

Capítulo XII

Redução dos níveis de energia incidente – Estudo de caso 3

Por Alan Rômulo e Eduardo Senger*

No capítulo anterior, foram apresentados os cálculos preliminares de energia incidente considerando o projeto original de uma determinada instalação elétrica, sem a aplicação de proteção específica contra os riscos do arco elétrico. Neste capítulo, o último deste fascículo que tratou sobre arco elétrico, é apresentado um projeto visando a redução dos níveis de energia incidente.

Arquitetura de proteção contra arco elétrico

Os relés de proteção instalados na unidade estudada deste trabalho são do tipo estático. Dada as características e limitações desse tipo de relé, não é possível implementar um sistema de proteção contra arcos elétricos. Dessa forma, torna-se necessário utilizar equipamentos compatíveis com os detectores de arco e que possuam recursos adicionais para aumentar a confiabilidade do sistema de detecção.

A solução aplicando uma unidade de detecção de arco possui a vantagem de ser mais barata e dedicada somente para a proteção contra arcos elétricos. Entretanto, os recursos oferecidos por uma arquitetura utilizando essas unidades é limitada, não possuindo, por exemplo, a funcionalidade de restrição por sobrecorrente. No máximo, essas unidades podem ser dotadas de detectores de fumaça. Dada essas limitações, essa solução não será considerada para o projeto do sistema de proteção contra arcos elétricos da unidade analisada neste trabalho.

Outra possibilidade é utilizar um sistema dedicado para proteção contra arcos elétricos. Esse sistema possui recursos operacionais e de seletividade, tornando o sistema de proteção contra arco elétrico mais abrangente e versátil. Com relação aos critérios de operação, o comando de trip pode ser emitido de duas formas: somente com a detecção de luz ou incorporar junto à detecção de luz a função de sobrecorrente. Já a seletividade pode ser conseguida por meio da divisão da operação por zonas e da transferência do sinal de trip entre as unidades de detecção de arco.

Embora este sistema seja dotado de recursos adicionais, o mesmo também não será empregado para mitigação dos riscos envolvendo arco elétrico, devido a outras funcionalidades disponíveis nos relés de proteção digitais que o tornam mais atrativo para a aplicação proposta.

A arquitetura escolhida neste trabalho utiliza os relés de proteção numéricos dotados do recurso para detecção de arco. As vantagens dessa arquitetura é que ela pode agregar diversas funcionalidades além da detecção de luz por meio dos sensores luminosos, como a detecção de sobrecorrente de fase e neutro, e a possibilidade de configuração de grupo de ajustes específicos para operação e manutenção em painéis que possuem o risco de arco elétrico.

Além das características específicas para proteção contra arco elétrico, os relés de proteção digitais poderão agregar novos recursos para o sistema de proteção da unidade, indisponíveis no momento devido à tecnologia dos relés instalados atualmente. Entre esses recursos, pode-se destacar a geração de relatórios de eventos, a oscilografia, automonitoração e a medição de grandezas elétricas em tempo real, tais como corrente, tensão, frequência e potência.

Dessa forma, a solução proposta consiste na substituição dos relés estáticos instalados atualmente por relés digitais. Esses relés serão dotados de entradas opcionais para os sensores luminosos, que serão dispostos ao longo dos painéis nos pontos susceptíveis à formação de arco. Adicionalmente, também será adotado um grupo específico de ajustes para manobras e operações nesses painéis, habilitando somente a função de sobrecorrente instantânea, o que reduz o tempo de atuação da proteção e, conseqüentemente, a energia incidente emitida.

Outra medida de segurança que poderá ser implementada é a operação remota do sistema elétrico, visto que esses relés digitais podem ser integrados à rede de automação da unidade, garantindo que as manobras sejam

realizadas a uma distância segura de aproximação.

Alterações para implementação

A solução proposta consiste na instalação de um sistema de

proteção contra arcos elétricos utilizando relés digitais interligados a sensores de detecção de luminosidade.

A distribuição dos sensores de luminosidade no interior dos painéis e sua conexão aos relés de proteção são apresentadas na Figura 1.

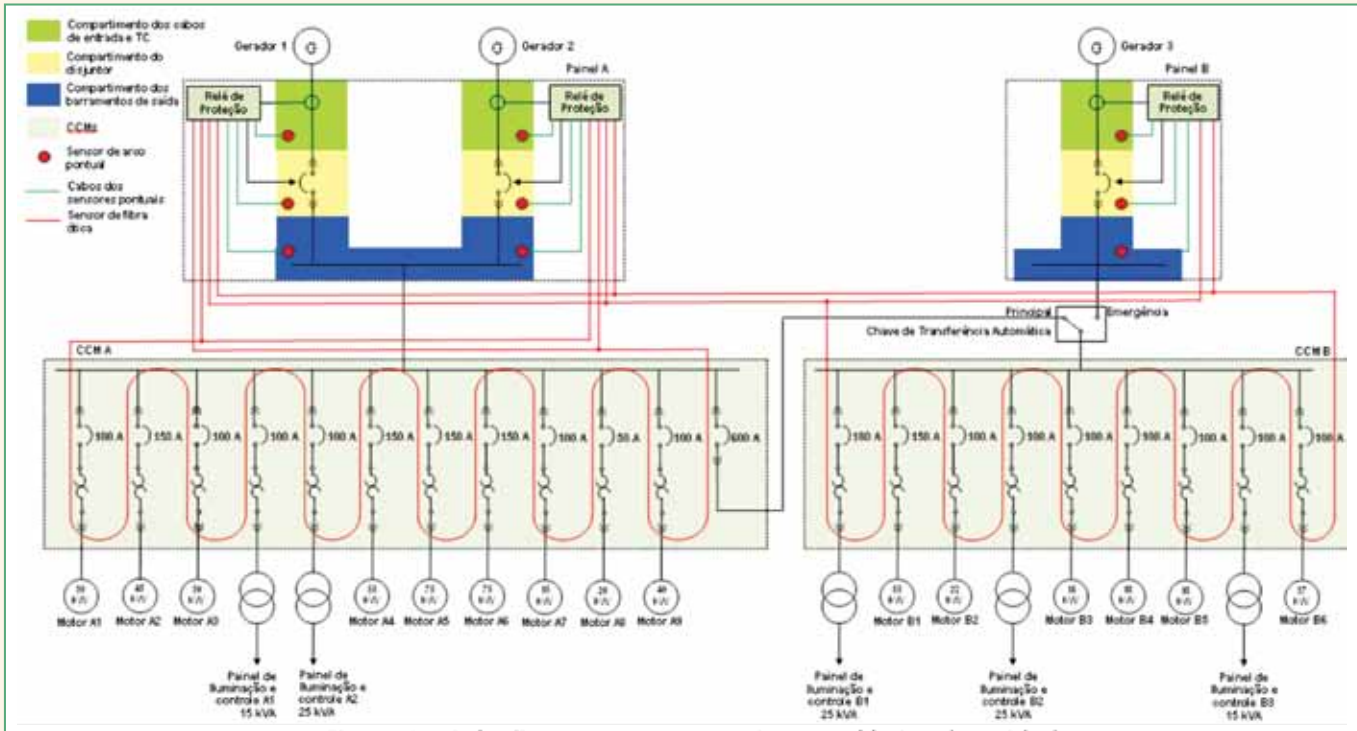


Figura 1 – Solução proposta para o sistema elétrico da unidade.

Com relação à filosofia do sistema de proteção contra arco elétrico, foram consideradas as seguintes premissas:

- Qualquer falta envolvendo arco elétrico implicará no desligamento do sistema de geração principal e de emergência;
- A substituição dos relés de proteção estáticos por relés digitais com recursos para detecção de arco será realizada somente nos relés dos Painéis A e B (painéis do sistema de geração);
- Nos Painéis A e B, os sensores de luminosidade serão do tipo pontual, instalado nos compartimentos do painel onde há o risco de arco elétrico (compartimento da entrada dos cabos, do disjuntor e da saída dos barramentos);
- A restrição de atuação por sobrecorrente será aplicada somente nos Painéis A e B;
- Os sensores de luminosidade instalados nos CCMs A e B serão do tipo fibra óptica interligados diretamente aos relés de proteção do sistema de geração principal e de emergência;
- Os CCMs A e B não são dotados de IEDs para detecção de arco. Dessa forma, não é possível aplicar a restrição de sobrecorrente nesses painéis. Portanto, o único critério utilizado para atuação da proteção desses painéis será a luz;
- O pick-up dos sensores de luminosidade será ajustado acima dos valores da iluminação ambiente, com o objetivo de evitar a atuação do sistema de proteção sem que haja a ocorrência de arco elétrico, principalmente nos CMMs A e B. A intensidade de luz emitida por um arco elétrico é superior a 20.000 luxes, permitindo um ajuste de pick-up suficientemente acima de 8.000 luxes;
- As faltas envolvendo arco elétrico ocorridas antes do disjuntor de entrada do Painel A serão detectadas pelo sensor pontual instalado no compartimento de entrada dos cabos, comandando a abertura do disjuntor. O disjuntor desligará o sistema de excitação do gerador e atuará na parada da máquina primária.

Avaliação dos resultados

Esta avaliação tem como objetivo verificar se a solução proposta apresenta resultados efetivos em relação à diminuição da energia incidente nos painéis do sistema de geração e CMMs. O cálculo de energia incidente foi realizado segundo a metodologia disposta na norma IEEE 1584.

O tempo considerado para atuação do sensor de luminosidade é de 7 ms. A proteção considerada não adota curvas de tempo inverso, sendo, portanto, instantânea. A restrição com a detecção de sobrecorrente não altera o tempo de atuação da proteção.

A tabela 1 apresenta os valores de energia incidente da unidade analisada com a instalação do sistema de proteção contra arcos elétricos, considerando 100% da corrente de arco elétrico.

TABELA 1 – RESUMO DOS VALORES DE ENERGIA INCIDENTE COM SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA ARCO E COM 100% DA CORRENTE DO ARCO

	PAINÉIS			
	Painel A	Painel B	CCM A	CCM B
Tipo de equipamento	CDC	CDC	CCM	CCM
Icc (kA)	14,2	12,6	13,9	12,1
V nom (kV)	0,48	0,48	0,48	0,48
Tempo total do arco (s)	0,057	0,057	0,057	0,057
Corrente do arco elétrico (kA)	8,43	7,63	8,69	7,72
Energia incidente (cal/cm²)	1,29	1,16	2,12	1,87
Distância segura (mm)	644	599	646	598
Categoria roupa (NFPA 70E)	1	0	1	1

Com a alteração no tempo de atuação da proteção proporcionado pela instalação dos equipamentos para detecção de arco e do relé de proteção compatível com essa tecnologia, a energia incidente emitida pelo painel A, por exemplo, foi reduzida significativamente, caindo de 10,22 para apenas 1,29 cal/cm². Com essa redução da energia incidente, a categoria do EPI utilizado para proteção contra arco elétrico também foi reduzida.

A Figura 2 ilustra graficamente a redução da energia incidente considerando 100% da corrente do arco elétrico.

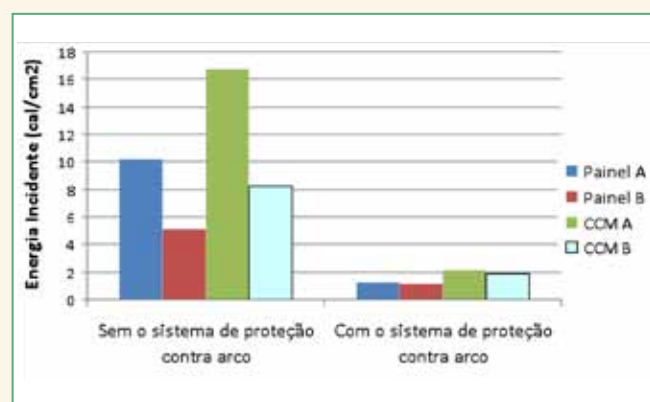


Figura 2 – Comparativo entre energias incidentes com e sem o sistema de proteção contra arco elétrico, considerando 100% da corrente do arco.

Seguindo o disposto nas normas IEEE 1584 e NFPA 70E, também foi calculada a energia incidente considerando somente 85% da corrente do arco elétrico. A Tabela 2 demonstra os resultados obtidos para essa condição.

Nesta situação, a energia incidente no Painel A também foi consideravelmente reduzida, caindo de 8,57 para 1,09 cal/cm².

A Figura 3 ilustra graficamente a redução da energia incidente considerando 85% da corrente do arco elétrico.

TABELA 2 – RESUMO DOS VALORES DE ENERGIA INCIDENTE COM SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA ARCO E COM 85% DA CORRENTE DO ARCO

	PAINÉIS			
	Painel A	Painel B	CCM A	CCM B
Tipo de equipamento	CDC	CDC	CCM	CCM
85% da corrente do arco elétrico (kA)	7,17	6,49	7,38	6,56
V nom (kV)	0,48	0,48	0,48	0,48
Tempo total do arco (s)	0,057	0,057	0,057	0,057
Energia incidente (cal/cm ²)	1,09	0,98	1,78	1,57
Distância segura (mm)	572	531	581	537
Categoria roupa (NFPA 70E)	0	0	1	1

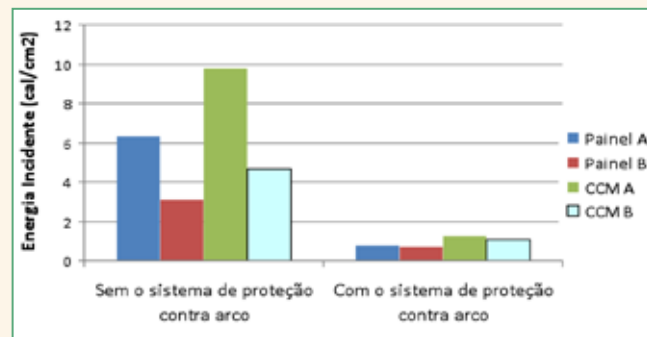

Figura 3 – Comparativo entre energias incidentes com e sem o sistema de proteção contra arco elétrico, considerando 85% da corrente do arco.

Os resultados considerando 38% da corrente de curto-circuito são apresentados na Tabela 3.

TABELA 3 – RESUMO DOS VALORES DE ENERGIA INCIDENTE COM SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA ARCO E COM 38% DA CORRENTE DE CURTO-CIRCUITO

	PAINÉIS			
	Painel A	Painel B	CCM A	CCM B
Tipo de equipamento	CDC	CDC	CCM	CCM
38% da corrente da corrente de curto-circuito (kA)	5,40	4,79	5,28	4,60
V nom (kV)	0,48	0,48	0,48	0,48
Tempo total do arco (s)	0,057	0,057	0,057	0,057
Energia incidente (cal/cm ²)	0,80	0,70	1,24	1,07
Distância segura (mm)	464	425	466	425
Categoria roupa (NFPA 70E)	0	0	1	0

Nesta situação também houve a redução da energia incidente no Painel A, que caiu de 6,31 para apenas 0,80 cal/cm², considerando a instalação do sistema de proteção contra arcos elétricos. A Figura 4 ilustra graficamente a redução da energia incidente, considerando 38% da corrente de curto-circuito.


Figura 4 – Comparativo entre energias incidentes com e sem o sistema de proteção contra arco elétrico, considerando 38% da corrente de curto-circuito.

Conclusão

Nos doze artigos deste fascículo, foram apresentados aspectos relevantes sobre a natureza e os riscos envolvendo arcos elétricos, sendo esses riscos extremamente danosos para as pessoas expostas a esse fenômeno. Devido à sua gravidade, os riscos envolvendo arco elétrico é motivação para a existência de uma série de normas internacionais e estrangeiras, que buscam maneiras eficazes de mensurar os riscos do arco elétrico e propor a utilização de EPIs adequados quando necessário.

Para minimizar o efeito dos danos provocados por um arco elétrico, existem alguns métodos de proteção que utilizam diferentes filosofias. Nesse fascículo, abordou-se os EPIs como um dos meios de proteção dos trabalhadores. Porém, esse tipo de proteção não reduz os níveis de energia incidente e limita a proteção somente aos trabalhadores, deixando a instalação exposta a uma série de danos.

Foram considerados como outros meios de proteção os painéis resistentes a arco interno e os diversos dispositivos de proteção para arco elétrico compatíveis com os sensores de luminosidade. Com relação aos painéis elétricos, o fascículo tratou das principais normas relacionadas à sua construção e ensaios. Os dispositivos de proteção foram analisados de acordo os limites de aplicação de cada um, baseando-se em critérios operacionais (seletividade) e recursos adicionais (restrição de atuação por sobrecorrente, por exemplo).

Como é necessário mensurar os níveis de energia incidente para determinar a proteção correta para os trabalhadores, o fascículo descreveu os principais pontos das normas NFPA 70E e IEEE 1584. Nessas normas são estabelecidas equações que permitem estimar os valores de energia incidente por métodos teóricos e métodos empíricos. O dimensionamento dos EPIs ocorreu conforme o disposto da NFPA 70E. Na sequência, o fascículo tratou da descrição da unidade industrial utilizada no estudo de caso e da solução proposta para redução dos níveis de energia incidente. Foram abordadas as características operacionais e dos equipamentos, bem como aspectos quantitativos relacionados com a redução da energia incidente, proporcionada pela instalação do sistema de proteção contra arco elétrico.

Observou-se, nesta etapa, a necessidade de prover maiores recursos para o sistema de proteção da unidade que contemplasse também a proteção contra arcos elétricos. Dessa forma, a opção pela arquitetura utilizando os sensores de luminosidade interligados a relés de proteção digitais foi escolhida em razão do vasto número de recursos disponíveis nesses relés. Os outros tipos de equipamentos e sistemas abordados durante o fascículo podem contribuir de forma semelhante para a redução da energia incidente dos painéis estudados neste trabalho.

Outro fator determinante para a escolha dos relés de proteção digitais foi a possibilidade de utilizar o sistema de detecção de arco com restrição de sobrecorrente, o que permite evitar desligamentos espúrios e indesejados na ocorrência de detecção de luz pelos sensores que não sejam provenientes de um arco elétrico. Outro recurso oferecido por esses relés é a configuração de grupos de ajustes, que permitem um ajuste específico para uso em manobras e manutenção executadas com o sistema energizado. Com a seleção desse grupo de ajustes, a função de sobrecorrente atua instantaneamente, reduzindo o tempo para eliminação da falta e, conseqüentemente, reduzindo a energia incidente liberada pelo arco elétrico. Contudo, a utilização do grupo de ajustes para operação e manobras funciona como uma retaguarda para o sistema de detecção de arco, pois, mesmo configurado de forma instantânea, o sistema composto pelos detectores de luminosidade atua de forma mais rápida.

Conclui-se que o sistema de proteção contra arco elétrico proposto neste trabalho é eficiente e capaz de reduzir significativamente os níveis de energia incidente dos painéis elétricos, contribuindo para a segurança dos trabalhadores que interagem com o sistema elétrico da unidade e reduzindo os danos materiais na instalação.

Referências

- IEEE Std. 1584. "IEEE Guide for performing arc-flash hazard calculations", 2002.
- NFPA 70E. "Standard for electrical safety requirement for employee workplace", 2012.
- QUEIROZ, A. R. S. "Utilização de relés digitais para mitigação dos riscos envolvendo arco elétrico". Dissertação (Mestrado em Ciências – Engenharia Elétrica). Universidade de São Paulo, 2011.
- STOKES, A. D.; SWEETING, D. K. Electric arcing burn hazards. IEEE Transactions on Industry Applications, v. 42, p. 134-141, Jan.-Feb. 2006.
- VAMP. Catálogo Disponível em: <http://www.vamp-reles.com.br/home/hp/Publicacoes/Arco_eletrico.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2012.

*Alan Rômulo Silva Queiroz é engenheiro eletricista graduado pela Universidade Santa Cecília (Santos, SP), mestre em Engenharia Elétrica pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e membro do IEEE-IAS.

Eduardo César Senger é engenheiro eletricista e doutor pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. É professor livre-docente na área de Proteção de Sistemas Elétricos pela Universidade de São Paulo e coordenador do Laboratório de Pesquisa em Proteção de Sistemas Elétricos – Lprot.

<<<<<< FIM >>>>>>

Obtenha este e outros capítulos do fascículo sobre "Proteção contra arco elétrico e EPIs", em formato PDF, no site www.osetoreletrico.com.br. Dúvidas e outros comentários podem ser encaminhados para redacao@atitudeeditorial.com.br