



Capítulo II

Classificação das instalações elétricas em ambiente hospitalar de acordo com a confiabilidade e disponibilidade do fornecimento de energia

Por Angelo Baggini, Francesco Buratti e Matteo Granziero | Leonardo Energy* Tradução de Antonino Di Marco

Distúrbios elétricos comuns podem causar um mau funcionamento de equipamentos médicos de alta tecnologia. Como equipamentos médicos são muitas vezes conectados a pacientes vulneráveis, esse mau funcionamento pode facilmente resultar em problemas sérios.

Os padrões internacionais para instalações médicas se concentram principalmente na segurança, em particular, na proteção contra o contato indireto. Por exemplo, a norma IEC 60364-7-710 classifica locais para uso médico em três grupos – 0, 1 e 2 – com base no tipo de contato entre as partes aplicadas e o paciente.

Atualmente, as exigências que definem a disponibilidade do suprimento, a confiabilidade do suprimento e a resistência da infraestrutura de suprimento de energia às perturbações são meramente qualitativas. Há necessidade de uma definição universalmente aceita destes três parâmetros. Para garantir o nível de desempenho correto das instalações elétricas em unidades de saúde, tanto a segurança do abastecimento quanto a qualidade da oferta devem ser consideradas com igual importância.

A segurança do paciente é a razão principal para minimizar o mau funcionamento do equipamento e suas consequências. Mas os administradores dos serviços de saúde também precisam considerar os aspectos econômicos. Distúrbios elétricos podem resultar em testes de diagnóstico que necessitam ser repetidos, um aumento do desperdício de suprimentos médicos e/ou de serviços caros de reparos. Um estudo recente realizado por Leonardo Energy para avaliar os custos relacionados a problemas de qualidade de energia concluiu que fontes de alimentação inadequadas podem aumentar consideravelmente os custos operacionais de um hospital.

Além dos custos relacionados com a mão de obra e os reparos de equipamentos, existe a perda da qualidade de vida de um paciente, a qual é impossível de quantificar em termos monetários. Muitas vezes, equipamentos médicos incorporam fontes de alimentação eletrônicas sensíveis e microprocessadores. Além de aspectos de segurança, o mau funcionamento pode resultar em desconforto para o paciente e em diagnósticos errados.

Por meio de entrevistas diretas realizadas pelos autores deste trabalho verifica-se que as normas técnicas atuais são consideradas — quase por unanimidade — como sendo insuficientes para garantir a segurança, a confiabilidade e a disponibilidade dos





suprimentos de energia elétrica. Depois de definir as necessidades reais do usuário e analisando os resultados da entrevista, a classificação IEC de locais para uso médico foi estendida para incluir os seguintes aspectos:

- Disponibilidade, robustez e confiabilidade do fornecimento (como, por exemplo, a qualidade do fornecimento);
- A qualidade de vida do paciente.

Esta nova abordagem tem como objetivo fornecer aos tomadores de decisão uma ferramenta eficaz para a especificação de instalações elétricas em hospitais. A combinação dos aspectos de segurança com os requisitos de qualidade de energia reduz os custos operacionais e melhora a qualidade de vida do paciente.

Objetivo deste trabalho

O projeto de instalações elétricas para hospitais aumenta em complexidade com o tamanho e o nível de atendimento prestado pela instalação. Necessidades especiais têm de ser atendidas uma vez que vidas estão em jogo.

Para o projeto de instalações elétricas em hospitais, o fator mais importante é a confiabilidade da oferta e da sua resistência a perturbações. Todos os esforços devem ser feitos para reduzir a probabilidade de falha do equipamento devido à perda de energia proveniente da rede elétrica

e de fontes de alimentação internas de emergência.

Através de uma abordagem estatística, em combinação com o trabalho de campo, desenvolvemos um esquema de classificação para a funcionalidade em locais médicos. Essa abordagem poderia fornecer uma base para futuras atividades de padronização neste campo.

A atual prática de design considera principalmente o custo e os aspectos de segurança. O novo sistema de classificação vai estimular um processo baseado em todas as questões-chave relevantes, em particular, a qualidade dos parâmetros de fornecimento de qualidade de energia (PQ), que muitas vezes recebe pouca atenção e frequentemente num estágio demasiado tarde.

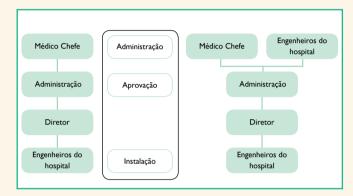


Figura I - Processo de design e compras para instalações e equipamentos elétricos. A prática atual (à esquerda), prática ideal (à direita).





Uma abordagem nova e abrangente garante que a instalação elétrica não apenas será compatível com os padrões e levará em conta as restrições econômicas, mas também irá adotar as melhores práticas em termos de:

- Seguranca
- Menor custo de propriedade
- Maior qualidade de vida do paciente

Este novo sistema de classificação é, portanto, relevante para todos os tomadores de decisão do hospital – não só o gerente do estabelecimento. O esquema cria uma linguagem comum para melhorar a comunicação das necessidades entre os gestores das instalações e os médicos.

Verificação

IEC 60364-7-710 define os seguintes testes a serem efetuados para locais que pertencem aos grupos 1 e 2:

- Teste funcional de isolamento em dispositivos de monitoramento de sistemas médicos TI;
- Verificação da ligação equipotencial;
- Verificação do serviço de energia segura;
- Medição de correntes de fuga de transformadores TI médicos em condições sem carga.

Estes testes são adicionais aos requisitos da norma IEC 60364-6-61 (norma que define testes e verificações a serem realizadas em instalações antes do comissionamento ou re-comissionamento depois de uma modificação ou reparo).

Verificações periódicas dos serviços de energia segura são recomendadas nos seguintes intervalos:

- Serviços com baterias: mensal / 15 min. de teste de capacidade
- Serviços com motores de combustão: mensal / até que a temperatura de funcionamento nominal seja alcançada; 12 meses para "teste de resistência"

Construção de uma classificação de robustez para instalações médicas

No meio médico, níveis de segurança e a continuidade do fornecimento precisam ser maiores do que os níveis normais utilizados na maior parte das outras instalações. É fácil compreender o quão estressante seria para um paciente esperar no interior de uma unidade de tomografia computadorizada ou com uma sonda numa veia.

Todos os processos foram classificados em três níveis de acordo com a continuidade do fornecimento necessário para garantir a qualidade de vida do paciente. Esses níveis são chamados LQ (Life Quality – Qualidade de Vida) e são definidos como:

- LQ 0 Processos que podem ser imediatamente interrompidos sem stress ou com apenas stress limitado para o paciente (por exemplo, EEG);
- LQ 1 Os processos que pode ser interrompidos depois de uma série de operações que requerem uma quantidade limitada de energia (p.ex. medicina nuclear, tomografia computadorizada para salvar os dados);
- LQ 2 Processos que devem ser concluídos usando a potência nominal (por exemplo, angiografía ou diálise)

TABELA I - EXEMPLOS DE ATRIBUIÇÃO DE NÚMEROS DE GRUPO E CLASSIFICAÇÃO PARA SERVIÇOS

DE SEGURANCA DOS LOCAIS PARA USO MÉDICO (IEC 60364-6-61)

Instalação médica			,		
mstalação medica		Grupo		CI	asse
	0	1	2	$\leq 0.5 \text{ s}$	$> 0.5 s \le 15$
1. Sala de massagem	X	X			X
2. Quartos		X			
3. Sala de parto		X		Xa	X
4. Sala ECG, EEG, EHG		X			X
5. Sala de endoscopia		Хь			Хр
6. Sala de exame ou tratamento		X			X
7. Sala de Urologia		X^{b}			Хь
8. Sala de Radiologia diagnóstica e terapia, diferente do mencionado no item 21		X			X
9. Sala de Hidroterapia		X			X
10. Sala de Fisioterapia		X			X
11. Sala de Anestesia			X	Xa	X
12. Sala de Operações			X	Xa	X
13. Sala de preparação p/Operações		X	X	Xa	X
14. Sala de Operação c/gesso		X	X	Xa	X
15. Sala de Recuperação pós-operação		X	X	Xa	X
16. Sala de Cateterismo do Coração			X	Xa	X
17. Sala de cuidados intensivos			X	Xa	X
18. Sala de exame angiográfico			X	Xa	X
19. Sala de Hemodiálise		X			X
20. Sala de ressonância magnética (RMN)		X			X
21. Medicina nuclear		X			X
22. Quarto p/bebê prematuro			X	Xa	X

a - Luminárias e equipamento médico elétrico de suporte de vida que necessitam de fornecimento de energia dentro de 0,5 s ou menos

^b - Não sendo uma sala de operações





Nos exemplos acima mencionados, o nível de qualidade de vida (LQ) pode variar, dependendo do nível de serviço que o hospital ou clínica quer oferecer.

É importante salientar que os níveis LQ são relacionados apenas com a qualidade de vida e não com o risco de morte.

A qualidade de vida do paciente também está ligada ao nível de conhecimento de enfermeiras e médicos sobre como usar corretamente os dispositivos médicos.

Por exemplo, alguns pequenos incidentes têm ocorrido devido ao uso indevido de dispositivos monopolares de eletrocirurgia, em que houve dimensionamento incorreto da placa passiva ou uma falta de consideração do acoplamento capacitivo entre corpo do paciente e o colchão frio. Ambos os casos poderiam ter sido evitados por meio de um treinamento adequado dos operadores.

O conceito LQ pode também ser aplicado naqueles dispositivos que não estão diretamente relacionados com a qualidade de vida dos pacientes. Por exemplo, dispositivos de ITC utilizados para agendamento de exames também podem ser classificados como LQ 2.

Identificação do nível de resistência de instalações de saúde

Com os atuais avanços contínuos e rápidos na tecnologia médica, hospitais, clínicas e laboratórios médicos dependem cada vez mais de sofisticados dispositivos eletrônicos para diagnóstico, tratamento e acompanhamento de pacientes. Esta dependência, por sua vez, exige um elevado nível de qualidade de energia e de confiabilidade. Para evitar a interrupção de serviços essenciais, o equipamento deve ter uma baixa sensibilidade a distúrbios de qualidade de energia e deve gerar o mínimo de distúrbios da qualidade de energia.

O problema principal é uma definição universalmente aceita de qualidade de energia. Neste caso, é possível formular uma definição geral:

"A energia elétrica é um produto e, portanto, deve cumprir com determinados requisitos de qualidade. Para operar corretamente, equipamentos elétricos requerem energia elétrica a ser fornecida com uma tensão dentro de uma faixa especificada em torno de um valor nominal. O usuário tem o direito a receber uma qualidade aceitável de energia por parte do fornecedor."

Esta definição não pode, infelizmente, ser utilizada na prática. Portanto, precisamos definir parâmetros de qualidade de energia.

A norma EN 50160 ajuda, definindo os parâmetros de tensão da rede elétrica e da faixa desvio admissível no ponto de acoplamento do cliente com os sistemas públicos de distribuição de energia elétrica da baixa tensão (LV) e média tensão (MV), em condições normais de operação. No entanto, não há requisitos especiais definidos para locais específicos, tais como instalações médicas, e os níveis dos parâmetros são principalmente informativos.

O problema é que as necessidades dos consumidores não são

sempre as mesmas. Mesmo cumprindo os requisitos da EN 50160, isto não assegura um nível satisfatório de qualidade de energia (PQ), uma vez que esse nível depende da aplicação. O nível de PQ que é necessário deve ser definido de uma forma diferente.

Por esta razão, introduz-se uma classificação em função do nível de resistência do material (REL):

- REL 0: O equipamento (ou sistema) é sensível a perturbações do fornecimento de energia e pode ser danificado; cada perturbação que exceda os níveis da EN 50160 afetará o funcionamento do equipamento. O equipamento é danificado pela perturbação e deve ser substituído ou reparado. O período de tempo de inatividade poderia ser muito longo.
- REL 1: O equipamento (ou sistema) é sensível a perturbações do fornecimento de energia sem o risco de danos. Cada perturbação que exceda os níveis da EN 50160 afetará o funcionamento do equipamento. O equipamento não é danificado pela perturbação e o tempo de inatividade é apenas relacionado com o tempo de troca para o abastecimento de emergência.
- REL 2: O equipamento (ou sistema) é altamente resistente. Distúrbios superiores aos níveis da EN 50160 não necessariamente afetarão a operação do equipamento. O equipamento não é danificado pela perturbação e o tempo de inatividade é apenas relacionado com o tempo de troca para o abastecimento de emergência.

A Tabela 2 mostra a qualidade de vida (LQ), em relação a três grupos de localidades médicas conforme classificação da IEC 60364-7-710. A relação entre o nível desejado LQ e grupos de IEC é fornecida pelo nível de resistência (REL).

Dispositivos que não conseguem atingir o nível REL solicitado por si só devem ser protegidos por um backup (UPS), filtro de linha ou solução de design para alcançar o requisito mínimo. Neste contexto, os níveis REL referem-se ao sistema e não apenas aos dispositivos individuais.

A Tabela 3 fornece níveis de REL que podem ser obtidos por meio da adoção de diferentes soluções técnicas ou gerenciais que melhorem a resistência de um sistema para problemas de qualidade de energia (PQ). A adoção de uma solução particular para um fenômeno PQ particular irá garantir o nível REL relacionado.

O nível REL de todo o sistema será o nível mínimo relacionado com cada fenômeno, ou seja:

• Um sistema é REL 2 se cada fenômeno é tratado por uma solução REL 2

Tabela 2 - Requisitos de resistência de instalações de saúde LE

		Group (IEC 60364-7-710)									
		0	1	2							
	0	REL 0	REL 1	REL 2							
\circ	1	REL 1	REL 1	REL 2							
_	2	REL 2	REL 2	REL 2							





- Um sistema é REL 1 se cada fenômeno é tratado por uma solução REL
 1 (pelo menos) e não pode ser considerado como sendo REL 2
- Um sistema é REL 0 se cada fenômeno é tratado por uma solução REL 0

A Tabela 3 apresenta o nível mínimo de REL necessário para os locais médicos listados e as respectivas soluções técnicas ou gerenciais de qualidade de energia (PQ) para garantir que este nível seja atendido.

TABELA 3 - NÍVEIS REL PARA SISTEMAS FORNECIDOS POR DIFERENTES SOLUÇÕES TÉCNICAS OU DE GESTÃO

Área	Solução técnica	Interrupções	Variação de frequência	Mudanças de tensão	Flutuações / picos de tensão	Quedas e aumento de tensão	Harmônicos e inter-harmônicos	Desequilíbrio	Sobretensão e transientes	EMC e elevados distúrbios de frequência
Equipamento	Gerador reserva	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Restauradores dinâmicos de tensão	2			2		2		2	2
	Filtros passivos de harmônicas	1					1		1	
	Transformadores de isolamento	1	1	1		1	1	1	1	
	Filtros ativos						2		2	
	UPS	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Estabilizadores de tensão	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Chaves de transferência estáticas						2		2	2
	Compensadores Volt-Ampère Reativos (VAR) estáticos	1		1	1				1	
	Proteção contra surtos								1	
Sistema	Alimentador independente múltiplo	2								
	Fornecimento de emergência redundante	0								
	Esquema radial simples	2								
	Esquema radial duplo	2								
	Esquema em anel	2								
	Esquema em malha	2								
Design	Superdimensionamento de equipamento						2			
	Seletividade horizontal	1								
	Seletividade vertical	1								
	Superdimensionamento do condutor interno						1			
Gerenciamento	Aumento da frequência de teste padrão	1				1				
	Treinamento de pessoal	1								
	Planejamento do sistema	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Envolvimento da equipe técnica na tomada de decisões	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Melhores práticas

Testes, quando os padrões não são suficientes

A natureza dos testes do padrão EM é satisfatória, mas a frequência dos testes prescritos (quantas vezes os testes são realizados) não é suficiente para garantir a continuidade do fornecimento. Testes mais frequentes a plena carga são aconselháveis para treinar o pessoal hospitalar a lidar com uma emergência sem ser dominado pela situação.

Todos os dispositivos conectados ao transformador MV / LV devem ser testados regularmente. Em particular, os seguintes dispositivos requerem pelo menos um ensaio por mês:

- Disjuntores
- Grupo gerador (carga completa)
- Luzes de emergência
- CPSS (descarga da bateria)

Critérios de projeto

Sistemas condutores neutros

Em todos os países, as redes de baixa tensão e cargas são aterradas por razões de segurança para evitar o risco de eletrocussão.

Os objetivos do aterramento são:

- Definir um potencial de tensão fixa entre os condutores ativos e a terra;
- No caso de uma falha de isolamento elétrico, limitar o potencial de tensão entre as armações do equipamento elétrico e a terra;
- Eliminar o risco de indivíduos receberem um choque elétrico ou serem eletrocutados;
- Limitação surtos de tensão causados por falhas de MV.

Três sistemas de aterramento são padronizados internacionalmente: TN (TN-C ou TN-S), TT e IT (incluindo IT médicos).





TABELA 4 - NÍVEIS REL DE LOCAIS PARA USO MÉDICO, COM O RESPECTIVO NÍVEL REL MÍNIMO REQUERIDO, E AS SOLUÇÕES PARA ATINGIR ESTE NÍVEL

	Locais para uso médico	Sala de massagem	Quartos	Sala de parto	Sala de ECG, EEG, EHG	Sala de endoscopia	Sala de exame ou tratamento	Sala de urologia	Diagnóstico radiológico e sala de terapia	Sala de hidroterapia	Sala de fisioterapia	Sala de anestesia	Sala de operações	Sala de preparação para operações	Sala de recuperação de operações	Sala de cateterismo cardíaco	Sala de cuidados intensivos	Sala de exame angiográfico	Sala de hemodiálise	Sala de imagem por ressonância magnética	Medicina nuclear	Sala de bebês prematuros
	REL mínimo	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2
	Gerador reserva																					
	Restauradores dinâmicos de tensão																					
	Filtros passivos de harmônicas																					
nto	Transformadores de isolamento																					
Equipamento	Filtros ativos																					
Ţ.	UPS																					
ĒĢ	Estabilizadores de tensão																					
	Chaves de transferência estáticas																					
	Compensadores Volt-Ampère Reativos (VAR) estáticos																					
	Proteção contra surtos																					
	Alimentador independente múltiplo																					
_	Fornecimento de emergência redundante																					
Sistema	Esquema radial simples																					
Sist	Esquema radial duplo																					
	Esquema em anel																					
	Esquema em malha																					
_	Superdimensionamento de equipamento																					
Design	Seletividade horizontal																					
Pe	Seletividade vertical																					
	Superdimensionamento do condutor interno																					
Gerenciamento	Aumento da frequência de teste padrão																					
iam	Treinamento de pessoal																					
renc	Planejamento do sistema																					
Je J	Envolvimento da equipe técnica na tomada de decisões																					

A escolha pelo hospital do sistema de aterramento (como ligar o condutor neutro) depende do tamanho da instalação e da norma IEC, e podem ser resumidos como se segue:

- Nas unidades de saúde de grande porte, o sistema TN-S é geralmente usado (exceto para ambientes de pacientes em locais do grupo 2), uma vez que as instalações estão equipadas com a sua própria subestação transformadora;
- Em hospitais de pequeno porte, o sistema TT é o mais usado (exceto para ambientes de pacientes em locais do grupo 2);
- Em todos os hospitais, ambientes de pacientes em locais do Grupo 2 usam o sistema de TI médica.

Instalação de equipamentos

Quadros

Quadros usados em sistemas de TI médicos devem estar equipados com um transformador de isolamento. Caso locais do grupo 2 não estejam totalmente alimentados por um sistema de TI médico e contenham cargas comuns, duas abordagens podem ser adotadas:

- Um quadro de alimentação para ambos os sistemas (neste caso, o quadro tem de garantir a separação entre os dois sistemas);
- Dois quadros separados, um para cada sistema.

A escolha entre estas duas soluções é feita por meio da análise custo versus a confiabilidade do sistema.

Backup (UPS)

Este artigo enfoca as especificidades de aplicações médicas. Assim, os requisitos gerais não são discutidos (desligamento de emergência, refrigeração, ventilação para baterias, etc.).

A EN 62040 define o padrão para fontes de alimentação ininterrupta (UPS). A seção 1-1 desta norma define os "Requisitos gerais de segurança





para uma UPS usada nas áreas de acesso do operador". A seção 1-2 define os "Requisitos gerais e de segurança para uma UPS usada em locais de acesso restrito". O capítulo 1.2 afirma o seguinte: "Mesmo que esta norma não abranja todos os tipos de UPS, pode ser tomada como um guia para tal equipamento. Requisitos adicionais àqueles especificados neste padrão podem ser necessários para aplicações específicas, por exemplo: [...] aplicações médicas elétricas com a UPS localizada a cerca de 1,5 m da área de contato com o paciente [...]". Isto implica que o padrão EN 62040-1 é suficiente para uma UPS instalada a uma distância mínima de 1,5 m a partir do paciente.

Dispositivos de Raios X

O backup (UPS), projetado para fornecer energia aos dispositivos de Raios X, ressonância magnética ou qualquer dispositivo com altas correntes de ativação, pode diferir nos seguintes requisitos:

- A UPS deverá fornecer energia suficiente para manter o paciente em um estado seguro;
- A UPS deverá fornecer plena carga até que a operação seja concluída.

Como já foi referido no ponto 4.3.1, os dispositivos podem ser sensíveis a perturbações elétricas e/ou ser a origem de tais perturbações. As duas soluções principais são os seguintes:

- Dimensionamento adequado da rede de distribuição local
- Proporcionar uma conversão on-line dupla (VFI-SS-111) UPS

A última solução evita quedas de tensão devido às correntes harmônicas e separa eletricamente a fonte de alimentação das cargas.

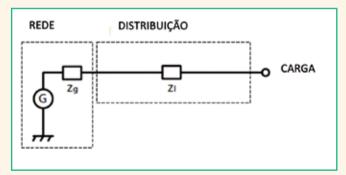


Figura 2 - Modelo de impedância de linha de distribuição.

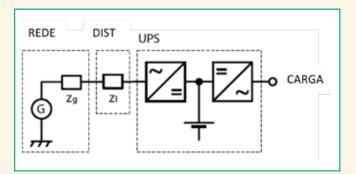


Figura 3 – UPS de Dupla Conversão on-line (esquema do princípio) e linha de distribuição.

Nos casos em que apenas uma quantidade limitada de energia é necessária para manter o paciente em uma condição segura, uma UPS com potência mais baixa do que a potência nominal do aparelho de Raios-X é tipicamente utilizada para alimentar sistemas de controle e de medição. É importante verificar que o dispositivo permita um comando para alterar para o modo de baixo consumo de trabalho.

A escolha fica mais complicada quando há uma exigência para se completar a análise. Apenas o sobredimensionamento da UPS não é suficiente, pois potência suficiente por si só não pode garantir uma resposta dinâmica aceitável. O risco de distorção de tensão de saída permanece.

Ao considerar o custo total de propriedade (TCO) do sistema, um nobreak com baterias conectadas diretamente à linha DC, ou a qualquer dispositivo de entrada de alta distorção harmônica (THDI), não é aconselhável. As razões são as seguintes:

- A ondulação de tensão CC (DC) reduz a vida útil da bateria;
- A usina acima deve ser superdimensionada;
- Aumenta do risco de perturbações eletromagnéticas que afetam dispositivos médicos sensíveis.

Contate o fabricante da UPS para uma escolha apropriada do sistema.

Dispositivos de rede ICT

Hospitais e clínicas incluem uma série de cargas de ICT, tais como servidores, estações de trabalho e chaves de rede – para armazenar dados, gerenciar reservas e permitir o acesso à informação. A sua sensibilidade às perturbações elétricas é menor do que a dos dispositivos médicos.

Apesar do fato de que a curva ITI permita interrupções de fornecimento de até 20 ms, é aconselhável prever uma UPS de dupla conversão em linha para proteger dispositivos ITC de harmônicas e sobretensões.

Especialmente para servidores de computador, é recomendado selecionar um nobreak com as seguintes características:

- Um fator de potência unitário de entrada, para evitar a necessidade de sobredimensionar à montante;
- Um fator principal de potência de saída de 0,9 para garantir a maior densidade de energia;
- Alta eficiência em uma ampla gama de cargas, para garantir economia de energia e mínima pegada de carbono em baixa carga (típico para os centros de dados).

Sistema de abastecimento de energia central

Um Sistema de Abastecimento de Energia Central (CPSS) é uma UPS que corresponde aos requisitos dos padrões EN 62040 e EM 50171. Os principais requisitos do último são:

A utilização de baterias de longa vida;





- Proteção contra inversão de polaridade da bateria;
- Sinalização de contato seco;
- Um carregador de bateria protegido contra curtos-circuitos;
- 80% de recarga da bateria em 12 horas;
- Resistência ao fogo.

Requisitos adicionais podem ser estipulados por leis nacionais.

Uma CPSS deve ser usada para alimentar luzes de emergência, alarmes de incêndio, exaustores de fumaça e todos os sistemas elétricos relacionados com a segurança.

Sistemas de transferência estática

Sistemas de transferência estática (STS) são unidades inteligentes com duas entradas e uma saída (Figura 4). No caso em que a fonte de alimentação preferida não atende aos valores de tolerância permitida pela carga, o STS silenciosamente transfere a carga para uma fonte alternativa. Isso garante "alta disponibilidade" de fornecimento de energia para instalações sensíveis ou críticas.

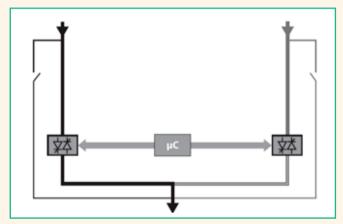


Figura 4 - Esquema do princípio STS.

O objetivo dos dispositivos STS é:

- Garantir a redundância de fornecimento de energia para instalações críticas (duas fontes de energia independentes);
- Aumentar a confiabilidade do fornecimento de energia para instalações sensíveis:
- Facilitar a construção e ampliação de uma fonte de alimentação de alta disponibilidade.

Sistemas STS incorporam sólida tecnologia de comutação confiável e comprovada (SCR), o que lhes permite um alto desempenho e uma comutação segura (automática ou manual), sem interromper o fornecimento de energia à carga.

A publicação IEEE Std 493-2007, Projeto de Sistema de Energia Confiável Industrial e Comercial, analisa a mútua influência de cargas de cabo duplo em uma arquitetura de fornecimento 2N em termos de disponibilidade. Uma vez que separa eletricamente cargas, o STS pode ser usado para evitar a propagação de falhas, impedindo quaisquer influências mútuas. Isto novamente melhora a disponibilidade.

TABELA 5 - INFLUÊNCIA MÚTUA DAS CARGAS

Arquitetura 2N	Disponibilidade	Probabilidade de					
	inerente	fa lha s (5 anos)					
12 CARGAS DE CABO DUPLO	0,9999913	16,61%					
24 CARGAS DE CABO DUPLO	0,9999825	31,13%					

Grupo gerador

O conjunto gerador não necessita cumprir quaisquer outros requisitos além de fornecer energia de backup por pelo menos 24 horas.

Os seguintes elementos devem ser considerados no dimensionamento do grupo gerador:

- Grupos geradores não são adequados para a alimentação de cargas capacitivas com fator de potência inferior a 0,97;
- Qualquer distorção harmônica total (THD) gerada por cargas será traduzida para harmônicas de tensão pela queda de tensão sobre a reatância subtransiente (X "d) do gerador síncrono. Essas harmônicas de tensão podem ser aproximadas pela seguinte fórmula:

$$THD_{U\%} = \frac{X_{d\%}''}{100} \sqrt{(2I_{2\%})^2 + (3I_{3\%})^2 + ... + (nI_{n\%})^2}$$

- O conjunto gerador e o transformador MV / LV devem possuir o mesmo sistema de neutro para evitar qualquer disparo desnecessário do dispositivo de corrente residual.

Esquemas de distribuição

Definir o esquema de distribuição é a tarefa fundamental em gualquer projeto elétrico.

A análise básica deve avaliar as necessidades reais do usuário e do nível de serviço que a rede tem para oferecer.

Este serviço inclui:

- A disponibilidade e continuidade do correto fornecimento de energia;
- A resistência a várias interrupções devido a falhas ou avarias (não planejadas), ou para manutenção ou modificação (planejadas).

Sistemas de distribuição podem ser classificados como segue:

- Esquema radial simples

Em um esquema radial simples, a energia é extraída de um barramento. Subsequentemente, é distribuída radialmente em direção às cargas (ou de barramentos secundários quando apropriado).

- Esquema de anel

O esquema de anel contém pelo menos um ramo adicional que o necessário para ligar as cargas ao nó alimentador. Como resultado, cada carga tem pelo menos um caminho alternativo de alimentação. Uma grade de esquema de anel pode consistir





TABELA 6 - COMPARAÇÃO ENTRE OS VÁRIOS ESQUEMAS ELÉTRICOS

Características	Esquema									
	Radial simples	Radial duplo	Anel	Grade						
Confiabilidade	Min	Max	Med	Max						
Disponibilidade	Min	Max	Med	Max						
Estabilidade do nível de tensão	Min	Max	Med	Max						
Perdas	Max	Min	Med	Max						
Custo de investimento	Min	Max	Med	Max						
Custo de operação	Min	Max	Med	Max						
Flexibilidade	Min	Max	Med	Max						
Complexidade	Min	Med	Med	Max						

de um anel aberto ou anel fechado. O esquema de anel pode ser duplo ou triplo redundante e utilizado em todos os níveis de tensão.

- Esquema radial duplo

O esquema de duplo anel consiste de um esquema radial simples que é dobrado. A vantagem deste esquema é a de que cada carga tem dois caminhos de alimentação alternativos iguais. A duplicidade pode correr até um nó simples do servidor, ou - como é mais frequentemente feito - para um ou mais nós de distribuição (barramentos).

- Esquema de malha

Neste esquema, existem múltiplas conexões entre os nós da grade. Isso permite caminhos alternativos de fornecimento para alguns desses nós e o estabelecimento de uma conexão de reserva. Além disso, melhora a subdivisão da carga em diversos ramos e entre as diferentes fontes de alimentação.

A Tabela 6 mostra uma classificação dos sistemas, em termos de disponibilidade, confiabilidade, custo e outras

características importantes.

Nas unidades de saúde, a escolha do esquema de distribuição elétrica apropriada é baseada em restrições orçamentárias, bem como as necessidades que cercam a disponibilidade e confiabilidade do fornecimento.

Enquanto as instalações antigas são na maioria dos casos ainda baseadas em um esquema simples radial, hoje soluções radiais duplas ou de anel são muitas vezes preferidas.

Redundância

A redundância é um método útil para o aumento da disponibilidade e otimizar o equilíbrio entre a excelência operacional e eficácia financeira. Circuitos alternativos, equipamentos e componentes são instalados de forma que, no caso de uma ou mais falhas, a funcionalidade é preservada. O nível e o tipo de redundância fornecidos determinam quais funcionalidades serão retidas no caso de uma falha, e o número e os tipos de defeitos que podem ser manipulados.

Redundância de espera significa que uma forma alternativa de realizar a função é fornecida, mas é inoperante até que seja

TABELA 7 - BOAS PRÁTICAS NA ADOÇÃO DE REDUNDÂNCIA PARA AS PARTES PRINCIPAIS DA INSTALAÇÃO

	Sem	Gen Set	N	N+Get	N+1	N+1+Gen	2N	2N+Gen
	redundância			Set		Set		Set
HVAC	X	Х						
Análise			X	X				
Iluminação normal	X	X		X				
Iluminação de emergência	X	X		X				
Equipamentos de esterilização	X	X						
ECG, EHG, EEG	X	X						X
Equipamentos de Raio X	X	X		X				X
Equipamentos de diálise				X				X
MRI (ressonância magnética)	X	X		X				X
Equipamentos para medicina nuclear	X	X						
Angiografia			Χ	X				
Salas de cirurgia			X	X				
Terapia intensiva			X	Х				
Incubadoras				X				X
Outro equipamento endoscópico		X		X				X
Equipamentos de telecomunicações		X		X				
TIC				X				X
Elevadores comuns		X						
Elevadores bombeiros		X						
Alarmes de incêndio, extratores de fumaça, etc.		X						
Sistemas de distribuição de gases medicinais		X		X				X
Cozinhas	X	X						
Outros								





necessária. Quando a rede primária não pode mais fornecer seu serviço, a fonte alternativa entra em operação.

A desvantagem da redundância de espera é que há um período inevitável de ruptura entre a ocorrência da falha e a entrada da unidade redundante em funcionamento. Tais esquemas raramente são satisfatórios para sistemas críticos tais como locais médicos do grupo 2.

Na redundância ativa ou paralela, todas as unidades redundantes operam simultaneamente ao invés de serem ligadas quando necessário. A abordagem mais óbvia é usar dois componentes, cada um capaz de transportar a carga total de modo que, se um falhar o outro assumirá. Isto é chamado de redundância +1.

Uma abordagem alternativa é a de dividir a carga total de entre um número de unidades, cada uma capaz de transportar apenas uma fração da carga total, e proporcionar apenas uma unidade adicional redundante para toda a carga. Isto é referido como redundância N +1.

A redundância N +1 pode ser mais barata de implementar do que a redundância + 1 e é mais flexível; por ex. é fácil adicionar uma carga adicional (um sistema 2+1 torna-se um sistema 3+1).

A Tabela 7 mostra as melhores práticas adotadas em hospitais.

Treinamento de pessoal

Os seguintes tópicos - com particular atenção aos aspectos elétricos - são válidos para inclusão em programas de treinamento de pessoal:

- Prevenção de incêndios, evacuação, primeiros socorros, segurança e emergência em hospitais
 - Riscos biológicos
 - Riscos químicos
 - Riscos de inalação de anestésicos
 - Riscos geno-tóxicos
 - Riscos do lixo hospitalar
 - Movimentação manual de cargas
 - Riscos elétricos
 - Rudimentos de energia elétrica
 - Efeitos biológicos da eletricidade
 - Macro e micro situações de choque elétrico
 - Reconhecimento dos componentes da planta principal
 - ✓ Risco elétrico ligado ao uso indevido de dispositivos médicos
 - Prevenção de riscos e proteção
 - Riscos de radiação ionizante
 - Riscos de radiações não ionizantes
 - Turnos e saúde
 - Riscos psicológicos

- Riscos VDU
- Equipamento de proteção individual
- Sinais de segurança

Conclusões

A norma IEC para instalações elétricas em locais médicos concentra-se em aspectos de segurança, em especial, a proteção contra contato indireto. Suas exigências em termos de disponibilidade da oferta e da confiabilidade geral são mais qualitativas do que quantitativas.

Há uma grande necessidade de uma definição universalmente aceita de disponibilidade e confiabilidade dos níveis de fornecimento de energia.

A qualidade das aplicações de saúde depende da disponibilidade de fornecimento suficiente de energia e o desempenho adequado da instalação elétrica. Esta foi a conclusão de várias entrevistas com a equipe médica e técnicos.

As entrevistas também destacaram outra forte necessidade: a introdução de diretivas mais severas para a frequência de testes periódicos. Os padrões atuais são considerados (quase unanimemente) como sendo insuficientes para garantir a segurança, a confiabilidade e a disponibilidade dos sistemas de abastecimento de emergência. Quase todos os técnicos entrevistados propuseram aumentar a frequência de exames periódicos, pelo menos, duas vezes que o atualmente prescrito pela IEC 60364-7-710.

A norma IEC classifica locais para uso médico, como grupo 0, grupo 1 ou grupo 2 de acordo com a utilização das partes aplicadas e se a vida do paciente está em risco ou não.

Duas noções inovadoras foram introduzidas neste trabalho: a resistência dos equipamentos aos distúrbios de qualidade de energia (REL) e qualidade de vida do paciente (LQ). Com base nestes conceitos, um novo sistema de classificação para o nível de resistência de instalações de saúde foi construída. Este esquema não se limita a considerar a segurança do paciente, mas também leva em conta:

- A disponibilidade, resistência e confiabilidade do fornecimento de energia
- A qualidade de vida do paciente

Ele permite que os tomadores de decisão e técnicos de serviços de saúde projetar corretamente a instalação elétrica para a melhor qualidade de vida dos pacientes, usando solução técnica de custo mais eficaz, e fazê-lo de acordo com sistema de classificação da IEC 60364-7-710.

Referências

• IEC 60364-7-710: Electrical installations of buildings - Part 7-710: Requirements for special installations or locations -





Medical locations.

- EN 50160: Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems, 1999.
- Angelo Baggini: Handbook of Power Quality. John Wiley & Sons, Ltd. Chichester 2008.
- Jonathan Manson, Roman Targosz:
 European Power Quality Survey Report
 Leonardo Energy (www.leonardo-energy.org)
- Philip Keebler: Power Quality for Healthcare Facilities. EPRI Techwatch, December 2007
- David Chapman: Introduction to Power Quality. Leonardo Energy Application Guide, November 2001.
- Gary Marshall, David Chapman: Resilience, Reliability and Redundancy. Leonardo Energy Application Guide, May 2002.
- Emiliano Cevenini: UPS Architectures for Power Quality improvement.
- Sudrià, E. Jaureguialzo, A. Sumper, R. Villafáfila and J. Rull: High Power UPS Selection Methodology and Installation Guideline for High Reliability Power Supply.
- Brian Fortenbury: High Performance Buildings: Data Centers - Uninterruptible Power Supplies (UPS).

*Este trabalho foi desenvolvido pelos especialistas Angelo Baggini, da Universidade de Bergamo, por Francesco Buratti, do ECD, e por Matteo Granziero, da Socomec UPS. Este artigo foi originalmente publicado na página na internet da Leonardo Energy (www.leonardo-energy.org). Tradução de Antonino Di Marco.

Continua na próxima edição

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

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