

Guia de Aplicação de Qualidade de Energia

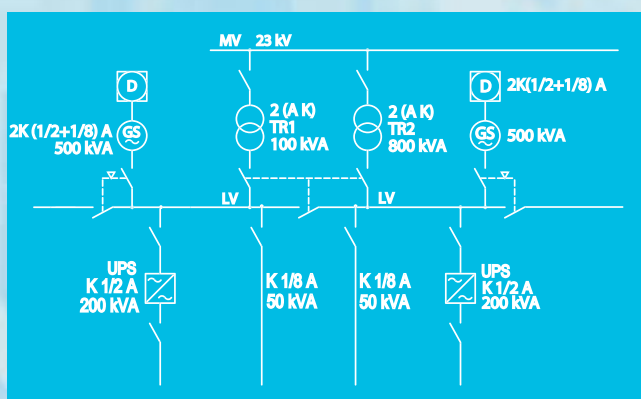


Leonardo da Vinci

Resiliência

Alimentação Resiliente de Energia em Edifícios Comerciais Modernos

4.5.1



Resiliência

Alimentação Resiliente de Energia em Edifícios Comerciais Modernos

Hans De Keulenaer, European Copper Institute
Prof Angelo Baggini, Università di Bergamo
June 2003



Este Guia foi produzido como parte do Leonardo Power Quality Initiative (LPQI), um programa de educação e treinamento europeu apoiado pela Comissão Europeia (sob o Programa Leonardo da Vinci) e pelo International Copper Association (ICA). Para informação adicional sobre o LPQI visite www.lpqi.org.



European Copper Institute (ECI)

O European Copper Institute (ECI) (Instituto de Cobre Europeu) é uma joint venture entre o ICA (International Copper Association) e os fabricantes europeus. O ECI representa os maiores produtores de cobre do mundo e os fabricantes europeus mais importantes para promover o cobre na Europa. Criado em janeiro de 1996, o ECI é apoiado por uma rede de onze Associações de Desenvolvimento do Cobre ('CDAs') em Benelux, França, Alemanha, Grécia, Hungria, Itália, Polónia, Rússia, Escandinávia, Espanha e Reino Unido.



Instituto Brasileiro do Cobre - PROCOBRE

É uma instituição sem fins lucrativos, constituída por empresas produtoras e transformadoras de cobre no Brasil com a missão de estimular o uso técnico e econômico do metal, promovendo sua utilização correta e eficiente. Desenvolve projetos nas várias áreas de aplicação do metal, divulgando as vantagens da utilização do cobre na energia elétrica, nas instalações hidráulicas e de gás, na arquitetura, no design e decoração de interiores, na saúde e muitas outras.

Aviso de Isenção de Responsabilidades

O conteúdo deste documento não necessariamente reflete a posição da Comunidade Europeia, nem implica nenhuma responsabilidade por parte da Comunidade Europeia. O European Copper Institute, Hogeschool West-Vlaanderen, Labo Lemcko e Copper Development Association negam qualquer responsabilidade por qualquer dano direto, indireto, conseqüente ou incidental que possa resultar pelo uso da informação, ou pela impossibilidade do uso da informação ou dos dados contidos nesta publicação.

Copyright© European Copper Institute, Hogeschool West-Vlaanderen, Labo Lemcko and Copper Development Association.

Reprodução autorizada desde que o material esteja completo e a fonte mencionada.

Alimentação Resiliente de Energia em Edifícios Comerciais Modernos

Introdução

Este artigo apresenta uma abordagem de projeto para assegurar uma alimentação de energia resiliente e confiável em um edifício comercial moderno com uso intensivo de cargas eletrônicas. Descreve um estudo de caso de um edifício comercial de dez andares em Milão, Itália (daqui por diante chamado de “o edifício” por motivos de confidencialidade). O edifício é a sede de uma instituição financeira muito importante e é ocupado por 500 empregados que usam intensamente equipamentos de tecnologia de informação.

Considerando uma avaliação do estado atual da instalação elétrica no edifício e o resultado de medições de qualidade de energia, são apresentadas duas propostas de projeto que asseguram uma alimentação de energia resiliente e confiável. Uma análise de custo complementa este relatório. Nota: o termo “resiliente” refere-se a um sistema com alto poder de restabelecimento.

Descrição de situação inicial

Esquema de distribuição

O edifício é conectado a uma rede em 23 kV. A alimentação normal em média tensão consiste de dois transformadores de 800 kVA cada um, 23/0,4 kV, 50 Hz. O lado da baixa tensão da instalação é projetado como um sistema TN-S. A carga é subdividida em cargas normais, preferenciais, e essenciais, de acordo com as exigências de continuidade de alimentação (isto é discutido em maior detalhe mais adiante). Há um segundo ponto de conexão (PC) para alimentar uma pequena parte das cargas normais. O dois PCs são alimentados a partir do mesmo ponto da rede e, portanto, não são independentes.

Para assegurar continuidade do fornecimento de energia, dois UPS (80 + 200 kVA) e um conjunto motor-gerador (250 kVA) estão instalados de acordo com o esquema da Figura 1. Note que, em tal esquema, é imperativo que o condutor neutro seja ligado à terra somente uma vez, ao barramento de equipotencialização principal, e não em cada transformador. Caso contrário, os benefícios da configuração TN-S (melhores aspectos de compatibilidade eletromagnética e qualidade de energia) são perdidos.

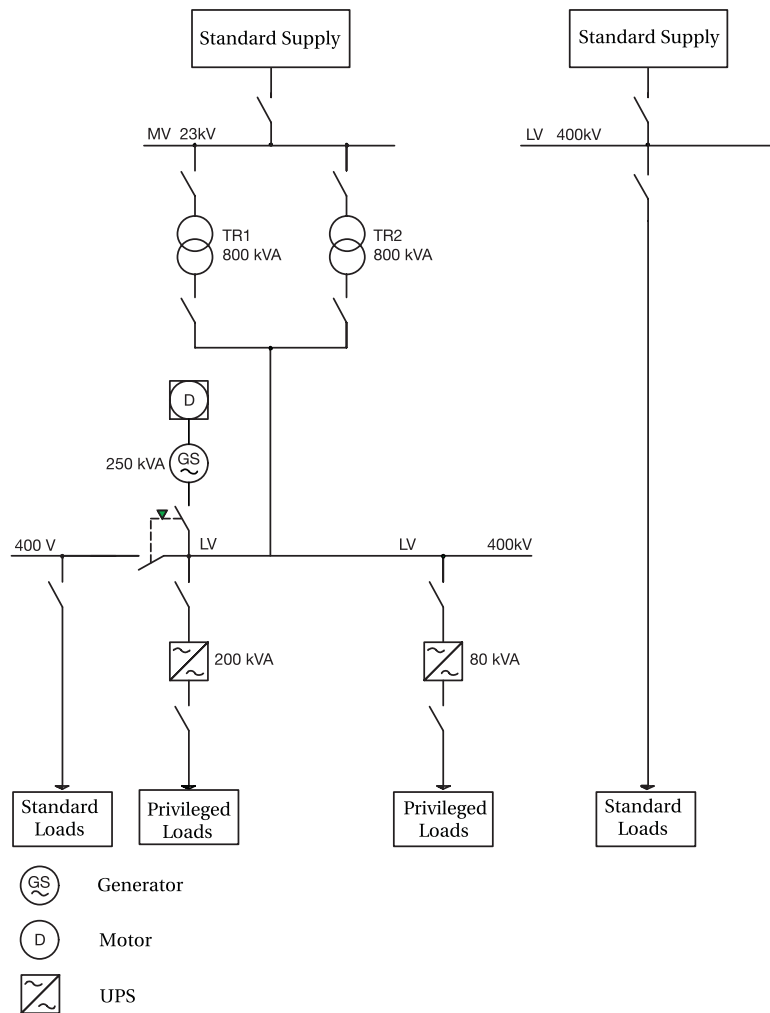


Figura 1 - Esquema de distribuição atual.

A distribuição primária é uma combinação de esquemas radial e paralelo 1. A instalação cresceu de modo desordenado, sem uma estrutura consistente. Este é um resultado direto das muitas mudanças nos

¹ Esquema paralelo: um barramento vertical ou uma linha elétrica é comum a todos os pavimentos; é realizada uma ligação ao quadro de baixa tensão de cada pavimento. Esquema radial: cada quadro de baixa tensão em cada pavimento tem uma ligação correspondente com seu dispositivo de seccionamento no quadro geral de baixa tensão localizado no subsolo.

requisitos de energia experimentadas durante a vida do edifício. Dois painéis de distribuição alimentam cada pavimento. Cada quadro tem duas partes (normal e essencial) que correspondem às partes normal e essencial do quadro geral de baixa tensão (Figura 2). A distribuição final usa um esquema radial.

Linhas

A distribuição trifásica é feita com cabos de cobre multipolares. Onde as seções nominais dos condutores de fase eram maiores do que 35 mm^2 foram utilizados condutores neutro com metade da seção do condutor de fase.

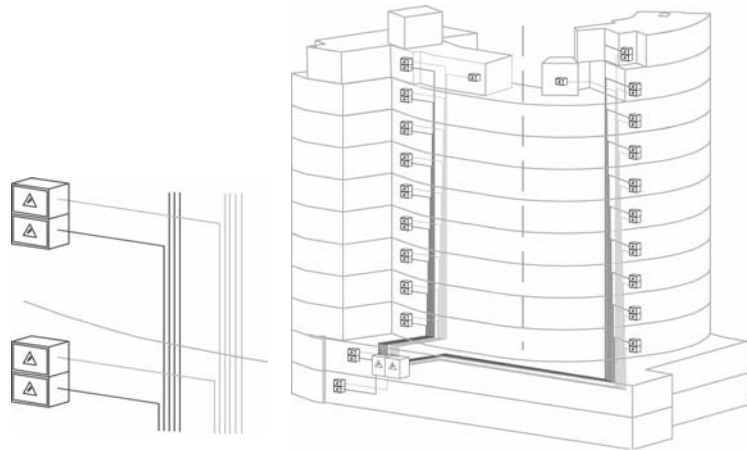


Figura 2 - Fluxo de distribuição atual.

Linhas escuras indicam distribuição normal;
Linhas claras indicam distribuição essencial.

Carga

A carga nominal do edifício comercial é típica e consiste de:

- Elevadores (aproximadamente 80 kVA);
- Serviços (aproximadamente 100 kVA);
- Ar condicionado (aproximadamente 600 kVA);
- Distribuição horizontal para iluminação e força no espaço aberto do escritório (aproximadamente 35 kVA por pavimento).

Qualidade de energia

Para avaliar a qualidade da energia da rede de alimentação foi medido o conteúdo de corrente harmônica nos alimentadores principais de cada pavimento e nos painéis de distribuição.

As Figuras 3 a 6 dão exemplos de formas de ondas medidas de corrente e tensão e seus conteúdos harmônicos. Os aspectos a seguir precisam ser destacados.

Alguns condutores de fase, particularmente aqueles de circuitos de iluminação, têm mais de 75% de distorção harmônica total de corrente (3ª, 5ª e 7ª harmônicas) - ver Figura 6. Há uma distorção significativa de corrente de 3ª harmônica em circuitos que alimentam equipamentos de tecnologia da informação (TI) e de iluminação - ver Figuras 4 e 5 (condutor neutro) e 6. Em alguns condutores neutros, as correntes harmônicas são mais do que duas vezes a corrente de fase.

Ambos UPS mostram distorção de corrente nos condutores de fase e neutros - ver Figuras 4 e 5.

Harmônicas de ordem par aparecem em mais de uma medição (aproximadamente 30% na Figura 5). Isto significa que a forma de onda da corrente não tem a simetria habitual.

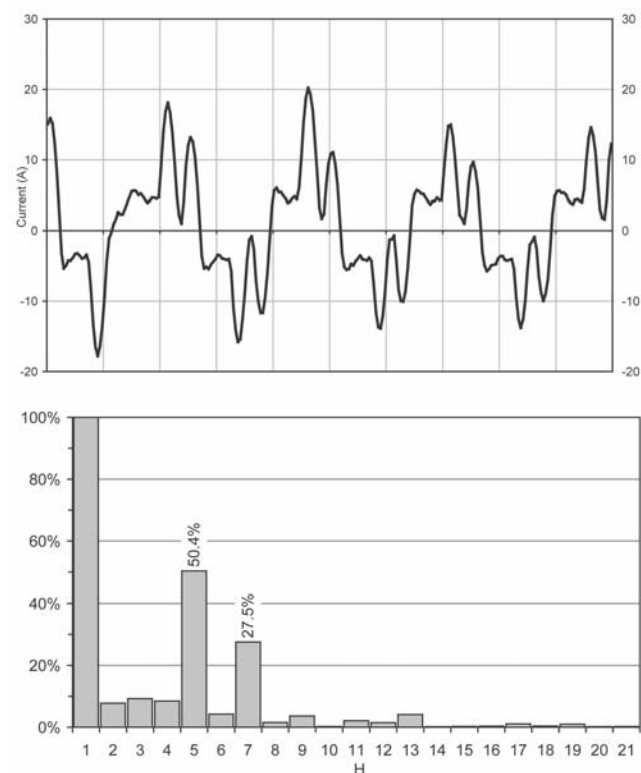


Figura 3 - Forma de onda e conteúdos de correntes harmônicas de fase (fase L1) medidos no quadro geral na linha que alimenta os elevadores 1 e 2.

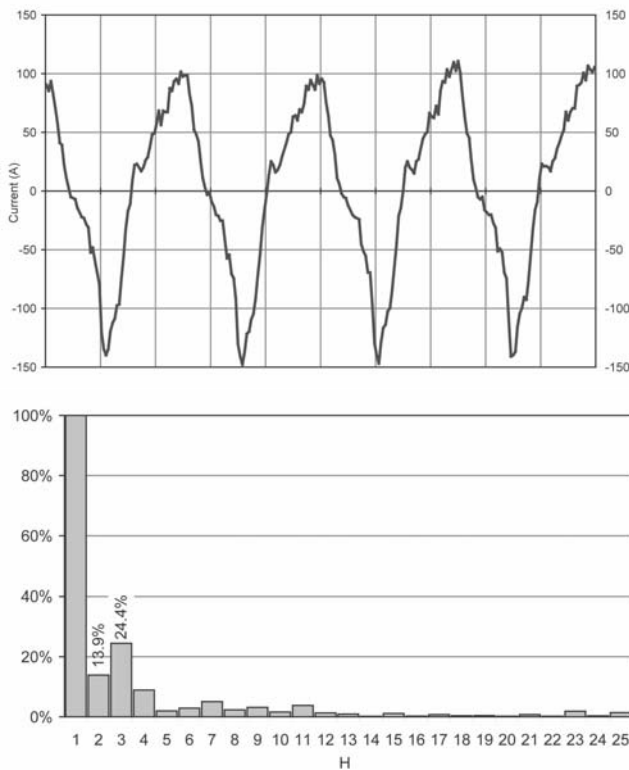


Figura 4 - Forma de onda e conteúdos de correntes harmônicas de fase (fase L1) medidos na linha de 80 kVA do UPS (área aberta do escritório).

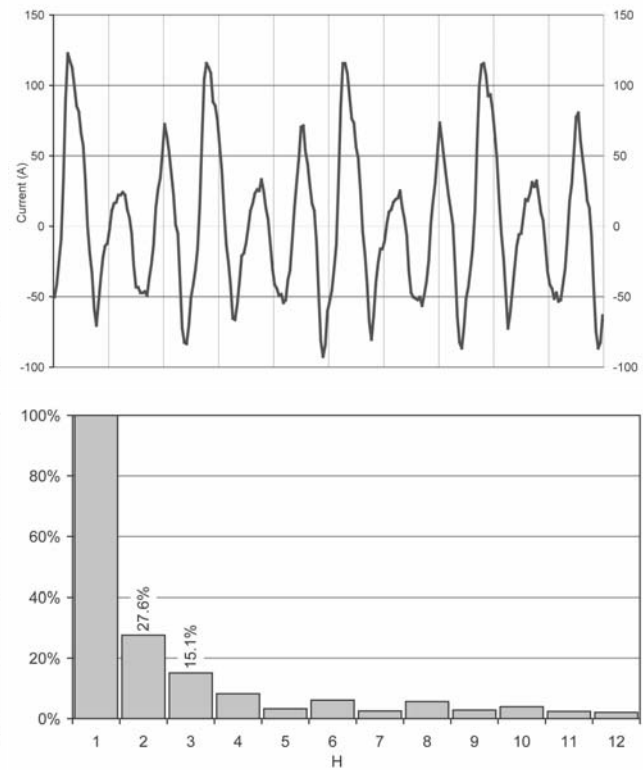


Figura 5 - Forma de onda e conteúdos de correntes harmônicas no neutro medidos na linha de 80 kVA do UPS (área aberta do escritório).

Em alguns casos, a forma de onda passa mais de duas vezes pelo zero em cada ciclo da onda senoidal (Figura 5).

Correntes permanentes de valores elevados foram medidas nos condutor de proteção. Esta é uma indicação típica de que a configuração TN-S não foi preservada, ou seja, que há múltiplas ligações entre o condutor neutro e a terra. Deve ser assegurado que há somente um ponto principal de aterramento onde é realizada a ligação entre neutro e terra. O pessoal de campo precisa ser orientado a evitar a realização de qualquer ligação entre o neutro e terra na distribuição em baixa tensão.

O instrumento utilizado para fazer as medições era um analisador de qualidade de energia Fluke 43 monofásico, 0-600 V, CT 600 A/1 mV/A.

Eventos

O ocupante do edifício experimentou um número alto e crescente de eventos e faltas, principalmente relacionados ao sobre-aquecimento de linhas e disparos intempestivos de dispositivos de proteção.

Análise-situação inicial

Falta organização e racionalidade na instalação atual. Isto não é compatível com o projeto de alternativas de alimentação que a companhia adotou no início (alimentar a distribuição de baixa tensão por múltiplos transformadores, UPS, e gerador).

Alguns elementos não estão em conformidade com normas atuais. Nem mesmo a conformidade total com as normas garante um desempenho adequado sob o ponto de vista de qualidade de energia e compatibilidade eletromagnética para um edifício com funções de missão crítica.

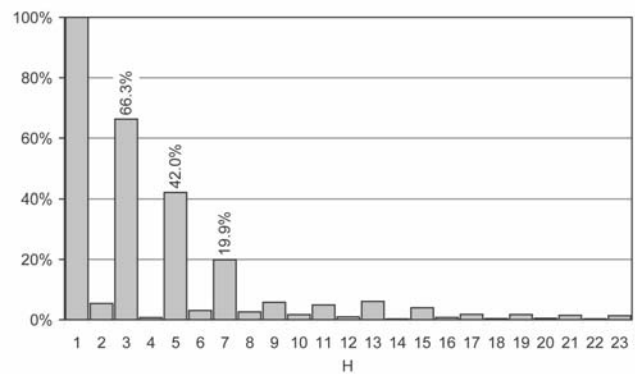


Figura 6 - Conteúdos de harmônicas na corrente de fase L2 no quadro geral de baixa tensão no alimentador do quadro de distribuição do pavimento térreo (principalmente circuitos de iluminação).

Esquema de distribuição

O esquema de distribuição não é sistemático nem racional, provavelmente devido às numerosas modificações desde a instalação original. Há limitações importantes relativas à capacidade de reserva e independência. Alguns gargalos estão presentes, por exemplo, ao nível do barramento principal de baixa tensão (Figura 1). Os dois transformadores não são independentes.

Sobre-aquecimento da linha

A alta densidade de equipamentos de tecnologia da informação, tais como PCs, servidores, etc. e iluminação eletrônica, produz níveis altos de correntes harmônicas em muitas linhas. Este fenômeno resulta no sobre-aquecimento do neutro (correntes elevadas em um neutro reduzido - veja Fascículos 3.1 e 3.5.1) como também disparos intempestivos de dispositivos de proteção.

Coordenação entre dispositivos de proteção e linhas

As capacidades atuais de algumas linhas não estão coordenadas com seus dispositivos de proteção de sobrecorrentes. O grande número de linhas que estão instaladas no mesmo conduto torna o problema mais crítico, porque a temperatura de operação é mais alta.

A análise de uma linha defeituosa mostrou que sobre-aquecimento prolongado foi a causa da falta, devido a sobre-aquecimento no conduto. Os fatores de agrupamento indicados nos anexos informativos de normas nacionais e internacionais de instalações elétricas deveriam ser observados.

Situação do neutro

No caso de alimentações múltiplas com configuração TN-S, a corrente no neutro precisa retornar diretamente para o barramento de equipotencialização principal. Procedimentos devem ser adotados para evitar fazer ligações adicionais entre o neutro e terra. Tais ligações criam caminhos alternativos para a corrente de neutro, eliminando assim todos os benefícios de se possuir um sistema TN-S.

Abordagem de projeto

O ocupante do edifício, operando no setor financeiro, precisa melhorar a instalação, uma vez que a qualidade de energia confiável é considerada uma missão crítica. Os problemas mostrados pela análise da situação atual e pelas medições de qualidade de energia sugerem a consideração de uma atualização do sistema elétrico em dois níveis, a saber:

- racionalização da distribuição dos alimentadores, e
- renovação da instalação elétrica nos pavimentos.

Classificação das cargas

Para otimizar a distribuição dos alimentadores, o primeiro passo é a classificação das cargas. Todas as cargas são classificadas em 3 grupos:

- normal;
- preferencial;
- essencial.

Cargas normais são usadas para atividades diárias, mas suas indisponibilidades não resultam em risco de acidente pessoal, dano a equipamento ou interrupção de processos. Nestes casos, um circuito radial simples basta para a alimentação e podem ser tolerados tempos de intervenção relativamente longos (Tabela 1).

Cargas preferenciais precisam de uma alimentação de energia redundante, por exemplo, aquela fornecida por um esquema radial duplo, começando pelas prumadas ou pelo nível de conexões intermediárias (Tabela 2).

Alimentação Resiliente de Energia em Edifícios Comerciais Modernos

Descrição da carga normal	Tipo de alimentação requerido	Tempo necessário para intervenção
Permite o funcionamento regular do edifício, mas suas indisponibilidades não resultam em risco às pessoas ou equipamento: serviços gerais, por exemplo, ar condicionado (mas não em sala de servidores), iluminação normal, aquecimento e tomadas.	Circuitos radiais comuns Reativação do serviço pode esperar por algum tempo sem danos Cargas podem ser desligadas	Nenhum Indisponibilidade de serviço por períodos de tempo relativamente longos pode ser tolerada

Tabela 1 - Descrição, critério, projeto, e requisitos de intervenção para cargas normais.

Descrição da carga preferencial	Tipo de alimentação requerido	Tempo necessário para intervenção
O funcionamento regular da carga é necessário para o conforto e a segurança dos funcionários e clientes, assim como para assegurar a operação estável dos negócios. Por exemplo: <ul style="list-style-type: none"> • iluminação de escadarias; • corredores e certas salas; • condições mínimas de iluminação para evitar pânico; • aquecimento ou ar condicionado de certas salas; • elevadores; • UPS. 	Backup Alimentação primária dupla e radial, assegurando a independência física e funcional dos alimentadores principais. Dois alimentadores principais separados podem ser utilizados, alimentados por gerador ou a partir de dois pontos independentes da rede da concessionária. Desligamento da carga não é aceitável.	De acordo com a norma, um tempo de intervenção de 20s para o grupo gerador é aceitável para longas interrupções. Valores típicos para um grupo a diesel são: <ul style="list-style-type: none"> • primeira tentativa em até 5s; • segunda tentativa em até 10s; • terceira tentativa em até 15s

Tabela 2 - Descrição, critério, projeto, e requisitos de intervenção para cargas preferenciais.

Descrição da carga essencial	Tipo de alimentação requerido	Tempo necessário para intervenção
Serviços essenciais: <ul style="list-style-type: none"> • iluminação de segurança; • servidores; • sistemas de telecomunicações; • identificação de pessoas; • sistemas de alarme e segurança; • sistemas de sinalização de incêndio e segurança; • circuitos fechados de TV; • certos serviços auxiliares. 	Segura. Esquema radial duplo, com alimentadores principais independentes. Pelo menos um alimentador principal tem que garantir alta confiabilidade da rede. Uso de UPS. Pode ser considerado o uso de UPS dedicado para certas cargas.	Cargas com intervenção em até 15s. Cargas com interrupções curtas de até 0,15s. Algumas cargas precisam de alimentação contínua.

Tabela 3 - Descrição, critério, projeto, e requisitos de intervenção para cargas essenciais.

Cargas essenciais são de missão crítica. A perda de serviço significa grave perigo para as pessoas ou danos severos para os processos da organização. O nível de independência precisa ser determinado para cada carga. No limite, estas cargas devem ser atendidas por dois alimentadores independentes com chaveamento automático (Tabela 3).

Tipo de carga	Percentual
Normal	49%
Preferencial	13%
Essencial	38%

Tabela 4 - Classificação do tipo de carga.

Principais esquemas de distribuição

Para evitar o gargalo existente no barramento geral de baixa tensão, a distribuição primária deve ser modificada como uma distribuição radial dupla (Figura 7 à esquerda).

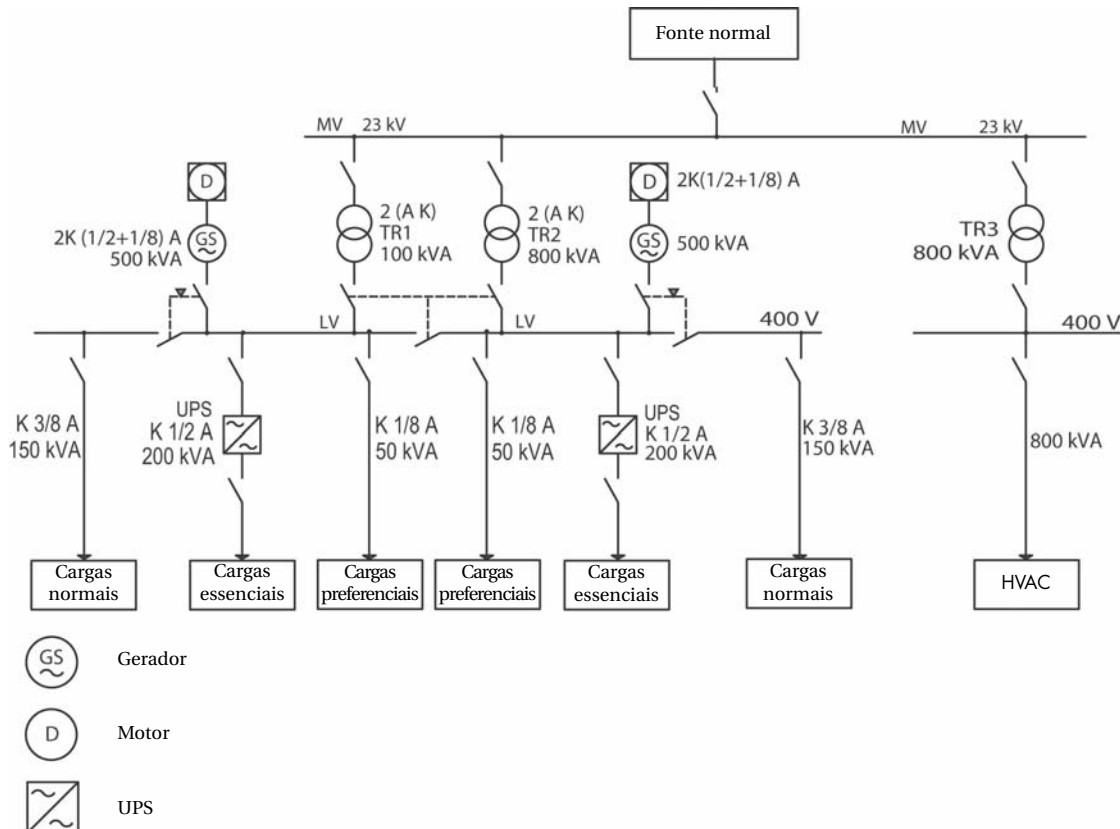


Figura 7 - Novo esquema de distribuição principal.

A potência nominal dos transformadores TR1 e TR2 têm que assegurar que cada um possa atender a plena carga. Considerando que, por causa da natureza das cargas, a forma de onda será altamente distorcida, os transformadores devem ser dimensionados considerando-se o conteúdo de harmônicas (ver manual técnico 3.5.2).

Para reduzir as correntes de curto-circuito, o sistema funciona normalmente com o seccionador do barramento geral aberto, mas a operação paralela entre os dois transformadores principais é possível por curtos períodos.

Para alimentar os serviços de aquecimento e ventilação e ar condicionado, a parte do transformador deve ser modificada como mostrado na Figura 7, com um transformador de 800 kVA novo, TR3, além dos dois existentes.

Cargas normais são alimentadas por um único ponto da rede. O mesmo cabo de potência da rede, alimentador principal e distribuição radial também alimentam cargas preferenciais e essenciais.

Dois grupos geradores alimentam cargas preferenciais e essenciais. Cargas normais são desligadas através de seccionadores situados nas extremidades do barramento geral.

Dois grupos geradores alimentam cargas preferenciais e essenciais. Cargas normais são desligadas através de seccionadores situados nas extremidades do barramento geral.

Dois UPS alimentam cargas essenciais em caso de falha da alimentação normal e de reserva. As alimentações primária e de reserva são ligadas no esquema TN-S. O UPS pode ser ligado em TN-S ou IT (significando, aqui, aterramento isolado). Sistemas de aterramento isolados são excelentes para a continuidade do fornecimento de energia, mas não podem garantir a proteção pessoal. Onde um sistema IT é instalado, medidas de segurança apropriadas têm que ser tomadas para assegurar que somente pessoal autorizado possa ter acesso aos circuitos IT.

O segundo LV PCC foi removido da Figura 7.

Cada pavimento é ainda alimentado por dois painéis de distribuição, cada um com três seções (normal, preferencial e essencial), correspondendo às mesmas seções do quadro geral de baixa tensão.

A distribuição final poderia ser feita utilizando um esquema paralelo (Figura 8) ou radial único (Figura 9).

O esquema paralelo (linha compartilhada alimentando todos os pavimentos para cada tipo de carga) é mais barato e mais flexível no caso de crescimento da carga. Infelizmente, é limitado por uma pobre recuperação nas faltas nas linhas principais.

O esquema radial único (uma linha para cada pavimento para cada tipo de carga) assegura:

- mínima interferência e queda de tensão causada pela carga;
- no caso de uma falta, só cargas alimentadas pela linha defeituosa estão fora de serviço;
- problemas de manutenção reduzidos.

O esquema radial é então o esquema preferido

Dimensionamento da linha

A Tabela 5 mostra o dimensionamento das principais partes do sistema.

A carga total instalada (Colunas 2 e 3) é multiplicada pelos fatores de utilização (Colunas 4 e 5) para calcular os requisitos de potência da carga (Colunas 6 e 7). Como margem para futuros aumentos de carga, as linhas são dimensionadas (Colunas 8 e 9) considerando um fator adicional igual a 130% e 115% para circuitos de potência e iluminação respectivamente.



Figura 9 - Solução com alimentadores principais únicos (três tipos de cargas = três linhas de alimentadores principais/barramentos compartilhados por todos os pavimentos).

Linhas escuras indicam distribuição normal;
Linhas cinzas indicam distribuição preferencial;
Linhas claras indicam distribuição essencial.

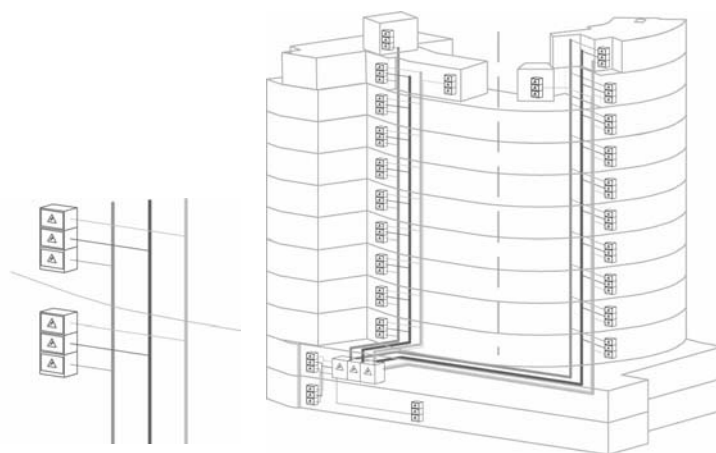


Figura 8 - Solução com esquema radial (10 pavimentos com três tipos de cargas = 30 alimentadores principais dedicados).

Linhas escuras indicam distribuição normal;
Linhas cinzas indicam distribuição preferencial;
Linhas claras indicam distribuição essencial.

Carga	Carga instalada (kVA)		Fatores de utilização		Potência resultante (kVA)		Potência resultante (kVA)	
	Força (1)	Luz (2)	Força (3)	Luz (4)	Força (5)	Luz (6)	Força (7)	Luz (8)
2° sub-solo	7	10	0,7	1	5	10	6,5	11,5
1° sub-solo	114	15	0,7	1	80	15	104	17,25
Térreo e serviços gerais	43	15	0,7	1	30	15	39	17,25
1° pavimento	50	17	0,7	1	35	17	45,5	19,55
2° pavimento	50	17	0,7	1	35	17	45,5	19,55
3° pavimento	50	17	0,7	1	35	17	45,5	19,55
4° pavimento	50	17	0,7	1	35	17	45,5	19,55
5° pavimento	50	17	0,7	1	35	17	45,5	19,55
6° pavimento	50	17	0,7	1	35	17	45,5	19,55
7° pavimento	50	17	0,7	1	35	17	45,5	19,55
8° pavimento	29	12	0,7	1	20	12	26	13,8
9° pavimento	3	2	0,7	1	2	2	2,6	2,3
Central térmica	29	0	0,7	—	20	0	26	0
Central de ar condicionado	843	0	0,7	—	590	0	767	0
Boxes	14	5	0,7	1	10	5	13	5,75
Elevadores	114	0	0,7	1	80	0	104	0
TOTAL	1546	178	—	—	1082	178	1407	204,7

Tabela 5 - Dimensionamento do sistema de distribuição primário.

Considerando a forma de onda da corrente medida, todas as novas linhas foram dimensionadas levando em conta o perfil harmônico e os requisitos de poder de recuperação:

- seção transversal do neutro igual ao de fase (Fascículo 3.5.1);
- cabos com capacidade de condução reduzida (Fascículo 3.5.1).

Atenção especial deveria ser dada ao dimensionamento do neutro e condutor de fase para evitar sobre aquecimento e disparos intempestivos dos dispositivos de proteção. A adoção de um UPS ou um conjunto motor-gerador não é útil se ocorrer uma falta na de linha depois disto.

Análise de custo

O custo da instalação existente é comparado com duas possíveis soluções alternativas na Tabela 6. Estas alternativas só diferem nos alimentadores principais, e, conseqüentemente, no custo do quadro geral de baixa tensão.

A Solução 1 é o esquema em paralelo e a Solução 2 é o esquema radial simples, que é preferível para novas edificações, mas difícil de empregar numa reforma da instalação.

Custo quando o projeto está ainda em fase inicial

E relação a esta situação, destacam-se os seguintes aspectos:

- as porcentagens se referem ao custo da instalação existente;
- o custo adicional das melhores soluções é baixo, se considerados na fase inicial do projeto;
- o custo da melhor solução técnica (ou seja, da Solução 2 - esquema radial simples na distribuição final) só difere por 3% da Solução 1, se considerado na fase inicial do projeto, mas a diferença é muito maior se considerada somente na fase de reforma;
- base de custo 2001;
- o custo para o UPS considera somente a compra e instalação. Os custos adicionais de manutenção também devem ser levados em conta.

Alimentação Resiliente de Energia em Edifícios Comerciais Modernos

Mesmo se a avaliação de custos médios relativos a um sistema projetado de acordo com a boa prática de qualidade de energia for difícil, deve ser reconhecido que:

- as estimativas de custo incluem os custos relacionados às dificuldades práticas de instalar e reformar uma edificação no centro de uma grande cidade;
- a modificação do esquema de distribuição principal é a ação mais importante e útil a ser realizada;
- a solução com linhas de alimentadores principais exclusivos é muito difícil de instalar com o edifício em operação.

Item	Existente (€)	Solução 1 (€)	Solução 2 (€)
Custo na fase de projeto			
Quadro geral de BT	32.000	35.000	45.000
Alimentadores principais	30.000	35.000	60.000
Distribuição horizontal	107.000	135.000	135.000
Grupos geradores	87.000	107.000	107.000
UPS	55.000	105.000	105.000
Força matriz	355.000	375.000	375.000
Iluminação	500.000	525.000	525.000
Total	1.166.000	1.317.000	1.352.000
Custo diferencial		151.000 (+13%)	186.000 (+16%)
Custo para reforma da instalação			
Custo adicional		422.000 (+36%)	543.000(+46%)

Tabela 6 - Comparações de custos.

Conclusão

Baixos custos iniciais não necessariamente significam um bom valor. Um sistema que atenda a requisitos de qualidade de energia, inicialmente mais caro, pode economizar muito dinheiro durante sua vida. O estudo de caso analisado neste artigo mostrou que uma instalação elétrica, projetada sem atenção às questões de qualidade de energia, resulta em uma quantidade considerável de gastos desnecessários. Decisões têm que ser tomadas tanto para solucionar os problemas quanto para simplesmente conviver com as inconveniências e interrupções que estas questões causam.

A análise de custo/benefício mostra que a resiliência do sistema deveria ser considerada cuidadosamente na fase de projeto. Um simples aumento de 16% no custo da instalação (1% do custo da edificação) resulta em:

- três linhas de defesa contra faltas de energia para cargas de missão crítica (painéis duais em cada pavimento, gerador, UPS);
- um sistema altamente resiliente, com cada pavimento alimentado por dois painéis de distribuição. Cada quadro é independente do outro, e de todos os painéis dos outros pavimentos;
- um sistema elétrico altamente flexível em relação ao crescimento de carga no futuro.

Embora possa parecer cara, a solução altamente resiliente crescerá, tipicamente, apenas aproximadamente 1% ao custo da edificação. Para edifícios comerciais, onde os custos operacionais se equivalem aos custos de construção após 7-8 anos, este investimento inicial será recuperado por um aumento de produtividade de 10 minutos por semana. Daí em diante, tudo é lucro.

Um projeto de acordo com as normas atuais não garante um desempenho ótimo em relação à qualidade de energia e aspectos de compatibilidade eletromagnética e soluções avançadas têm que ser considerados. Em nível europeu, melhores normas estão sendo preparadas atualmente.

Referências

1. P Chizzolini, P L Noferi: *Ottimizzazione degli interventi sulla rete di distribuzione mirati al miglioramento della continuità del servizio elettrico*. LXXXVII Riunione AEI, Firenze 1986.
2. T M Gruz: "A survey of neutral currents in three-phase computer power systems", *IEEE Transaction on industry applications*, vol. 26, n° 4 July/August 1990.
3. IEC 364-5-523 - *Electrical installations of buildings - Part 5-52: Selection and erection of electrical equipment - Wiring systems*.
4. A Baggini, A Bossi, "Componenti e carichi suscettibili ai disturbi", Corso "Interazioni elettromagnetiche tra componenti e sistemi in ambito industriale: compatibilità elettromagnetica in bassa frequenza" Dipartimento di Elettrotecnica del Politecnico di Milano, 21-25 febbraio 1994.
5. A Silvestri, F Tommazzoli, "Schemi per gli impianti di energia: semplicità, affidabilità, risparmio, ridondanza dove e come", Corso 'Il progetto degli impianti elettrici di energia. Le norme e la regola dell'arte', Dipartimento di Ingegneria Elettrica dell'Università degli Studi di Pavia, AEI, CNR, Pavia, 10-13 giugno 1991.

Referências & Membros Fundadores

European Copper Institute* (ECI) <i>www.eurocopper.org</i>	ETSII - Universidad Politécnica de Madrid <i>www.etsii.upm.es</i>	LEM Instruments <i>www.lem.com</i>
Akademia Gornicz-Hutnicza (AGH) <i>www.agh.edu.pl</i>	Fluke Europe <i>www.fluke.com</i>	MGE UPS Systems <i>www.mgeups.com</i>
Centre d'Innovació Tecnològica en Convertidors Estàtics i Accionaments (CITCEA) <i>www.citcea.upc.es</i>	Hochschule für Technik und Wirtschaft* (HTW) <i>www.htw-saarland.de</i>	Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg <i>www.uni-magdeburg.de</i>
Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI) <i>www.ceiuni.it</i>	Hogeschool West-Vlaanderen Departement PIH <i>www.pih.be</i>	Polish Copper Promotion Centre* (PCPC) <i>www.miedz.org.pl</i>
Copper Benelux* <i>www.copperbenelux.org</i>	International Union for Electricity Applications (UIE) <i>www.uie.org</i>	Università di Bergamo* <i>www.unibg.it</i>
Copper Development Association* (CDA UK) <i>www.cda.org.uk</i>	ISR - Universidade de Coimbra <i>www.isr.uc.pt</i>	University of Bath <i>www.bath.ac.uk</i>
Deutsches Kupferinstitut* (DKI) <i>www.kupferinstitut.de</i>	Istituto Italiano del Rame* (IIR) <i>www.iir.it</i>	The University of Manchester <i>www.manchester.ac.uk</i>
Engineering Consulting & Design* (ECD) <i>www.ecd.it</i>	Katholieke Universiteit Leuven* (KU Leuven) <i>www.kuleuven.ac.be</i>	Wroclaw University of Technology* <i>www.pwr.wroc.pl</i>
EPRI Solutions Inc <i>www.epri.com/eprisolutions</i>	Laborelec <i>www.laborelec.com</i>	

Conselho Editorial

David Chapman (Chief Editor)	CDA UK	david.chapman@copperdev.co.uk
Prof. Angelo Baggini	Università di Bergamo	angelo.baggini@unibg.it
Dr. Araceli Hernández Bayo	ETSII - Universidad Politécnica de Madrid	ahernandez@etsii.upm.es
Prof. Ronnie Belmans	UIE	ronnie.belmans@esat.kuleuven.ac.be
Dr. Franco Bua	ECD	franco.bua@ecd.it
Jean-Francois Christin	MGE UPS Systems	jean-francois.christin@mgeups.com
Prof. Anibal de Almeida	ISR - Universidade de Coimbra	adealmeida@isr.uc.pt
Hans De Keulenaer	ECI	hdk@eurocopper.org
Prof. Jan Desmet	Hogeschool West-Vlaanderen	jan.desmet@howest.be
Dr. ir Marcel Didden	Laborelec	marcel.didden@laborelec.com
Dr. Johan Driesen	KU Leuven	johan.driesen@esat.kuleuven.ac.be
Stefan Fassbinder	DKI	sfassbinder@kupferinstitut.de
Prof. Zbigniew Hanzelka	Akademia Gornicz-Hutnicza	hanzel@uci.agh.edu.pl
Stephanie Horton	LEM Instruments	sho@lem.com
Dr. Antoni Klajn	Wroclaw University of Technology	antoni.klajn@pwr.wroc.pl
Kees Kokee	Fluke Europe BV	kees.kokee@fluke.nl
Prof. Wolfgang Langguth	HTW	wlang@htw-saarland.de
Jonathan Manson	Gorham & Partners Ltd	jonathanm@gorham.org
Prof. Henryk Markiewicz	Wroclaw University of Technology	henryk.markiewicz@pwr.wroc.pl
Carlo Masetti	CEI	masetti@ceiuni.it
Mark McGranaghan	EPRI Solutions	mmcgranaghan@eprisolutions.com
Dr. Jovica Milanovic	The University of Manchester	jovica.milanovic@manchester.ac.uk
Dr. Miles Redfern	University of Bath	eesmar@bath.ac.uk
Dr. ir Tom Sels	KU Leuven	tom.sels@esat.kuleuven.ac.be
Prof. Dr-Ing Zbigniew Styczynski	Universität Magdeburg	Sty@E-Technik.Uni-Magdeburg.de
Andreas Sumper	CITCEA-UPC	sumper@citcea.upc.edu
Roman Targosz	PCPC	cem@miedz.org.pl



Hans De Keulenaer



European Copper Institute
168 Avenue de Tervueren
B-1150 Brussels
Belgium

Tel: 00 32 2 777 70 70
Fax: 00 32 2 777 70 79
Email: eci@eurocopper.org
Web: www.eurocopper.org



Prof Angelo Baggini



Università di Bergamo
v.le Marconi 5
Dalmine 24044
Italy

Tel: 00 39 035 2052353
Fax: 00 39 035 2052377
Email: angelo.baggini@unibg.it
Web: www.unibg.it

PRO C O B R E
Connects Life.™

Av. Brigadeiro Faria Lima, 2128-cj.203
Cep 01451-903
São Paulo - SP
Brasil

Tel./Fax: 55 11 3816-6383
e-mail: procobrebrasil@copper.org
Internet: www.procobre.org

EUROPEAN COPPER INSTITUTE

European Copper Institute
168 Avenue de Tervueren
B-1150 Brussels
Belgium

Tel: 00 32 2 777 70 70
Fax: 00 32 2 777 70 79
e-mail: eci@eurocopper.org
Website: www.eurocopper.org