

redes de transporte e de distribuição

{ A SEGURANÇA E A CONTINUIDADE DE ALIMENTAÇÃO ELÉCTRICA }



Uma grande continuidade e segurança no fornecimento da energia eléctrica constitui, com toda a evidência, a maior preocupação tanto dos responsáveis pela concepção do sistema eléctrico como dos responsáveis da exploração desse mesmo sistema.

• INTRODUÇÃO

Para manter o mais elevado grau possível de continuidade de fornecimento da energia eléctrica, tudo deve ser feito para impedir, na medida das possibilidades, a interrupção não programada ou, no caso contrário, para minimizar o tempo de interrupção, sempre que condições intoleráveis aparecem.

Quando, devido aos erros de concepção ou de dimensionamento do sistema eléctrico, uma perturbação normal – isto é, uma perturbação que devia ser absorvida sem consequência sobre a continuidade de serviço – leve até ao colapso de tensão, a rede está a falhar um dos seus objectivos essenciais, que é o de fornecer aos consumidores da maneira mais económica possível, com fiabilidade e segurança, a energia eléctrica em qualquer momento e qualquer que seja a quantidade pedida, dentro dos limites do contrato.

Os cortes não programados de fornecimento da energia eléctrica à totalidade ou a parte duma clientela correspondem ao estado último da instabilidade da tensão: o colapso da tensão.

As causas para essa situação podem ser

múltiplas e variáveis e, por vezes, diversos factores se imbricam para a explicar.

Só o conhecimento dos dados recolhidos pelos técnicos responsáveis da instalação permitirão fazer a análise acertada de cada incidente e chegar a possíveis conclusões.

A continuidade da alimentação eléctrica, em caso de imprevisto que afecte o sistema, não pode ser assegurada senão com o respeito de um certo número de condições em termos de sua estrutura, por um lado, e de sua organização, por outro. Essas condições consubstanciam-se numa boa fiabilidade e segurança do sistema eléctrico.

A fiabilidade e a segurança no fornecimento da energia eléctrica podem ser aumentadas, de maneira significativa, por:

1. Uma concepção muito cuidada das redes para, por exemplo, evitar a sobrecarga permanente de transformadores ou de linhas e de cabos de transporte ou de distribuição, que degrada as suas características físicas e pode conduzir à sua danificação;
2. Uma coordenação de isolamento correc-

ta e instalação de descarregadores de sobretensão, onde a sua necessidade se fizer sentir;

3. Uma utilização e uma manutenção preventiva correctas, o que supõe a existência de uma equipa de técnicos altamente competentes e treinados;
4. Um desdobramento de certos equipamentos (malhagem nas redes de Transporte ou estruturas de socorro nas redes de Distribuição), de maneira que a perda de um desses equipamentos não cause interrupções de serviço duma duração inaceitável.
5. Uma realização muito cuidadosa de instalações para diminuir, o máximo possível, a possibilidade do aparecimento de defeitos ou de situações anormais durante o funcionamento da rede.
6. Um cálculo correcto dos elementos da rede de modo que eles possam resistir às solicitações mecânicas e térmicas devidas às correntes de curto-circuitos.
7. Assegurar a manutenção de margens de funcionamento em relação aos limites físicos, pelo estabelecimento de procedimentos específicos tanto na fase do desenvolvimento da infraestrutura como na fase da exploração do sistema.

8. Aplicação, na concepção da rede, do princípio chamado de "N – 1" que significa que, por todo o incidente afectando um elemento qualquer do sistema eléctrico (uma linha, um cabo, um transformador, uma unidade de produção), nenhum outro elemento do sistema ultrapassa um critério admissível que seja de carga nominal ou de tensão.

Para além disso, em exploração diária, esse critério N – 1 é verificado tendo em conta as condições reais de exploração do sistema, ou seja, os elementos de rede fora de serviço, o parque real de produção, a carga real da rede, etc.

Por consequência, para todo o incidente simples no sistema eléctrico, os utilizadores não dão conta dele, sendo os fluxos, pela concepção do sistema, reorientados para os elementos em paralelo ou para as estruturas de socorro.

9. Realização, na medida do possível, da interconexão de vários centros de produção a fim de aproveitar o efeito de dimensão e de permitir suprir a fraqueza que advém da capacidade limitada do sistema em restabelecer o equilíbrio entre a carga e a produção, no seguimento de uma variação brusca desse equilíbrio. Assim, por exemplo, em caso de perda de um grupo de produção, obtém-se uma redução do impacto no sistema devido ao aumento da dimensão desse mesmo sistema.

Todas essas particularidades devem conduzir a um funcionamento dos sistemas eléctricos longe de seus limites físicos, permitindo assim que certas perturbações inevitáveis possam ocorrer, sem transgressão frequente e duradoura desses limites.

A realização dessas condições é muito mais fácil num sistema de mercado energético regulado em que há um planeamento rigoroso do desenvolvimento das redes, a gestão integrada da produção e das redes, capacidades de investimentos postas em concordância com os objectivos técnicos fixados de modo consensual entre os diferentes componentes da sociedade.

A desregulação do mercado eléctrico veio

modificar profundamente as condições da gestão da segurança de funcionamento das redes, que são obrigadas, por razões económicas, a funcionar bem perto dos seus limites físicos ou de estabilidade, o que aumenta o risco de transgredir acidentalmente esses limites. Tal facto impõe novos desafios aos responsáveis das redes.

A energia eléctrica, no estado actual da técnica, não pode ser armazenada em grande escala. Para além disso, os meios de armazenamento utilizáveis baseiam-se praticamente todos na conversão numa outra forma de energia, com a agravante de que a reconversão sob a forma de electricidade útil é fortemente penalizada pelo atraso com que esta chega relativamente à necessidade que deveria suprir, isto é, a restauração do equilíbrio produção-carga.

Nessas condições, para garantir da melhor maneira a continuidade de serviço, as redes devem apresentar os meios de produção de energia necessários, bem como os meios para transportar essa mesma energia, de maneira sã, dos sítios da produção até à instalação de cada um dos utilizadores (industriais e domésticos).

Na procura desse objectivo, o responsável da rede é confrontado, em particular, com as perturbações e com as anomalias de funcionamento que afectam as redes de energia ou seus órgãos de controlo.

Em funcionamento normal, as variações diárias do consumo podem ser determinadas com uma precisão bastante grande. As previsões, que se estabelecem assim, têm em conta factores muito diversos: período do ano, clima, incidentes meteorológicos, retransmissão pela televisão de competições desportivas, etc.

Compete ao centro de gestão da rede a repartição judiciosa do consumo assim previsto entre os diferentes centros de produção a fim de assegurar a melhor utilização do ponto de vista económico.

Como não é possível, técnica e economi-

camente, realizar redes com 100% de fiabilidade e de segurança, ou seja, redes nas quais nenhuma deficiência possa aparecer, o responsável de protecção deve aceitar que defeitos (curto-circuitos ou ruptura de circuitos) e outras situações anormais de funcionamento das redes (quedas anormais da frequência, perda de sincronismo, quedas de tensão, sobretensões, perdas de potência, aparecimento de sobrecargas, ...) possam aparecer, e tomar medidas para reduzir os seus efeitos.

› CONSIDERAÇÕES SOBRE O FUNCIONAMENTO EM SOBRECARGA E EM CONDIÇÕES ANORMAIS DE FREQUÊNCIA, DE TENSÃO, E DE MARCHA FORA DE SINCRONISMO

A reacção do sistema eléctrico à degradação da frequência e da tensão, às sobrecargas e à marcha fora do sincronismo vai condicionar a manutenção da continuidade da alimentação em condições aceitáveis.

Essas situações anormais de funcionamento de elementos do sistema que, ao invés dos curto-circuitos, não devem, necessariamente, provocar disparos dos elementos afectados, correspondem a condições para as quais o material não foi previsto funcionar de modo permanente e que, por consequência, podem pôr em perigo a sua segurança ou causar constrangimentos inadmissíveis nas instalações envolvidas.

As acções a realizar devem ir no sentido da restauração do estado inicial do sistema ou de um estado que lhe é próximo.

Restaurar o estado do sistema significa essencialmente preservar a integridade da rede. Isso quer dizer conservar, na medida do possível, o máximo de elementos das redes em serviço, repor as variáveis principais, a tensão, a frequência, a carga das ligações nos seus domínios respectivos, de maneira a evitar disparos suplementares; mas também preservar as unidades de produção e mantê-las disponíveis, conectadas ou não ao sistema.



Essa restauração implica: o deslastre de carga, o isolamento (funcionamento em ilhotas) de zonas que são objecto do incidente inicial ou de perturbações consecutivas.

As principais situações anormais desse género são:

1. A sobrecarga de um aparelho, de uma linha aérea ou de um cabo subterrâneo;
2. O funcionamento em regime desequilibrado (que implica as correntes homopolares, que podem circular nos enrolamentos em triângulo dos transformadores ou das máquinas girantes, e as correntes inversas, que remontam até aos motores da clientela, provocando o seu sobreaquecimento e deterioração);
3. O funcionamento em condições de frequência e de tensão anormais;
4. As oscilações pendulares e o funcionamento fora de sincronismo.

Uma dessas situações é, assim, a que corresponde à presença de correntes de sobrecarga, quer dizer, de correntes que ultrapassam o valor máximo admitido, em regime contínuo, nos diferentes elementos da rede.

Essas correntes de sobrecarga podem ser provocadas por diversas causas (por exemplo, o disparo inopinado de uma linha origina uma transferência de carga para uma outra linha que é, assim, atravessada por uma corrente de intensidade anormalmente elevada, a sobrecarga de um transformador no seguimento de uma transferência de carga devido ao disparo de um outro transformador ou da paragem imprevista de ventiladores e/ou aero-refrigerantes do sistema de refrigeração de um transformador...)

A protecção e as precauções contra essas situações são, em geral, tratadas no estudo da protecção dos diferentes elementos.

Por agora, notemos que a existência das protecções de sobrecarga é antes de mais associada ao funcionamento em paralelo e à interligação dos elementos das redes que se procurará sempre (pelo menos nas circunstâncias excepcionais de incidente) explorar

até ao seu limite de estabilidade.

Em matéria de sobrecarga, a distinção entre segurança e perigo não é tão nítida como no caso dos defeitos. As sobrecargas podem ter repercussão numa fracção importante da rede. Com efeito, se a sobrecarga se produz num período de forte carga no conjunto da rede, as consequências de uma desligação de um circuito sobrecarregado (um transformador, por exemplo) podem ser muito graves. Isso porque a sua colocação fora de serviço pode provocar a transferência de cargas para outros elementos já sobrecarregados e implicar disparos em cascata, conduzindo a um incidente generalizado.



Tendo em conta o facto de as sobrecargas serem fenómenos com um efeito térmico, pode-se reportá-las a uma escala de tempo nitidamente mais longa do que a dos defeitos, por exemplo, um minuto ou algumas dezenas de minutos, comparado a uma fracção de segundo para os defeitos.

Explorando essa característica intrínseca dos fenómenos de sobrecarga, a acção das protecções contra as sobrecargas não visa primordialmente pôr o elemento protegido fora de serviço. O seu objectivo será orientado, pelo contrário, no sentido de aproveitar o intervalo de tempo concedido pela física do fenómeno para permitir aos exploradores das redes e, nomeadamente ao responsável do Centro de Controlo, tomarem medidas para reduzir a carga, aliviando o elemento em sobrecarga.

Por conseguinte, a prática nesta matéria é a de manter o elemento sobrecarregado, se for possível, enquanto este não atingir realmente a temperatura perigosa, na esperança

de que a sobrecarga terá desaparecido antes do instante em que a desligação inevitável se produza automaticamente ou por acção do Centro de Controlo.

Um outro factor de degradação do funcionamento das redes é a perda de estabilidade em frequência.

Sabe-se que uma rede funciona normalmente enquanto houver um equilíbrio razoável entre a produção da electricidade e o consumo que é feito dela. Se o consumo é superior à produção, há uma baixa de frequência que só poderá ser corrigida se a produção reagir com suficiente rapidez para repor o equilíbrio, o que nem sempre é o caso, por falta de reserva suficiente e da capacidade de a mobilizar com a prontidão necessária.

Esse problema de baixa de frequência é particularmente sensível nas redes isoladas, porque nas grandes redes interligadas o défice de reserva não conduz a problemas de frequência mas a problemas de transferência de potência que se traduzem muitas das vezes num colapso de tensão.

As baixas de frequência podem ser combatidas por acções na produção com o arranque automático de unidades de ponta, com o disparo escalonado de cargas interruptíveis, com a paragem das bombas nas centrais de bombagem, e ainda com a ligação automática dos procedimentos de funcionamento em sobrecarga das unidades térmicas.

Pelo seu lado, as baixas de tensão lentas podem ser contrariadas pela ligação ou desligação das indutâncias e das capacidades shunt, pelo bloqueio dos reguladores em carga dos transformadores de distribuição ou pela redução das tensões de referência na Média Tensão. Em caso de baixa de tensão rápida deve-se proceder a um deslastre automático da carga.

Examinemos agora a situação que pode levar à perda de sincronismo.

A interligação de um certo número de centrais eléctricas constitui uma rede em anel

O que é uma UPS? É um sistema de alimentação ininterrupta que, graças à sua bateria, proporciona electricidade em caso de falha ou alteração do fornecimento de electricidade e pode regular o seu fluxo controlando as subidas e descidas de tensão que possam afectar a instalação. É classificada por tecnologia **Passive Standby**, **Line Interactive** ou **Double Conversion**.

SLC TWIN

UPS On line Double Conversion 700 a 20000VA

PROTECÇÃO CRESCENTE

Obtenha mais potência sem trocar de equipamento

A série **SLC TWIN** da **SALICRU** incorpora a capacidade de crescimento em paralelo (até 3 unidades) com o objectivo de permitir uma actualização adaptável às alterações que ocorram na empresa (maior necessidade de protecção) sem necessitar de trocar a UPS instalada.

Deste modo, se a sua empresa aumentar o número de computadores ou se as necessidades de produção implicarem um aumento das infra-estruturas, com a série **SLC TWIN** poderá facilmente cobrir as necessidades de protecção eléctrica dessa ampliação.

Para além disso, o ecrã LCD frontal permite-lhe saber, a todo o momento, qual o estado do equipamento obtendo informação constantemente actualizada e controlando de forma simples todas as funções da **SLC TWIN**.



Série SLC TWIN: Protecção para ambientes informáticos, industriais, hospitalares e de telecomunicações.



Entre em www.salicru.com e descubra o modelo que se adapta às suas necessidades.



Também disponível na versão rack 19" **SLC TWIN RACK**

SPS ADVANCE

UPS Line interactive 750 a 3000VA

- Protecção de alto rendimento para ambientes informáticos de PME
- Disponível nos formatos torre e rack 19"
- Alta autonomia, ampliável nos modelos 1500, 2000 e 3000VA.



SLC CUBE3

UPS On Line Trifásica 7500 a 80000VA

- Óptima protecção dos sistemas mais críticos (ambientes informáticos, infra-estruturas de telecomunicações e processos industriais, entre outros).
- HF Technology: On Line Double Conversion em alta frequência.
- Novo microprocessador DSP de controlo até 200 vezes mais rápido que o normal.

Telefone: **214 937 585** Fax: **214 938 157**

Email: portugal@salicru.com

Praça Alvaro Lopes 14 A-B 2700-046 Amadora

WWW.SALICRU.COM

SALICRU
SOLUÇÕES EM POTÊNCIA



que, embora normalmente estável, pode oscilar sob o efeito de um choque qualquer, tal como, por exemplo, um defeito (oscilações pendulares).

Se a perturbação ultrapassa um certo limite permitido pela impedância efectiva das ligações entre as centrais, o desvio angular entre as fs.e.ms. das máquinas pode, segundo a importância e a duração do defeito, ultrapassar o limite de estabilidade entre as centrais, podendo estas perder o sincronismo. Essa situação pode afectar toda uma região.

Nesse caso, o funcionamento em ilhota permite evitar a eventual propagação do fenómeno a outras zonas do sistema. A realização de uma tal situação exige uma acção extremamente rápida.

Obrigado a um funcionamento em ilhota ou a interrupção de linhas de interligação são medidas extremas que permitem parar a difusão de uma perturbação no sistema.

A maneira mais eficaz de proceder seria a de determinar dinamicamente a zona a isolar assim como medidas anexas indispensáveis. No entanto, o que se faz de modo mais corrente é estabelecer previamente tais zonas na base de critérios estruturais da rede. Uma alternativa baseia-se na utilização de um relé de perda de sincronismo instalado ao nível de cada alternador.

Um outro fenómeno que se deve ter em conta é o desenvolvimento de oscilações não amortecidas com origem em oscilações divergentes dos rotores das máquinas, correspondendo em realidade a um caso particular de perda de estabilidade angular.

O fenómeno desenvolve-se no estado quase estacionário, estendendo-se, muitas das vezes, por vários minutos, e acaba, em geral, pela perda de sincronismo, a menos que uma não linearidade do sistema venha limitar a amplitude da oscilação que se torna sustentada ou que uma contra medida adequada não ponha o sistema aquém do seu limite de estabilidade estática.

As oscilações pendulares e a marcha fora de sincronismo geram a circulação de correntes trifásicas de baixas frequências. Essas correntes e as variações concomitantes da tensão podem simular condições semelhantes às criadas pelos defeitos, e agir em certos tipos de protecção.

CONSIDERAÇÕES SOBRE OS DEFEITOS

Se os defeitos não forem eliminados com a selectividade, a rapidez e a fiabilidade suficientes isso provocará estragos consideráveis e interrupções de serviço economicamente inaceitáveis. Os defeitos que afectam a rede eléctrica podem ser defeitos de isolamento ou defeitos de exploração. Os defeitos de isolamento são caracterizados pela destruição das características de diferentes meios isolantes na rede. Os defeitos "de exploração" são provocados por causas fisicamente externas à rede.

Os defeitos de isolamento podem ser provocados por factores de natureza muito diversa, uns específicos às redes aéreas e outros específicos às redes de cabos subterrâneos: a queda de aves e de aviões, o nevoeiro, a neve, etc., que reduzem, pela sua presença, as propriedades isolantes do ar, as descargas atmosféricas (responsáveis por 50% a 80% dos defeitos nas linhas aéreas) que, pela ionização reduzem as propriedades isolantes do ar, o vento que aproxima os condutores ("galloping"), a queda de condutores, o contornamento de isoladores devido à poluição, o envelhecimento do revestimento isolante nos cabos subterrâneos, a degradação nos cabos subterrâneos provocada pelos defeitos ditos intermitentes, pelas sobrecargas prolongadas, pelos curto-circuitos tardiamente eliminados, etc.

Os defeitos, chamados defeitos "de exploração", não têm origem na própria rede.

Esses defeitos têm aspectos muito variados: uma deficiência interna das protecções, uma regulação incorrecta das protecções (por exemplo, o facto de não se tomar em conta na regulação do relé de protecção

do lado MT do transformador AT/MT kV de alimentação principal de uma cabina, a corrente de magnetização - efeito "in rush"- dos transformadores MT/BT espalhados na rede), uma conexão incorrecta dos sistemas de protecção ou um erro humano cometido nos ensaios ou durante a manutenção, etc.

Esses defeitos podem provocar a interrupção no fornecimento da energia da mesma maneira que um curto-circuito mal eliminado ou uma sobrecarga excessiva durante um tempo muito longo.

É preciso no entanto realçar que um defeito só pode levar a uma certa instabilidade da tensão e, por consequência, eventualmente a um colapso da tensão nas redes de transporte e de interligação se as condições de funcionamento do sistema estiverem degradadas, por exemplo, se o sistema experimentar tensões baixas ou se o incidente for mais grave do que o incidente de referência adoptada na concepção do sistema de protecção.

Um outro aspecto importante relaciona-se com a duração máxima admissível dos defeitos, para o qual é preciso realçar o seguinte:

1. No dimensionamento e selecção dos elementos de uma rede eléctrica é obrigatório ter em conta não somente o regime de carga permanente (que corresponde à corrente e à tensão de funcionamento normal) mas também os regimes que aparecem em caso de curto-circuito entre fases ou de defeitos à terra.
2. As correntes de curto-circuitos trifásicos atingem, em geral, valores várias vezes superiores às correntes nominais e provocam, por isso, fortes constrangimentos dinâmicos e térmicos.

A sua importância permite não somente definir o poder de corte dos disjuntores, mas também o controlo ou a determinação das características de outros equipamentos das redes.

Nesse domínio, devem, por conseguinte, ser considerados os dois aspectos seguintes:

1. Os efeitos electrodinâmicos e os efeitos térmicos devidos às correntes de curto-circuitos;
2. As quedas de tensão nas instalações dos utilizadores, devidas às correntes de curto-circuitos.

Para avaliar os efeitos electrodinâmicos e térmicos, é preciso conhecer os valores actuais e futuros das potências e das correntes de curto-circuito correspondentes. Os equipamentos (linhas, cabos, barramentos, ...) e os aparelhos (seccionadores, disjuntores, transformadores de medida, ...) são dimensionados para resistir a essas correntes de curto-circuito, tanto do ponto de vista electrodinâmico como térmico, durante um tempo máximo determinado.

Por exemplo, uma linha aérea ou um cabo subterrâneo podem suportar uma corrente de curto-circuito de um certo valor, durante um certo tempo máximo que não possam con-

duzi-los a uma temperatura superior a uma temperatura máxima, para poderem manter-se nos limites admissíveis para a flecha, aquecimento dos condutores, dos ligadores (caso das linhas aéreas) ou para as armaduras e os ecrãs (caso dos cabos subterrâneos).

Os cálculos que podem ser efectuados mostram claramente que é indispensável dispor de um sistema de protecção bem concebido para garantir que, em caso de defeito, nunca seja atingido esse valor de temperatura.

No que diz respeito às quedas de tensão provocadas pelas correntes de curto-circuito, pode notar-se o seguinte:

1. Os curto-circuitos entre fases têm efeitos profundos no ponto do defeito e podem ser ressentidos a grande distância desse ponto.
2. Podem perturbar de maneira importante os receptores (desaceleração e a desli-

gação de contactores) e provocar danos nas máquinas accionadas electricamente assim como nos produtos elaborados por essas máquinas.

A duração admissível para os defeitos numa rede e para uma região (ou um elemento) considerados, é o resultado de um compromisso técnico-económico que será estabelecido pelos serviços de planeamento das instalações.

CONCLUSÃO

A realização de um dos objectivos essenciais das redes eléctricas – que é o de garantir uma óptima continuidade de serviço de alimentação da clientela industrial ou doméstica – exige a realização de instalações eléctricas que respeitem um certo número de condições em termos de estrutura, por um lado, e de organização, por outro. É precisamente isto que o artigo procurou mostrar.

PUB

A energia do país passa por nós.

Fazer chegar a energia onde ela é necessária é uma das nossas missões. Sempre com consciência e preocupação a nível social e ambiental e com altos critérios de qualidade e segurança. Por isso, a REN – Redes Energéticas Nacionais – assegura um canal de transporte eficaz de toda a energia do país, seja ela de muito alta tensão ou de alta pressão tendo em conta os elevados padrões de exigência do mercado. Porque é no futuro de todos nós que dedicamos toda a nossa energia – Electricidade ou Gás - onde é preciso. Em todo o país.

