar e o suprimento de energia é interrompido.

Figura 4 – Partida Estrela-Triângulo

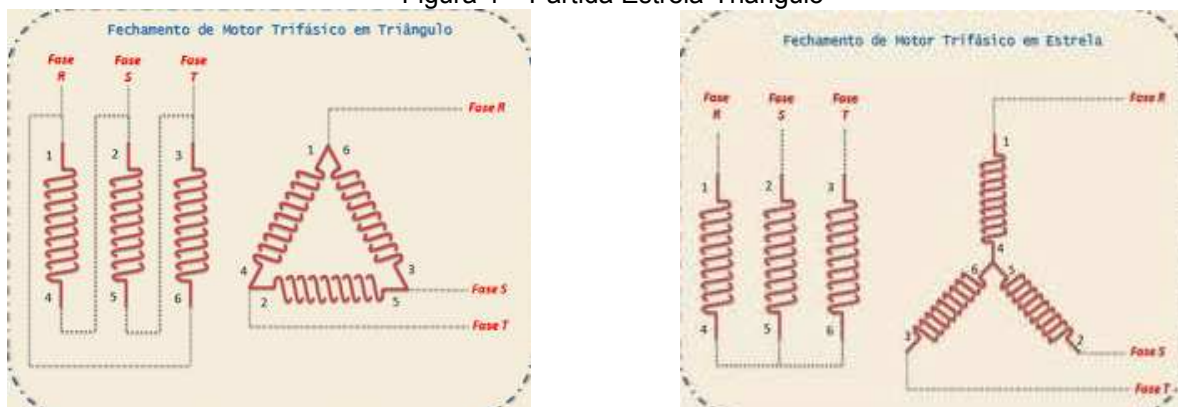


Imagem disponível em: <http://veleirodicaservices.blogspot.com.br/>. Acesso em: 15 set. 2014.
Acesso em: 15 set. 2014.

1.7 Partida de motores de indução

Além da determinação da potência nominal, deve-se observar que a partida de motores assíncronos, sobretudo motores com rotor em curto circuito, resulta em maiores correntes de partida, incrementadas com elevada percentagem de corrente de reativa, que pode superar a 6 vezes a corrente nominal. As altas correntes de partida exigidas pelos motores de rotor em curto-circuito podem ser absorvidas por alternadores superdimensionados ou dotados de sistema especial de excitação.

E recomendável a ligação escalonada dos motores elétricos, iniciando pelos de maior potência.

Os motores elétricos são construídos obedecendo a normas, segundo o uso a que se destinam, que os padronizam conforme definições da NEMA ou da ABNT. (Deverá constar na plaqueta de identificação a letra correspondente ao seu padrão construtivo).

A NEMA define os códigos de letras conforme a tabela abaixo:

Tabela 2 – NEMA

Letra Código	KVA que o motor necessita para a partida direta (por KVA)
A	0,00 a 3,14
B	3,15 a 3,54
C	3,55 a 3,99
D	4,00 a 4,49
E	4,5 a 4,99
F	5,0 a 5,59
G	5,6 a 6,29
H	6,3 a 7,09
J	7,1 a 7,99
K	8,0 a 8,99
L	9,0 a 9,99
M	10 a 11,19
N	11,20 a 12,49
P	12,50 a 13,99
R	14,0 a 15,99
S	16,0 a 17,99
T	18,0 a 19,99
U	20,0 a 22,39
V	22,40

Imagem disponível em: <http://veleirodicaseservicos.blogspot.com.br/>. Acesso em: 15 set. 2014.

Para a ABNT, 5 códigos são definidos, conforme a tabela:

Tabela 3 – Motores com enrolamentos tipo gaiola

Letra Código	Corrente de partida direta (Motores com enrolamento tipo gaiola)
A	Alta até 6 x In
B	Normal 3,8 a 6,0 x In
C	Normal 3,8 a 6,0 x In
D	Normal 3,8 a 6,0 x In
F	Até 4 x In

Imagem disponível em: <http://veleirodicaseservicos.blogspot.com.br/>. Acesso em: 15 set. 2014.

É comum encontrarmos motores com corrente de partida igual a 7 ou 8 vezes a corrente nominal. Porém, para os motores de produção seriada, normalmente encontramos no mercado, a corrente de partida situa-se entre 5,5 e 7 vezes a nominal. São quatro os métodos de partida utilizados no acionamento de motores elétricos de indução.

- a) Partida direta
- b) Com chave estrela triângulo
- c) Com chave compensadora e
- d) com chave estática “soft starter”

Para o primeiro caso, a corrente de partida deveria ser calculada por uma das tabelas acima ou medida durante um ciclo de partida de motor. No segundo caso, a corrente de partida é reduzida para 1/3. Assim, se, por exemplo, a corrente de partida for de 6 x In, com o uso da chave estrela-triângulo ficara reduzida para 2 x In. No terceiro caso, a corrente de partida depende do tipo de chave compensadora.

Dois exemplos podem melhor esclarecer:

- a) com tape de 80%: a corrente será reduzida para $0,8 * 0,8 = 0,64$ ou 64%
 - b) com tape de 65%: a corrente será reduzida para $0,65 * 0,65 = 0,4225$ ou 42,25%
- as chaves de partida de estado sólido fazem as mesmas funções de fornecer corrente reduzida durante o período de partida do motor elétrico, porém a corrente é controlada por meio de SCR's (retificadores controlados de silício). Quando for o caso, observar que a partida com estes dispositivos submete o alternador a uma carga não linear, deformante que poderá introduzir distorções

não suportadas por outros consumidores. Em geral, a redução da corrente de partida adotada é em torno de 50%.

Os motores para acionamento de máquinas centrífugas tais como, por exemplo, bombas e ventiladores, deverão ser projetadas de tal forma que seu torque de partida ainda permaneça acima da curva de torque da máquina acionada, no caso de ligação direta ou estrela triângulo, mesmo durante uma queda momentânea de tensão para 80% da tensão nominal.

Para o acionamento de máquinas alternativas, tais como bomba a pistão e compressores como também agitadores, etc., será sempre necessário um dispositivo de alívio para o período de partida, porque essas máquinas requerem um torque elevado já no início da operação.

1.8 Tipos de corrente – tensão – frequência

Uma rede elétrica é caracterizada pela indicação do tipo de corrente, tensão e frequência. Os grupos geradores diesel adaptados as redes públicas de consumo, para que todos os consumidores possam ser supridos tanto pela rede como pelo grupo gerador.

A tensão de 400 ou 231 V e a tensão de alimentação usual para consumidores de 380 ou 220V. A sobre tensão de 5% servirá para compensar as perdas de energia nas linhas. A corrente contínua, que não sendo considerada neste trabalho, será utilizada tão somente em casos especiais.

Todavia, o suprimento de corrente alternada trifásica é diferente nos diversos países do mundo. Na Europa Ocidental prevalecem redes de corrente trifásicas com 380 / 220 V e frequência de 50 Hz, enquanto que na América do Norte o normal é 60 Hz. Muitos países da América do Sul utilizam 230 / 133 V e 60 Hz. Mas há ainda outras tensões e frequências. O Brasil, até a década de 60, utilizava a frequência de 50 Hz. Atualmente, embora a frequência seja padronizada em 60 Hz, há regiões que utilizam a rede pública em 220 / 127 V e outras em 380 / 220 V, como Brasília, para citar um exemplo. A determinação de tensão e frequência necessárias aos consumidores e, portanto, um fator imprescindível. Enquanto a tensão é importante apenas para o projeto do gerador, a velocidade de rotação do grupo a ser escolhido, dependerá essencialmente da frequência.

1.9 Exemplos de dimensionamento de geradores

A potência a ser consumida de um gerador trifásico se calcula com a seguinte equação:

Referências:

P: potência;

U: tensão entre fases;

I: corrente por cada fase;

Cos φ : fator de potência da carga.

Exemplo 1: se for necessário alimentar uma configuração de cargas monofásicas (lâmpadas incandescentes) que

a-) distribuir as lâmpadas em cada fase equitativamente para obter um consumo total de 100 ampéres por cada fase.

Entre fase e neutro e de 220V

$U = 380V$; $I = 100$; $\text{Cos } \varphi = 1$ (corresponde a lâmpadas incandescentes) – $P[\text{KW}] = 380V * 100A * 1.732 * 1/1000 = 65,81 \text{ KW}$.

Exemplo 2: O gerador alimentará um motor elétrico trifásico.

Neste caso se devem distinguir os dois regimes de carga que os motores elétricos apresentam: o regime transitório de arranque e o regime permanente. Durante o regime permanente, o motor elétrico consumirá seus parâmetros nominais de corrente e potência.

Durante o arranque, considerar que a potência mecânica a ser solicitada pelo motor elétrico para vencer a inércia de seu rotor, será: tipo direto ou outros tipos de arranque.

Exemplo 3: quando se deve alimentar cargas não lineares, tipicamente uma UPS, deve-se ter especial cuidado em obter os seguintes dados da UPS:

- a) Potência
- b) Tensão e corrente nominais
- c) Fator de potência e eficiência
- d) Pulsos do retificador

Para dimensionar o gerador, deve-se considerar que sua potência nominal será pelo menos de 2,5 a 3 vezes superior a da UPS.

1.10 Regime de uso de gerador

Uma vez calculada a potência a ser consumida pelo gerador, deve-se estabelecer o regime de uso do equipamento.

Regime stand by: o gerador será utilizado unicamente em caso de corte da fonte principal de energia.

Regime permanente: o gerador será utilizado como fonte principal de energia, sem limitação na quantidade de horas diárias e com carga variável, tal que a média diária da mesma não supere 70% do pico máximo de potência.

Regime base: o gerador será utilizado como fonte principal de energia, sem limitação na quantidade de horas.

2 ALTERNADOR

Denominamos alternador ao gerador de corrente alternada, assim como denominamos dínamo ao gerador de corrente contínua. Os geradores são máquinas destinadas a converter energia mecânica em energia elétrica. A transformação de energia nos geradores fundamenta-se no princípio físico conhecido como Lei de Lenz. Esta lei afirma que “quando existe indução magnética, a direção da força eletromotriz induzida é tal, que o campo magnético dela resultante tende a parar o movimento que produz a força eletromotriz”.

Os alternadores pertencem a categoria das máquinas síncronas, isto é, máquinas cuja rotação é diretamente relacionada ao número de pólos magnéticos e a frequência da força eletromotriz. Não há, basicamente, diferenças construtivas entre um alternador e um motor síncrono, podendo um substituir o outro sem prejuízo de desempenho. Assim, um alternador quando tem seu eixo acionado por um motor, produz energia elétrica nos terminais e, ao contrário, recebendo energia elétrica nos seus terminais, produz energia mecânica na ponta do eixo com o mesmo rendimento.

A indução magnética ocorre sempre que há movimento relativo entre um condutor e um campo magnético. O gerador elementar, concebido por Michael Faraday em 1831, na Inglaterra e mais ou menos na mesma época por Joseph Henry, nos Estados Unidos, era constituído por uma espira que girava entre pólos de um ímã.

2.1 Gerador elementar

Uma espira de fio girando em um campo magnético forma um gerador elementar que é ligado ao circuito externo por meio de anéis coletores.

A força eletromotriz e a corrente de um gerador elementar mudam de direção cada vez que a espira gira 180°. A tensão de saída deste gerador é alternada. É um alternador.

Faraday estabeleceu, ainda, que os valores instantâneos da força eletromotriz (ou tensão) podiam ser calculados pela relação:

$e = B * l * v * \text{sen}(\theta)$, em que:

e = força eletromotriz;

B = indução do campo magnético;

l = comprimento do condutor;

v = velocidade linear de deslocamento do condutor e

θ = ângulo formado entre B e v

O campo magnético do gerador elementar era constituído por imãs naturais. Para que seja possível controlar tensão e corrente em um alternador, o campo magnético é produzido por imãs artificiais, formados por bobinas alimentadas com corrente contínua suprida por uma fonte externa e controlada por um regulador de tensão. A essa fonte de corrente contínua denominamos excitatriz.

Com muitas espiras, um campo magnético controlado por meio de um dispositivo de excitação com corrente contínua, montados em arranjo conveniente, fabrica-se os alternadores comerciais utilizados nos grupos geradores, bem como os grandes alternadores das usinas hidrelétricas.

Mecanicamente, o alternador é constituído de duas partes principais: um fixa, que é a carcaça, onde se encontram os pés de fixação, e a outra móvel (girante). A parte fixa chamamos estator e a parte móvel chamamos rotor.

Eletricamente, também, são duas partes principais. Uma delas é responsável pelo campo magnético, onde estão localizados os pólos do alternador, que chamamos de campo (ou indutor). A outra parte é onde aparece a força eletromotriz, a qual chamamos de induzido.

O posicionamento do campo do induzido dão origem a dois tipos de máquinas diferentes. Quando o campo está localizado no estator, temos o que chamamos de máquinas de pólos fixos (ou de pólos externos) e, ao contrário, quando o campo se encontra no rotor, temos o que chamamos de máquina de pólos girantes (ou de pólos internos). As máquinas de pólos fixos são pouco utilizadas devido ao inconveniente de necessidade de escovas para retirar a energia gerada. As máquinas de pólos girantes são as mais utilizadas por permitirem a retirada da energia diretamente dos terminais das bobinas.

Segundo o tipo de aplicação, os alternadores são construídos com características especiais para atender os diversos segmentos a que se destinam, com diferenças de forma construtiva, isolamento, refrigeração, acabamento e características elétricas.

Figura 5 – Gerador Elementar

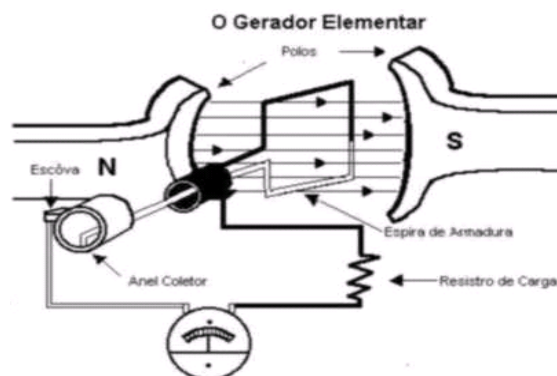


Imagem disponível em: <http://www.electronica-pt.com/>. Acesso em: 15 set. 2014.
Acesso em: 15 set. 2014.

2.2 Aplicações

Alternadores industriais: são os chamados de “máquinas de linha”, destinados a atender a maioria dos consumidores normais.

Alternadores navais: são máquinas construídas para uso naval, com todos os componentes projetados e tratados para resistir a corrosão marinha.

Alternadores marinizados: basicamente são alternadores industriais destinados a serviço em áreas agressivas, recebendo então um tratamento especial em alguns componentes.

Alternadores para telecomunicações: são máquinas especiais, com características determinadas para não causar interferência nas telecomunicações e também para atender ao tipo de carga, que é bastante severa. Em geral, os alternadores destinados a atender equipamentos de telecomunicações alimentam retificadores de alta capacidade que produzem deformações da forma de onda da tensão gerada, o que é levado em consideração no projeto e na construção do alternador especial.

Alternadores a prova de explosão: destinam-se ao serviço em áreas saturadas, principalmente petrolíferas e químicas, onde há risco de materiais inflamáveis, sendo totalmente blindados para impedir que qualquer centelhamento entre em contato com a atmosfera ambiente, tendo por isso um sistema de refrigeração especial, tipo trocador de calor, de modo que ar existente no interior da máquina não é transmitido ao exterior.

2.3 Número de fases

Pode-se ainda distinguir os alternadores segundo o número de fases, que no caso presente são:

Alternadores monofásicos: são aqueles que possuem as bobinas do enrolamento induzido de tal forma que a tensão de saída é obtida em dois pontos terminais.

Alternadores trifásicos: possuem três grupos independentes de bobinas, montadas defasadas em 120° entre si, sendo ligadas de tal maneira que podemos ter três ou quatro pontos de ligação para os consumidores. Em geral, cada grupo independente de bobinas tem duas bobinas separadas, para permitir que, com o fechamento das ligações externas, se obtenha valores diferentes de tensão. O tipo de fechamento normalmente utilizado é o estrela com neutro acessível, onde existe um ponto de ligação para cada fase e mais um ponto denominado neutro, que é constituído pelo fechamento das extremidades das bobinas. A tensão entre os três pontos terminais de cada fase é sempre a mesma, que deve corresponder ao tipo de fechamento escolhido. A tensão medida entre cada fase e neutro é menor, sendo, numericamente, igual ao valor da tensão entre fases dividida pela raiz quadrada de 3. O neutro é para ser ligado ao aterramento da instalação elétrica local.

No sistema trifásico ligado a carga equilibrada não deve haver circulação de corrente pelo condutor neutro, o que na prática resulta muito difícil, razão pela qual, os alternadores chamados industriais são construídos para suportar um desequilíbrio de carga entre fases com máximo de 15%, valor que não deve ser excedido, pois além de provocar funcionamento irregular e diferenças de tensão entre fases, pode danificar o alternador.

2.4 Limitações

O que limita a potência do alternador e a temperatura alcançada pelo enrolamento do induzido. Por isso, são máquinas que sofrem perdas por aquecimento, que pode resultar da temperatura ambiente ou da altitude. Os alternadores de linha normal de produção são fabricados para operar com temperatura ambiente máxima de 40°C e altitude de 1000 m acima do nível do mar.

Para serviço em condições mais adversas, é necessário corrigir para menos a potência do alternador.

2.5 Tensão, potência e frequência do alternador

Nos sistemas trifásicos, a tensão entre fases é determinada pelas ligações de fechamento que forem executadas. Normalmente os alternadores são fornecidos com 12 terminais de bobinas do induzido para serem ligados de forma a gerar tensão em 220/127 V, 380/220 V ou 440/254 V. A tensão entre fase e neutro é o quociente da divisão da tensão entre fases pela raiz quadrada de 3. Os diferentes valores possíveis de tensão são o resultado do arranjo das bobinas, que são construídas em grupos, resultando para cada fase um conjunto de 2 bobinas que podem ser ligadas.

3 EXCITAÇÃO

Para induzir a força eletromotriz necessitamos de um circuito magnético – o campo do alternador. Em máquinas de pequeno porte podemos formar o campo por meio de ímãs permanentes naturais, mas normalmente isto é feito por meios eletromagnéticos, ao alimentar as bobinas que constituem os pólos, com corrente contínua. Isto se denomina excitar a máquina, por meio de uma fonte de corrente contínua denominada excitatriz.

Para manter constante a tensão de saída do alternador, é necessário regular o sistema de excitação, pois é a intensidade do campo magnético quem determina esse valor. Portanto necessitamos de um regulador de tensão, que é o elemento capaz de sentir as variações de tensão de saída do alternador e atuar diretamente na excitatriz para que esta aumente ou diminua o fluxo de corrente no campo magnético, mantendo constante a tensão para qualquer solicitação de carga.

Quanto a forma construtiva, duas são as configurações básicas para o sistema de excitação do alternador. Excitação dinâmica e excitação estática. O primeiro denominado excitação dinâmica, é montado no próprio eixo do alternador. O segundo denominado excitação estática, é constituído por um retificador de corrente que utiliza a própria energia gerada pelo alternador para alimentar o campo com corrente retificada. Um circuito eletrônico acoplado ao retificador faz a função de regulador de tensão, abrindo ou fechando o gate de um tiristor.

3.1 Excitação estática

No sistema de excitação estática, a corrente que alimenta o campo do alternador é retificada e controlada por uma excitatriz eletrônica. A condução da corrente se faz por meio de um par de anéis com escovas montada no eixo do alternador. Como utiliza a tensão gerada pelo alternador, necessita de um mínimo de tensão inicial, gerada pelo magnetismo remanescente do alternador durante a partida, para iniciar o processo de retificação e alimentação do campo. Este processo de início de geração é denominado escorva do alternador.

O sistema de excitação estática tem resposta de regulação mais rápida do que o sistema da excitação dinâmica, uma vez que o regulador atua diretamente no campo do alternador, o que lhe proporciona maior capacidade de partir motores

elétricos de indução. Entretanto, como o fluxo de corrente é controlado por pulsos dos tiristores, introduz deformações na forma de onda da tensão gerada, o que o torna contra indicado para alternadores que alimentem equipamentos sensíveis.

3.1.1 Excitação *Brushless*

No sistema de excitação dinâmica utiliza-se um gerador de corrente contínua, montado no próprio eixo do alternador. O campo deste gerador é alimentado por um regulador externo que, modernamente, é eletrônico semelhante ao empregado na excitação estática. Nos alternadores antigos este gerador de corrente contínua era um dínamo, com escovas e coletor de lâminas de cobre. Atualmente utiliza-se um pequeno alternador de pólos fixos, cuja a corrente alternada gerada no induzido rotativo é retificada por uma ponte retificadora de onda completa, também girante, que transfere a corrente retificadora diretamente ao campo do alternador, sem a necessidade de escovas. Este sistema é denominado brushless e é largamente utilizado.

3.1.2 Excitação por imã permanente

Sistema de excitação por magneto ou imã permanente, também conhecido por excitação PMG, abreviatura da denominação em inglês de Permanent Magnet Generator. Trata-se de um sistema de excitação onde uma excitatriz auxiliar, constituída por um campo magnético constante produzido por uma peça magnetizada antes da montagem, a qual funciona como indutor girando no interior de um rolamento fixo, este trabalhando como induzido.

Neste tipo de alternador, a energia fornecida ao campo da excitatriz (campo fixo) e proveniente do PMG é independente da energia fornecida a carga. Constitui-se portanto, num sistema de excitação independente. Os valores de tensão nos terminais do alternador que alimentam a carga, são usados apenas como referência, opcionalmente através de um transformador de potencial, podendo ser monitorados em duas ou três fases, também opcionalmente, em função do projeto adotado pelo fabricante.

O regulador automático de tensão AVR difere do regulador de tensão utilizado num alternador convencional, auto-excitado, na medida em que não supre o campo

da excitatriz com a mesma energia que alimenta os consumidores. Isto é particularmente vantajoso nas aplicações onde o alternador aciona grandes motores elétricos porque possibilita a manutenção de valores elevados de corrente durante a partida destes motores, sem as grandes quedas de tensão que se verificam nos alternadores que não utilizam excitação independente. Também oferecem melhor desempenho do alternador quando alimentando cargas não lineares, tais como motores de corrente contínua alimentados por tiristores, motores de corrente alternada com chaves de partida “soft start” ou sistemas UPS (uninterruptible power supply) também conhecidos “no breaks” estáticos. É a opção desejável para todos os casos onde se requer melhor qualidade da energia gerada.

O regulador de tensão (AVR) compara a tensão de saída do alternador com o padrão ajustado no potenciômetro de ajuste de tensão e efetua as correções atuando no campo da excitatriz.

Figura 6 – Alternador de Imã Permanente

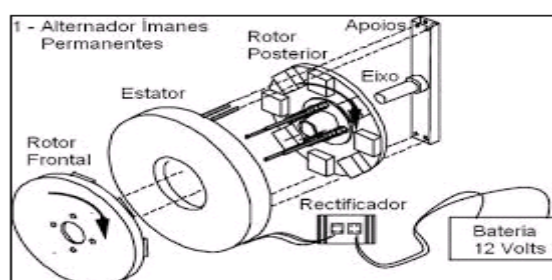


Imagem disponível em: <http://www.electronica-pt.com/>. Acesso em: 15 set. 2014.

4 ACOPLAMENTO

A ligação entre eixos do alternador e do motor Diesel se faz por meio de um acoplamento elástico capaz de absorver pequenos desalinhamentos radiais e axiais, bem como as vibrações provenientes das variações de carga e do desbalanceamento admitido das massas girantes. O alinhamento dos centros dos eixos é essencial para o bom funcionamento do equipamento, na medida que não introduza vibrações e desgaste prematuro dos rolamentos do alternador e dos mancais do motor diesel. Existem muitos tipos de acoplamentos disponíveis no mercado destinados a montagem de alternadores em motores diesel. O mais frequentemente encontrado é o tipo Elco, por ser de menor custo e montagem simples, é constituído por 6, 8 ou 12 mangas de borracha sobre pinos de aço instalados numa das metades do acoplamento, que se encaixam em furos existentes na segunda metade.

Figura 7 – Acoplamento

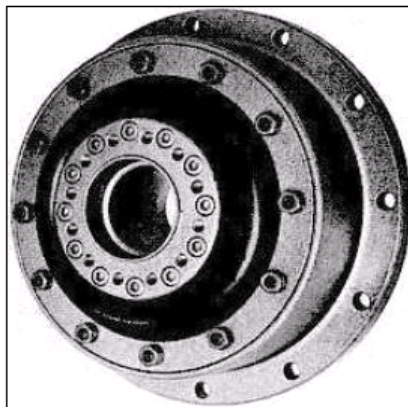


Imagem disponível em: <http://www.electronica-pt.com/>. Acesso em: 15 set. 2014.

4.1 Acoplamento elástico

Em virtude da grande elasticidade dos elementos flexíveis, os acoplamentos elásticos proporcionam boa absorção das irregularidades de montagem nivelando grandes diferenças de alinhamento radial, axial e angular e são isentos de manutenção. A fixação rígida dos elementos flexíveis pelas partes metálicas do acoplamento e das partes metálicas deste com os conjuntos agregados elimina todo e qualquer atrito causador de folgas e desgaste, evitando assim ajustes periódicos.

Os alternadores modernos são dotados de carcaça padrão SAE, que permite montagem monobloco, garantindo a manutenção do alinhamento entre eixos das máquinas após a montagem. Entretanto, na primeira montagem é necessário conferir a concentricidade dos eixos em relação as suas respectivas carcaças, com um micro comparador, para se assegurar que não haverá desalinhamento.

Nas montagens diretas, sem carcaças padronizadas, o alinhamento necessita ser feito criteriosamente e conferido após a fixação definitiva das máquinas.

Embora os acoplamentos elásticos permitam desvios relativos, é todavia aconselhável procurar obter o máximo alinhamento possível. Isto prolongara a vida útil do acoplamento. Os valores de tolerância deverão ser informados pelo fabricante do acoplamento.

Figura 8 – Acoplamento Elástico



Imagem disponível em: <http://www.electronica-pt.com/>. Acesso em: 15 set. 2014.

5 ALINHAMENTO

Ao montar um acoplamento, é necessário certificar-se que o mesmo não interfere na folga axial da árvore de manivelas do motor Diesel. Os acoplamentos de duas metades separadas estabelecem uma distância a ser mantida entre as faces das duas metades após a montagem, que precisa ser observada. As extremidades dos eixos das máquinas necessitam guardar alguma distância entre si, para não interferir na folga axial.

O conjunto motor-alternador é montado sobre uma base metálica rígida, construída com perfilados laminados de aço ou chapa dobrada, capaz de suportar o funcionamento do motor diesel sem sofrer deformações, assegurando o posicionamento das máquinas de forma a permitir livre acesso aos componentes para manutenção e deve dispor de um ponto de ligação ao aterramento geral da subestação local.

Quanto a montagem e do tipo monobloco, o conjunto motor-gerador é assentado sobre coxins de borracha. Neste caso, uma ligação de aterramento entre o conjunto e a base deve ser prevista.

Figura 9 – Alinhamentos

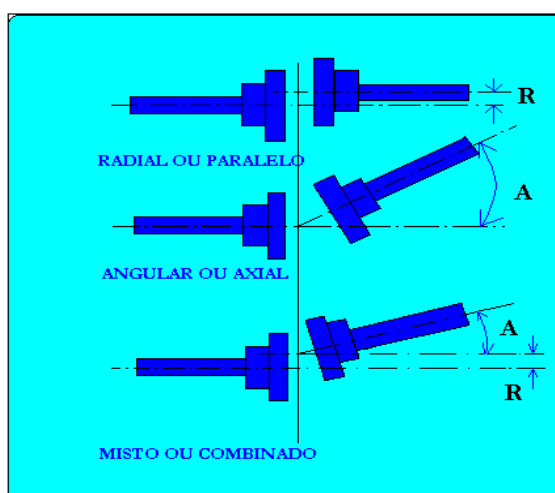


Imagem disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAABPegAC/fator-potencia>. Acesso em: 15 set. 2014.

5.1 Componentes de supervisão e controle

Os grupos diesel geradores, trabalham sem a supervisão constante dos operadores fornecendo energia elétrica aos consumidores e automaticamente corrigindo a tensão e a frequência fornecidas. A pressão do óleo lubrificante, a temperatura da água de refrigeração sendo reguladas pelas válvulas reguladoras de pressão e termostática. Se ocorrer uma deficiência de funcionamento nos sistemas de lubrificação ou refrigeração, o motor diesel poderá sofrer sérias avarias antes que seja possível uma intervenção do operador. Para prevenir estas falhas, os motores diesel para aplicação em grupos geradores são dotados de sistema de proteção, que, dependendo das especificações do cliente, incluem:

- a) Pressostato de óleo lubrificante: tem a finalidade de comandar a parada do motor diesel quando a pressão de óleo lubrificante cai abaixo de um valor predeterminado. Em algumas aplicações, utilizam-se dois pressostatos (ou sensores de pressão) sendo um para alarme, quando a pressão de óleo atinge determinado valor e o outro para comandar a parada, calibrado para um valor imediatamente abaixo.
- b) termostato para água de refrigeração: com função idêntica a acima, também em algumas aplicações, são utilizados dois sensores, para atuarem quando a temperatura do meio refrigerante ultrapassa valores predeterminados.
- c) sensor de sobre velocidade: para comandar a parada do motor diesel quando a velocidade de rotação ultrapassa valores predeterminados, (geralmente 20% acima da rotação nominal). Em algumas aplicações, onde há o risco de aspiração de gases inflamáveis, o sensor de sobre velocidade é interligado a um dispositivo de corte de ar de admissão, para parar o motor por abafamento, além do corte de combustível.
- d) sensor de nível do líquido de refrigeração: na maioria dos casos utilizado para acionar um dispositivo de alarme, indicando a necessidade de completar o nível do sistema de refrigeração.
- e) rele taquitérmico: tem a finalidade de desligar o motor de partida quando a rotação do motor diesel ultrapassa determinado valor, em geral 500 rpm. Em muitos casos, esta função é também inerente ao sensor de sobre velocidade, quando este permite o controle de mais que uma faixa de operação. Este dispositivo impede acionar o motor de partida com o motor funcionando.

- f) sensor de ruptura da correia: em algumas aplicações, é exigido que a parada do motor diesel seja comandada antes da temperatura da água se elevar, no caso de ruptura da correia da bomba d'água.
- g) sensor de frequência: pode ser utilizado para supervisionar tanto a frequência do grupo gerador quanto da rede local. Nos grupos geradores equipados com sistema de partida automática, comanda o desligamento da rede local e aciona a partida automática do grupo gerador, ou vice-versa, comanda a parada do grupo gerador e transfere a carga para a rede local quando há anormalidade na frequência do alternador.
- h) sensores de tensão da rede e do grupo: atuam como no caso dos sensores de frequência, comandando a partida e a parada, conforme o caso.
- i) painel local de instrumentos: para avaliar a performance do motor diesel, um painel de instrumentos dotado de manômetros para o óleo lubrificante, termômetro para o sistema de refrigeração, chave de partida, comando de parada manual, indicador de carga de baterias e outros instrumentos tais como o voltímetro e amperímetro para a bateria, tacômetro, termômetro para o óleo lubrificante e horímetro, conforme o caso, é instalado junto ao motor diesel. Em algumas aplicações, componentes do governador eletrônico de rotações também são instalados no painel local.
- j) quadro de comando: abriga os componentes elétricos afetos ao alternador, rede local e as cargas, conforme o caso. Normalmente é dotado de uma chave seccionadora com fusíveis ou disjuntor para a entrada dos cabos provenientes do alternador, voltímetro, frequencímetro, amperímetro, chave seletora de voltímetro (para selecionar as fases cujas tensões se quer medir), regulador automático de tensão do alternador e demais componentes elétricos, tais como partida automática, sensores de tensão e frequência, chaves de transferência automática de carga, interface para comunicação e transmissão de dados, carregador/flutuador de baterias, voltímetro e amperímetro do sistema de excitação ou outros instrumentos conforme requerido para aplicação.

5.2 Rendimento mecânico do alternador

O rendimento do alternador é definido em termos percentuais pela relação entre a potência elétrica por ele fornecida aos consumidores e a potência mecânica absorvida do motor acionador. É sempre menor que 1.

$$\eta = \text{KW (elet)} / \text{KW (mec)}$$

O rendimento do alternador (η) não é constante e se aproxima do seu valor máximo com a carga entre 80 e 100% da potência máxima. Alternadores pequenos tem rendimento mais baixo do que alternadores maiores (até 0,93 acima de 250 KVA). Deve ser informado pelo fabricante para cálculos mais seguros. Quando se tratar de cálculos estimativos, pode ser tomado igual a 90% (ou 0,9), que é o valor adotado pelos montadores de grupos geradores, em geral.

5.3 Frequência

O cálculo de frequência é dado pela seguinte fórmula:

$$F = N * N_p / 120$$

O alternador é uma máquina síncrona e que sua velocidade de rotação e frequência estão relacionados com o numero de pólos. Sendo f = frequência (em Hz); N = velocidade de rotação (em rpm) e N_p = numero de pólos, temos que:

Assim, um alternador de 60 Hz que trabalha a 1800 rpm, tem:

$60 = (1800 * N_p) / 120$ então $N_p = 4$ pólos. Analogamente, um alternador de 6 pólos, para gerar tensão em 60 Hz, precisa girar a: $60 = (N * 6) / 120$ então $N = 1200$ rpm. Um alternador especial para aeroportos, que necessita gerar tensão na frequência de 400 Hz trabalhando a 2000 rpm, necessita de: $400 = (2000 * N_p) / 120$ então $N_p = 24$ pólos.

5.4 Vibrações

Um motor Diesel de 4 tempos e 6 cilindros, por exemplo, trabalhando a 1800 rpm, terá 3 tempos motor a cada volta completa da árvore de manivelas. Estes impulsos, para efeito de cálculos de frequência, são chamados excitadores principais, e sua frequência é $\Omega_x = 3 * 1800 * (2\pi / 60)$. A frequência natural ou própria do sistema (ω_e) é uma composição de harmônicos e sub harmônicos

resultante dos movimentos das massas. Quando ocorre a igualdade das frequências dos excitadores principais com a frequência natural ($\Omega_x = \omega_e$), acontece o que se conhece como ressonância, com todas as manifestações perigosas que costumam acompanhá-las. A velocidade em que $\Omega_x = \omega_e$ é conhecida como velocidade crítica. Nos grupos geradores modernos, esta velocidade está abaixo de 1000 rpm.

Para evitar que vibrações indesejáveis sejam transmitidas às edificações, entre a base e o piso de apoio são utilizados amortecedores de borracha ou de molas, que devem ser adquiridos juntamente com o equipamento, pois no caso de molas, estas são calculadas pelo fabricante em função de peso e frequência de trabalho.

É possível que, em determinadas aplicações, seja necessário conhecer a frequência natural de algum componente do ambiente da instalação, para saber dos riscos de ressonância com a frequência dos excitadores principais do grupo gerador.

Havendo necessidade de estudos mais profundos, pode-se solicitar ao fabricante do motor mediante pagamento, um cálculo de vibrações torcionais para um determinado acoplamento.

Ha casos em que o grupo gerador foi fabricado sob encomenda e o acoplamento empregado foi objeto de estudo e cálculo de vibrações torcionais, como, por exemplo, um grupo gerador de uso naval classificado. Quando for este o caso, a substituição do acoplamento, se necessária, somente deverá ser feita por outro idêntico.

5.5 Níveis de ruído

São quatro as fontes de ruído no grupo Diesel – gerador

- a) Ruídos mecânicos: nas variações rápidas de pressão as frequências próprias são levadas ao encontro da velocidade de deformação dos componentes sujeitos a essas pressões. Os excitadores mais importantes são as engrenagens de distribuição dos movimentos, as válvulas e seus mecanismos de acionamento, os êmbolos, a bomba injetora, os mancais da árvore de manivelas (ao suportar oscilações críticas), a reverberação da base e de pontos de contato e, ainda, as provenientes das forças de inércia livres do acionamento da árvore de manivelas, que excitam as partes do motor ou são transmitidas à base ou chassis.

- b) Ruídos da combustão: são causados pelo rápido aumento da pressão na câmara de combustão ou vibrações de pressão provocadas por combustão anômala (batidas, etc.). A frequência é de 0,5 até 2,5 KHz no primeiro caso ou 5 até 10 KHz no segundo. Estes ruídos se tornam mais desagradáveis quando os ruídos mecânicos são atenuados.
- c) Ruídos por variação de carga: são provocados pela pulsação do fluxo no sistema de sucção e descarga. Os amortecedores de ruído não oferecem muita resistência ao fluxo contínuo mas amortecem os picos das pulsações. O filtro de ar amortece os pulsos de admissão e o silencioso escape amortece os pulsos da descarga dos gases. As restrições máximas admissíveis são de 200mm de coluna d'água para o filtro de ar e de 1500 mm de coluna d'água para o silencioso de escape (motores de aspiração natural). O silencioso deve ter volume de 4 a 6 vezes a cilindrada do motor. Para motores turbos alimentados a restrição máxima da descarga não deve ultrapassar 400 mm de coluna d'água.
- d) Ruído dos ventiladores ou ventoinhas: o ventilador do alternador, aliado ao movimento do rotor, bem como o ventilador do radiador do motor Diesel e, ainda, nos motores turbos-alimentados, o ruído dos rotores do turbo-alimentador, que se aguçam com o aumento da carga.

O nível de ruído, a sete metros de distância do grupo gerador, chega a 95 dB. Os recursos disponíveis para amortecimento desses ruídos são poucos, dada a dificuldade de se lidar com uma gama de frequências e intensidade variadas. A solução mais adotada é o enclausuramento do equipamento em contêiner com as paredes revestidas com material atenuador, o que possibilita uma redução do nível de ruído para até 75 dB. Esta providência implica no dimensionamento adequado das passagens para o fluxo de ar de alimentação do motor Diesel e para a refrigeração do radiador e do alternador, para não incorrer em perda de potência ou possibilidade de superaquecimento.

Quando a aplicação assim o exigir, podem ser adquiridos grupos geradores silenciados montados em contêineres com tratamento acústico para níveis de ruído abaixo de 75 dB.

A regulamentação quanto a níveis de ruído em áreas urbanas e da competência das prefeituras locais que, na maioria das cidades brasileiras, adotam o que estabelece a norma ABNT NBR10151 – Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade.

6 CUIDADOS PRINCIPAIS DE OPERAÇÃO

Manter registro das horas de operação e consumo de água, combustível e óleo lubrificante, bem como das intervenções de manutenção e/ou reparos.

Quando for necessário fazer solda elétrica na base ou local próximo ao grupo gerador desligar os cabos entre as baterias e o alternador de carga das mesmas, para preservar os diodos retificadores do regulador.

Não operar o grupo gerador em marcha lenta a menos que o mesmo seja provido de um dispositivo para desligar o regulador automático de tensão do alternador (ou a excitatriz estática, quando for o caso) durante os períodos de operação em marcha lenta. Como a regulação da tensão independente da frequência, com o motor trabalhando em rotação baixa, o regulador automático de tensão irá suprir corrente de excitação a valores que poderão danificar os seus circuitos.

Não se deve para o motor imediatamente após um período de operação sob carga, pois o calor armazenado nas massas de ferro provocará ebulição da água em volta das camisas e nas passagens do cabeçote, se o fluxo for interrompido repentinamente. Nos grupos geradores com sistema de partida e parada automáticas este tempo de trabalho em vazio deve ser ajustado para 3 a 5 minutos. Nos motores turbos alimentados, este procedimento é particularmente importante para evitar que turbo alimentador permaneça girando sem lubrificação após a parada do motor.

Diariamente é necessário verificar os níveis de óleo lubrificante e de água do radiador.

Não permitir que o motor trabalhe sem a tampa do radiador ou do tanque de expansão conforme o caso. Quando as vedações das tampas se danificam, e necessário substituí-las por novas. A ausência de pressão no sistema de refrigeração do motor propicia cavitação nas camisas dos cilindros, podendo danificá-las com poucas horas de serviço.

Ao dar partida, não acionar o motor de partida por mais de 30 segundos continuamente. Após cada período de 30 segundos de acionamento, aguardar de 3 a 5 minutos para tentar nova partida. Este procedimento é necessário para preservar o motor de partida, uma vez que a temperatura do enrolamento do mesmo se eleva rapidamente quando em serviço.

Na medida do possível, manter sempre cheio o tanque de combustível.

Diariamente inspecionar o equipamento quanto a vazamentos de combustível, lubrificante ou água de refrigeração. Se constatar alguma irregularidade, providenciar correção antes de utilizar o grupo gerador.

Não deixar o grupo gerador funcionar por longos períodos. Acioná-lo, no mínimo, durante meia hora sob carga uma vez por semana.

Drenar diariamente os sedimentos do tanque de combustível e do filtro separador de água.

Quando o grupo gerador tem como consumidores diversos motores elétricos, observar que primeiro deve-se partir os motores de maior potência.

Não operar o grupo gerador com baixa pressão de óleo lubrificante, temperatura da água de refrigeração alta, ruído anormal, excesso de fumaça ou vazamentos nos sistemas de refrigeração, lubrificação ou de combustível.

Grupos geradores equipados com sistema de partida automática podem ser acionados por uma interrupção no fornecimento de energia elétrica a qualquer momento. Portanto, quando ligados nesta condição, devem estar abastecidos de água, combustível e óleo lubrificante bem como sem nada nas proximidades que possa interferir com o seu funcionamento.

6.1 Manutenção preventiva

Em primeiro lugar, atentar para as recomendações do fabricante, contidas na documentação técnica fornecida.

O grupo gerador não deve ser visto como um equipamento isolado mas, sim como item principal do sistema alternativo de abastecimento de energia elétrica, que, como um todo merece atenções específicas, dependendo de cada instalação.

Em linhas gerais, o grupo gerador, além dos cuidados diários de operação, exige pouca manutenção.

Os fabricantes recomendam, primordialmente:

- a) Efetuar as trocas de óleo lubrificante e filtros. Utilizar óleo e filtros adequados e, se possível, de boa qualidade;
- b) Inspeção diária quanto a vazamentos de óleo lubrificante, água e combustível;
- c) Antes de colocar o grupo gerador em serviço, verificar níveis de água do radiador e de óleo lubrificante;

- d) Durante o funcionamento do grupo gerador observar se ha ruídos anormais;
- e) Drenar diariamente o sistema de combustível (tanque e filtros, para evitar o acúmulo de água que possa danificar os componentes do sistema de injeção);
- f) Limpeza e substituição dos elementos de filtro de ar;
- g) Limpeza do radiador e troca da água de refrigeração, nos períodos recomendados;
- h) Regulagem das folgas de válvulas;
- i) Inspeção da tensão das correias e ajuste quando necessário;
- j) Revisão do turbo alimentador, com substituições das vedações internas e balanceamento dinâmico dos rotores;
- k) Medir a resistência de isolamento do alternador. Se necessário, fazer a secagem das bobinas;
- l) Lubrificar os rolamentos do alternador;
- m) Reapertar cabos e conectores elétricos;
- n) Substituir mangueiras ressecadas;
- o) Completar o nível do eletrólito das baterias;
- p) Manter os bornes de baterias untados com vaselina neutra, para evitar a formação de crostas de óxidos;
- q) Revisar bomba e bicos injetores;
- r) Inspeccionar o amortecedor de vibrações.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conhecidas as potências, sistemas de partida e características dos motores elétricos, bem como do alternador que se pretenda utilizar, é possível calcular a potência necessária em função de uma queda de tensão instantânea admissível, determinada pelos outros equipamentos também alimentados pelo grupo gerador, evitando-se assim os inconvenientes de desarmamento de chaves e disjuntores, piscar de luzes e falhas de equipamentos eletrônicos sensíveis a variações de tensões.

No caso dos alternadores trifásicos, a corrente nominal pode ser ligada quando acontece a partida de motores elétricos trifásicos, sem que haja uma queda de tensão superior a aproximadamente 18%. Aumentando-se a corrente de partida em mais de 25% da corrente nominal do alternador, deve-se contar com mais uma queda de tensão da ordem de 4%.

Isto significa que a um alternador em vazio podem ser ligados diretamente motores elétricos até uma ordem de grandeza de aproximadamente 20% da sua capacidade nominal sem que o motor Diesel sofra uma queda de velocidade anormal nem que haja queda de tensão transitória do alternador além de 20% entre 0,1 e 0,5 segundos.

Quando se necessita partir motores cuja corrente de partida ultrapassa os limites relacionados acima, é necessário estabelecer o limite de queda de tensão admissível pelos demais consumidores.

Em resumo, para um projeto normal de grupo gerador, a sua potência ativa não deverá exceder a sua potência máxima admissível do motor Diesel (levando-se em conta o rendimento do alternador). A corrente de partida de motores elétricos trifásicos não deverá (inclusive a carga inicial do alternador) ser superior a 1,2 vezes a corrente nominal do alternador.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACIONAMENTOS Elétricos e Dimensionamento de Condutores. Disponível em: <<http://shockinsano.blogspot.com.br/>>. Acesso em: 15 set. 2014.

APOSTILA de Comandos Elétricos. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAUHEAJ/comandos-motores-eletricos>>. Acesso em: 15 set. 2014.

aLINHAMENTO do Motor – Eixo. Disponível em: <<http://veleirodicaseservicos.blogspot.com.br/>>. Acesso em: 15 set. 2014.

ELETRICIDADE – Eletrônica. Disponível em: <<http://www.electronica-pt.com/>>. Acesso em: 15 set. 2014.

EXPERIMENTO para demonstração de cálculo de correção de potência. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABPegAC/fator-potencia>>. Acesso em: 15 set. 2014.

FATOR de Potência. Disponível em: <<http://fasorenergia.wordpress.com/fattor-de-potencia/>>. Acesso em: 15 set. 2014.

MOTORES Diesel e Grupos Geradores. Disponível em: <http://www.joseclaudio.eng.br/geradores/motores_geradores.html>. Acesso em: 15 set. 2014.

PLATAFORMA Experimental para estudo de sistemas de geração distribuída. Disponível em: <<http://www.ece.ufrgs.br/~gmasp/plataforma.html>>. Acesso em: 15 set. 2014.