Rompendo paradigmas na concepção de redes de distribuição

As redes de distribuição no Brasil compreendem basicamente os sistemas de 36,2, 25 e 15 kV para distribuição primária e 380 e 110 V, para distribuição secundária. De maneira simplificada, estas redes são constituídas de transformadores, condutores e cargas em arranjos que devem considerar fatores como a qualidade do serviço desejada, a disponibilidade de recursos e a taxa de retorno de capital fixada.

Diferentes configurações podem ser utilizadas para a rede de distribuição secundária, havendo um destaque para três delas: a configuração radial, a interligada e a configuração reticulada. O sistema radial simples (Fig. 1), amplamente utilizado no Brasil, é o que exige menor investimento. Este fato decorre da inexistência da duplicidade de equipamentos, ou seja, equipamentos de reserva e da baixa complexidade para instalar novos equipamentos quando há crescimento da carga. Ainda assim esta configuração apresenta uma confiabilidade satisfatória desde que empregados equipamentos e materiais de boa qualidade e corretamente dimensionados. Compõe-se de um alimentador de distribuição suprindo, através de um circuito secundário radial, diversas cargas. É um sistema de operação simples e expansão facilitada. Sua grande desvantagem são as possíveis descontinuidades do serviço já que, uma falta no circuito secundário ou problema no transformador desconecta todas as cargas que tem o transformador como fonte de alimentação. Além disso, se o sistema estiver mal dimensionado ou desbalanceado serão grandes as perdas de energia. O projeto de um sistema radial envolve um estudo que tem por base fatores como a queda e a regulação de tensão permitidas, o balanceamento das cargas nas fases do transformador, seu carregamento máximo e o custo das perdas e manutenção.

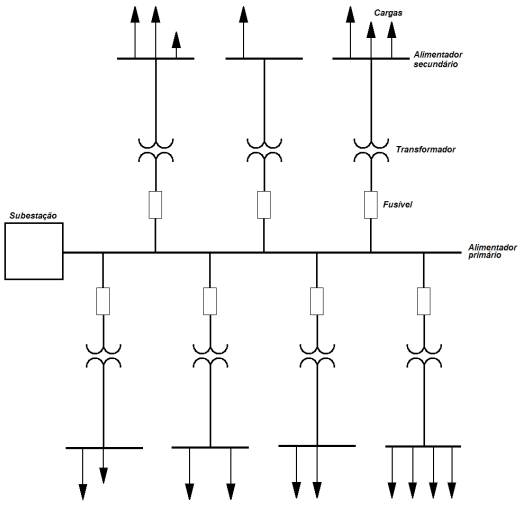

Fig. 1 – Diagrama de um sistema de distribuição radial simples.

O sistema interligado (Fig. 2) constitui-se um aprimoramento de um sistema radial simples, obtido através da interligação dos secundários de transformadores supridos pelo mesmo alimentador primário, resultando em uma configuração similar a um banco. Para este sistema, existe a possibilidade de suprimento de energia às cargas no caso de falha de um dos transformadores que formam o conjunto, já que os demais continuariam suprindo a demanda, mesmo que trabalhando, temporariamente, em sobrecarga. O desligamento só ocorre no caso de falha em trechos do ramal alimentador das cargas.

Neste caso, a distribuição adequada das cargas pode minimizar consideravelmente o tamanho do trecho afetado pelo desligamento. Este sistema oferece ainda algumas vantagens, tais como a redução da queda de tensão associada a partida de motores, redução das oscilação de tensão no secundário, diminuição da potência instalada dos transformadores, facilidade de inclusão de novas cargas. A mudança do sistema radial simples para o interligado é relativamente simples e não requer investimento elevado. No caso, além da proteção convencional do sistema radial simples, devem ser instalados fusíveis ou disjuntores nos pontos de interligação dos alimentadores secundários.

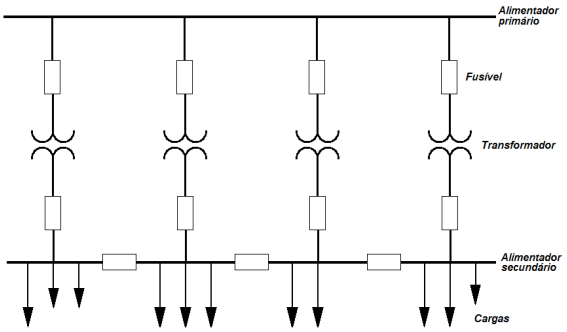

Fig. 2 – Diagrama de um sistema interligado com quatro transformadores e proteção feita com fusíveis.

O alimentador secundário do sistema radial interligado pode ainda ter seus terminais conectados em anel ou malha, de modo que o secundário é alimentado por diversos transformadores ao longo deste anel (Fig. 3). Neste caso, além das vantagens obtidas com o sistema interligado, é possível reduzir o número total de transformadores que atenderiam aquelas cargas, caso o sistema fosse radial, além de promover um melhor equilíbrio no carregamento dos mesmos, reduzindo o número de unidades que venham viriam a trabalhar em sobrecarga. Quando uma falha ocorre em algum trecho do alimentador, este trecho é isolado e o restante da malha é alimentado pelos demais transformadores que continuam conectados à rede. No caso de falta em um dos transformadores, o mesmo é desligado automaticamente da rede primária por meio de uma chave fusível. Estas vantagens aliadas ao uso de transformadores de alta eficiência podem diminuir o tempo de retorno de investimentos e trazer outros ganhos para o sistema, tais como: diminuir perdas e aumentar a confiabilidade. A única ressalva é que, no caso de falha, neste caso, como a rede secundária continua energizada, ocorre uma inversão do fluxo de energia, de modo que a rede secundária passa a alimentar a falta no transformador defeituoso. Isto pode ser evitado se for utilizado um disjuntor de proteção nos secundários dos transformadores de modo a evitar a possível inversão no fluxo de potência no ponto da falta.

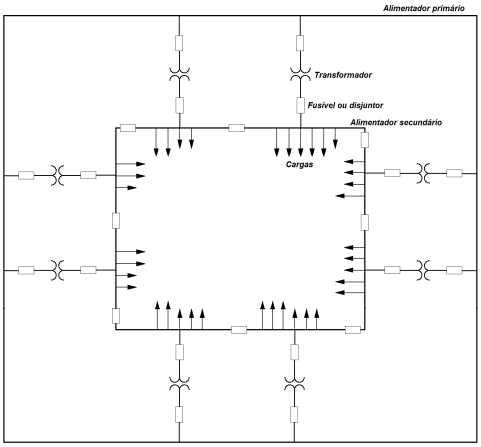

Fig. 3 – Diagrama simplificado de um sistema de distribuição secundário em anel

No Brasil, as redes secundárias radiais são amplamente utilizadas, seja por questões de tradição no seu uso, seja pelos custos iniciais. Redes malhadas são normalmente usadas em projetos específicos, tais como redes de distribuição subterrâneas ou alimentação de áreas com elevada densidade de cargas. De modo geral, a escolha de um ou outro sistema implica em uma avaliação de determinadas características tais como densidade das cargas, densidade demográfica, custos da rede secundária, custos da proteção, balanço das perdas e níveis de curto circuito. Mas romper este paradigma de uso intensificado das redes radiais é uma questão de tempo. Em um contexto geral, é possível afirmar que as redes malhadas são melhores devido a sua alta confiabilidade, refletindo em reduzido índice de desligamento e intervenções emergenciais. Considerando a atual regulamentação do setor elétrico brasileiro, isto constitui uma vantagem já que contribui para a melhoria dos índices de qualidade das concessionárias e reduz as penalidades previstas no sistema de remuneração por meio de parcela variável. Isto será mais evidente quando for necessária a remuneração por perdas ocasionadas. Ainda assim, em alguns casos, como a alimentação de redes rurais ou áreas de baixa densidade demográfica e de cargas, o sistema malhado não se justifica tecnicamente, sendo recomendáveis os sistemas radiais.

Portanto, a escolha do melhor sistema deve levar em conta também a viabilidade financeira e os ganhos técnicos em termos de qualidade e confiabilidade. Em relação à qualidade, os principais critérios utilizados são a continuidade do serviço, a segurança, a confiabilidade e a regulação de tensão. Critério estes que envolvem ainda aspectos como a simplicidade de operação do sistema, a sua flexibilidade e facilidade de manutenção.

No âmbito financeiro, são considerados principalmente os investimentos em novos equipamentos, manutenção e ampliação da rede existente, bem como o tempo de retorno destes investimentos. Normalmente, levando-se em conta os métodos de capitalização aplicados pelo setor, deseja-se que o tempo de retorno seja o menor possível, de até 5 anos, considerando o cenário mais otimista. Deste modo, nem sempre o melhor projeto no aspecto técnico é o de implementação mais viável. Entretanto, agregar outras soluções como citado posteriormente pode contribuir para a redução deste tempo de retorno, sendo portanto necessário um estudo criterioso para se determinar a partir de que condições o aumento da confiabilidade obtido com o sistema malhado justifica os seus custos.

Assim, em um contexto geral, é possível reconhecer que as redes malhadas são melhores devido a sua alta confiabilidade, refletindo em reduzido índice de desligamento e intervenções emergenciais e conseqüentemente menores custos operacionais. Entretanto, por ser um sistema mais complexo, fatores como procedimentos de manutenção e uma coordenação de proteção mais bem elaborada devem ser atendidos. Considerando a atual regulamentação do setor elétrico brasileiro, isto constitui uma vantagem já que contribui para a melhoria dos índices de qualidade das concessionárias e reduz as penalidades previstas no sistema de remuneração. Deve-se considerar ainda que, em alguns casos, como a alimentação de redes rurais ou áreas de baixa densidade demográfica e de cargas, o sistema malhado não se justifica tecnicamente, sendo recomendáveis os sistemas radiais. Ainda assim, é necessário salientar que a escolha do tipo de configuração a ser utilizada em uma rede de distribuição secundária deve ser feita a partir de uma criteriosa análise técnico-financeira, só assim é possível indicar o sistema mais vantajoso para uma determinada localidade. Além disso, uma utilização mais ampla de redes malhadas implica em uma mudança de filosofia a ser adotada pela maior parte das concessionárias brasileiras.

- Agregar transformadores eficientes pode ser uma solução para a escolha da das redes de distribuição

Apesar do baixo investimento inicial das redes radiais, até o momento não foi estudado profundamente o custo da operação real destas redes, pois o que se encontra na maior parte do país são redes com

expansão descontroladas, alto desbalanço de cargas e elevadas perdas tanto por transformadores com períodos ociosos como por cargas que crescem desordenadamente e sem um plano de ação contínua. Partindo de uma visão geral, é possível afirmar que os transformadores com perdas reduzidas no núcleo e enrolamentos, ou seja, os transformadores ditos eficientes encontram um excelente campo de aplicação em redes interligadas e, principalmente em redes malhadas. O uso de transformadores com baixas perdas encontra justificativa de retorno financeiro para as concessionárias a partir do momento em que trabalham com um valor de carregamento, no qual a corrente que circula pelos enrolamentos provocaria perdas elevadas em um transformador convencional. Deste modo, a redução do número de transformadores e, por conseguinte, das perdas em vazio associadas a uma redução nas perdas nos enrolamentos é uma opção que deve ser considerada. Neste caso, o transformador eficiente apresentaria menores perdas e maior vida útil, já que este parâmetro está diretamente relacionado ao seu aquecimento.

No caso das redes interligadas, o conjunto de transformadores pode ser projetado de modo que cada unidade trabalhe com um alto fator de carga e, em termos de carregamento inicial, valores próximos do carregamento nominal. Isto é possível porque a carga se encontra distribuída de maneira equitativa entre os transformadores do conjunto, de modo que o crescimento previsto da rede também passa a ser distribuído entre os transformadores, assim como os picos de demanda, reduzindo a sobrecarga individual. Sabe-se que, quanto maior a carga, maiores as perdas no cobre, portanto, a utilização de transformadores eficientes, neste caso, implica em redução significativa de perdas. Além disso, com a falha de um transformador, os demais integrantes do banco passam a trabalhar em sobrecarga, de modo que, nesta situação, as perdas resultantes também teriam uma redução significativa quando comparadas as perdas de um transformador convencional, havendo uma maior margem para sua utilização em sobrecarga.

No caso das redes malhadas, além das vantagens apontadas para a utilização dos transformadores eficientes na configuração interligada, há ainda o fato de que, ao se fechar a malha, o número total de transformadores utilizados para atender as cargas conectadas pode ser reduzido, ou seja, economiza-se na quantidade de equipamentos utilizados. Entretanto, cada transformador passa a trabalhar com um carregamento mais elevado. E neste caso, menores perdas nos enrolamentos poderiam representar em significativo retorno financeiro por meio da capitalização das perdas, justificando uma escolha mais adequada das redes.