



Nota Técnica 006/2014

Produto: Zyggot Arco

Assunto: Comparativo entre topologias de detecção de arco elétrico

As instalações elétricas estão presentes em todos os setores da indústria. Para suprir a necessidade de fornecimento de energia elétrica, a indústria geralmente utiliza centros de distribuição de energia e cargas e conjuntos de manobra e controle. Estes equipamentos estão usualmente sujeitos a problemas de operação. Em face disso, as etapas relativas ao projeto, instalação, operação e manutenção destes dispositivos requerem atenção especial quanto aos aspectos relacionados à segurança humana e patrimonial [1], [2].

Entre os muitos problemas passíveis a circuitos elétricos, pode-se destacar o arco elétrico, também conhecido por arco voltaico. O arco elétrico é um caminho alternativo ao fluxo de corrente elétrica, como o ar, por exemplo. Caso algum evento seja capaz de superar o limite de isolamento de um material, chamado de rigidez dielétrica, este, que era isolante, passa a conduzir corrente elétrica.

Um arco elétrico é o resultado de uma sequência de fenômenos físicos. Para que o arco ocorra, o ar entre os pontos de arco precisa ser ionizado por efeito corona. Caso o campo elétrico entre os pontos seja suficientemente grande, o fluido ionizado (ar) torna-se condutor. Quando a rigidez dielétrica é rompida, a corrente passa a fluir em alta velocidade (aproximadamente 100 m/s) e uma alta quantidade de energia é liberada nas formas elétrica, térmica, acústica, química, radiação e mecânica [3].

Desta maneira, um caminho de pequena resistência é formado, a corrente passa a fluir [4] e há liberação de luz visível. A radiação ultravioleta começa a ser liberada durante o processo de ionização do ar, ou seja, antes do fluxo de corrente elétrica. Se, por algum motivo, o campo elétrico entre os pontos de arco for subitamente reduzido durante o processo de ionização do ar, não é possível fluir corrente e conseqüentemente o arco elétrico não ocorre.



A temperatura no ponto de origem de um arco elétrico pode atingir 20.000°C, muito superior a temperatura suportada por qualquer material conhecido, quase quatro vezes maior que a temperatura do Sol. Ondas de pressão são outro agravante destrutivo de um arco elétrico, criadas pela expansão térmica do ar e pela vaporização dos condutores, podem provocar traumas não visíveis como danos ao cérebro, pulmões, ouvido, etc...

Diante disso, a proteção do potencial humano é essencial. Profissionais estão expostos ao risco de arco elétrico durante medições de qualidade de energia, inspeção termográfica, manutenções e operação de conjuntos de manobra, pesquisa de defeitos e falhas e durante outras atividades nas proximidades dos painéis. Os conjuntos de manobra e controle são relativamente resistentes aos efeitos do arco interno devido a sistemas de exaustão e extinção por gases. No entanto este nível de proteção não é suficiente.

Com intuito de minimizar os efeitos prejudiciais dos arcos elétricos, a indústria tem estabelecido práticas de segurança para a proteção dos trabalhadores e equipamentos envolvidos em serviços de eletricidade. Vestimentas de proteção, ou EPIs (Equipamentos de Proteção Individual), são utilizadas com o objetivo de minimizar possíveis lesões sofridas por trabalhadores, como queimaduras de terceiro grau. Estes equipamentos devem ser de fácil remoção por parte do usuário e não devem ser inflamáveis [5]. Atualmente, os EPIs são classificados de acordo com o nível de risco da atividade a ser executada. O nível de risco é definido através do cálculo da quantidade de energia incidente em um arco elétrico. Na ocorrência de arcos elétricos, os EPIs devem ser capazes de fornecer um nível mínimo de proteção aos trabalhadores, de forma a evitar lesões graves como queimaduras de terceiro grau. Porém, caso algum objeto seja lançado, os EPIs provavelmente não serão capazes de proteger os trabalhadores [6].

Devido à forte expansão do ar no interior do painel, suas partes móveis podem ser lançadas por grandes distancias e podem, fatalmente, atingir pessoas próximas ao local. Neste sentido, painéis resistentes a arcos têm sido projetados e utilizados. Estes painéis possuem características construtivas especiais para resistir a forte expansão do ar e a alta temperatura proveniente do arco [7]. O painel é projetado de forma a direcionar a pressão e a temperatura para sua parte superior externa, através de aletas e dutos de ar (condutos de alívio), como o mostrado na Figura 1.

Os efeitos do arco elétrico em um painel podem ser divididos em quatro etapas, que também ocorrem sequencialmente. Primeiramente, a energia do arco é descarregada no ar dentro do painel e, conseqüentemente, a pressão aumenta. Esta etapa, que é chamada de compressão, dura entre 5 e 15 milissegundos. O incremento da pressão faz com que sejam abertos os condutos de alívio e o ar passa a ser expulso do painel diminuindo a pressão interna. Esta etapa é chamada

de expansão e dura entre 5 e 15 milissegundos. Enquanto a pressão diminui, o ar continua a ser expulso e a temperatura aumenta. Esta etapa é denominada expulsão, dura entre 40 e 60 milissegundos, até que a temperatura ambiente seja aproximadamente a mesma temperatura do arco. A última etapa é chamada de térmica, nesta fase a temperatura do arco alcança milhares de graus centígrados e os materiais internos do painel começam a se fundir. Não há um intervalo bem definido para a etapa térmica, ela ocorre até que toda a energia do arco seja dissipada.

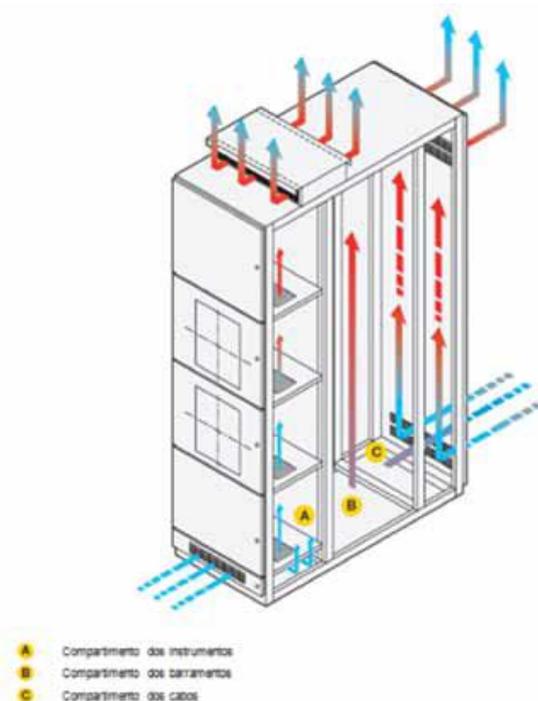


Figura 1 – Painel resistente a arco elétrico [7].

Para aumentar o nível de proteção aos trabalhadores, e simultaneamente proteger os equipamentos, sistemas de proteção capazes de detectar arcos elétricos tem sido desenvolvidos. Estes sistemas são capazes de abrir os disjuntores/seccionadores do circuito logo após a identificação do arco elétrico.

Inicialmente, os sistemas de detecção de luminosidade foram utilizados, nesta topologia são utilizados sensores capazes de detectar a luz visível proveniente do arco elétrico [8]. Existem dois tipos básicos de sensores de luz visível: os sensores pontuais e os sensores de fibra óptica. Os sensores pontuais podem detectar a luz visível de um ponto determinado, ou seja, cada sensor cobre uma área relativamente limitada. Os sensores de fibra óptica, devido a sua concepção, podem detectar a luz por toda sua extensão, ou seja, um sensor de fibra pode ser instalado para detectar a presença de luz em uma grande área.

Com relação ao nível de segurança para os trabalhadores e equipamentos, o sistema de detecção de arco elétrico por luminosidade é bastante eficaz, porém pouco confiável, quando comparado com outros sistemas. O grande problema deste sistema de detecção é que a luz visível não é exclusiva do arco elétrico. Caso o painel seja aberto, os sensores tendem a detectar luz visível. Neste caso, um falso arco elétrico pode ser detectado e o sistema atua de forma indevida.

Para que o sistema seja mais confiável, podem ser utilizadas topologias com dupla detecção. Sistemas de detecção de luz e corrente ou luz e som tem sido utilizados.

O sistema de detecção de luz e corrente é composto por unidades de medição de corrente elétrica e também sensores de detecção de luz visível, como o mostrado pela Figura 2. Os sensores de luz são dispostos estrategicamente no painel e um sinal de *trip* é enviado caso ambos os dispositivos sejam acionados.

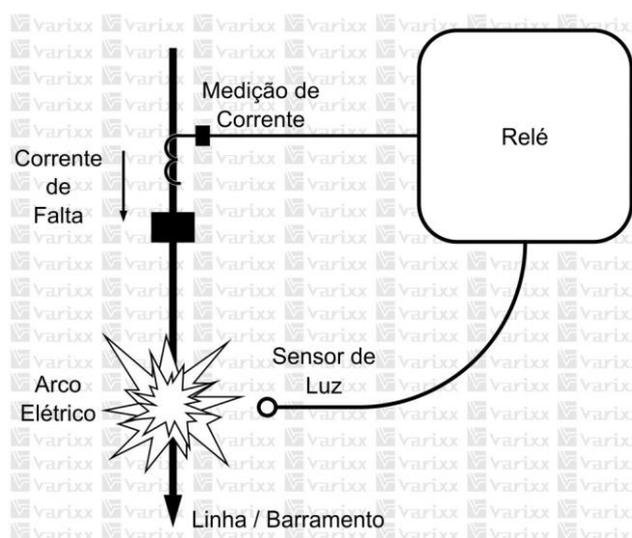


Figura 2 – Topologia de detecção de arco por corrente e luz visível.

Geralmente, os circuitos sujeitos a arcos elétricos são indutivos, assim, a impedância equivalente no ponto de arco não permite que ocorram elevadas variações de corrente, relativamente instantâneas. Devido a dificuldade em mensurar o nível de corrente nominal e de falta, estes sistemas tendem a utilizar medidas relativas como o mostrado na Figura 3. Desta forma, caso o dispositivo responsável pela monitoração de corrente identifique grandes variações relativas de corrente e, simultaneamente, seja detectada a presença de luz visível, o sistema envia um sinal de *trip*. [9]

A eficiência deste tipo de topologia é muito boa quando comparada com os outros métodos apresentados, porém, como sempre é necessário que dois dispositivos sejam acionados, o tempo total para o sinal de *trip* seja enviado tende a ser relativamente grande. Em geral, a topologia

mencionada precisa de 2 milissegundos para enviar o sinal de *trip*. Este intervalo de tempo é acrescido do tempo de atuação do dispositivo seccionador e, embora possa parecer pequeno, pode ser suficientemente grande para danificar equipamentos ou para que uma pessoa exposta ao arco sofra queimaduras incuráveis ou até mesmo óbito.

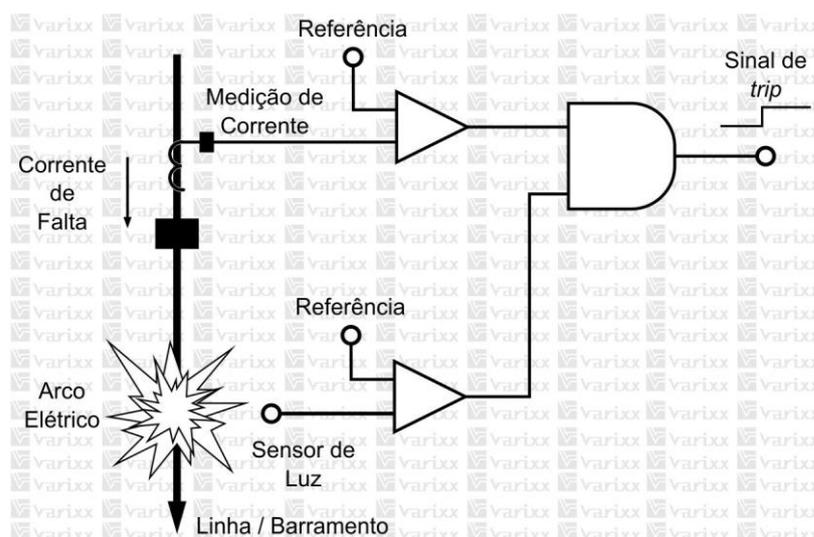


Figura 3 – Lógica de detecção por arco e luz visível.

Uma alternativa para proteção contra arco elétrico é utilizar sensores que combinam a detecção da luz e som. A diferença entre a velocidade da luz e do som gera um atraso de tempo único, suficiente para diferenciar um evento de arco elétrico de outras fontes de luz e som [10]. Nesta topologia, o sinal de *trip* demora aproximadamente 1 milissegundo, tempo consideravelmente inferior aos sistemas de corrente e luz, porém, tempo ainda suficientemente grande para que os trabalhadores sofram danos fatais.

A linha **Zyggot Arco** realiza a detecção de arcos elétricos de maneira inovadora, nesta topologia não são necessários os dispositivos de medição de corrente e, ou, som, o arco é detectado apenas pela radiação ultravioleta.

Os sensores inteligentes, que detectam apenas radiação ultravioleta, são estrategicamente posicionados no painel, como o mostrado pela Figura 4. Todo o monitoramento é baseado no nível de radiação ultravioleta no ambiente, como a liberação de radiação ultravioleta ocorre antes do fluxo de corrente, é possível realizar a detecção do arco elétrico antes que seus efeitos prejudiciais sejam identificados. Os sensores capazes de identificar rapidamente a presença de um arco elétrico e enviar o sinal de *trip* em apenas **300 microssegundos**.



Figura 4 – Linha Zyggot Arco.

Em topologias tradicionais de detecção de arco elétrico, o número de pontos de identificação de arco é usualmente reduzido. Em grandes painéis, onde é necessário grande número de pontos de identificação de arco, é preciso que dispositivos auxiliares sejam incluídos no sistema, incrementando consideravelmente o preço do produto e a complexidade da manutenção.

A linha **Zyggot Arco** permite que muitos sensores sejam instalados no mesmo relé, é possível utilizar até 100 sensores [11]. Além disso, a instalação é facilitada pelo tipo de conexão entre sensores e cabos, a conexão é feita por saídas mini USB de tal modo que a alimentação e a comunicação são feitas pelo mesmo cabo. Cada sensor possui duas saídas mini USB em paralelo, uma para a comunicação com o relé ou sensores anteriores e a outra é uma extensão para os próximos sensores, como o mostrado pela Figura 4.

Como a instalação é extremamente simplificada, o sistema pode ser rapidamente implementado em qualquer painel. A única configuração necessária é o endereçamento de cada sensor, o qual é feito via software (*freeware*).



Por se tratar de uma inovação tecnológica, a linha **Zyggot Arco** apresenta em uma solução diferenciada e seu custo é em média 20% inferior as soluções presentes no mercado. Um outro aspecto interessante da linha **Zyggot Arco** é que esta pode ser instalada até mesmo em painéis contemplados com outras topologias de detecção, incrementando o nível de segurança destes painéis. Devido a sua concepção, os sensores inteligentes identificam apenas a radiação ultravioleta presente no arco, desta maneira, o sistema **Zyggot Arco** não influencia o funcionamento de outros dispositivos, melhorando o tempo de atuação e diminuindo a energia incidente durante o arco elétrico.

Um segundo aspecto a ser ressaltado é o contato de saída dos relés de proteção, os sistemas de proteção convencionais apresentam contato seco no dispositivo de envio de sinal de *trip*. Neste tipo de contato o tempo de resposta é relativamente elevado, quando um evento é sinalizado, o sinal demora ao menos 7 milissegundos para ser enviado [12]. Com o passar do tempo, os contatos tendem a se oxidar e envelhecer, e, conseqüentemente, o tempo de resposta pode ser superior. O sistema **Zyggot Arco** utiliza um contato estático em paralelo com o contato seco, o tempo de resposta é de 9 nano segundos, e, não há problemas relacionados ao envelhecimento do dispositivo.

Conclusão

Foi apresentado um estudo sobre arcos elétricos e um comparativo entre métodos de proteção de instalações elétricas. O estudo indica que os sistemas de proteção são essenciais em todos os tipos de instalação elétrica, até mesmo em painéis resistentes a arco elétrico.

As vestimentas de proteção tem sido uma boa maneira de minimizar os efeitos do arco elétrico nos trabalhadores, em serviços de eletricidade. No entanto, para atuações em áreas de elevado risco, o nível de proteção dos EPIs não são suficientes para proteger a vida dos trabalhadores. Em atuações de risco relativamente inferior, é possível dimensionar roupas suficientemente seguras, porém, muitas vezes estes equipamentos são pesados e desconfortáveis. O cálculo do nível de proteção do EPI envolve o tempo de atuação do sistema de proteção. Caso seja usado um sistema de proteção eficiente é possível reduzir o nível de risco e conseqüentemente o nível de proteção dos EPIs, assim, os trabalhadores podem utilizar roupas mais leves e confortáveis.

As informações mostraram que o sistema de detecção de radiação ultravioleta, **Zyggot Arco**, é atualmente o sistema mais rápido de detecção de arcos elétricos. A complexidade da



instalação e manutenção é muito inferior no sistema **Zyggot Arco**, quando comparado com os sistemas de detecção por corrente e luz visível, assim como os custos de implantação e manutenção.

Em baixa tensão, o sistema de detecção por luz visível e corrente apresenta falhas de detecção. Existe uma grande dificuldade em parametrizar a malha de detecção de corrente nestes casos, pois as condições de vazio e plena carga são muito diferentes. Há casos onde de arcos elétricos ocorrem sem que a corrente seja elevada a um nível facilmente detectável, nestes casos a energia incidente pode danificar a malha de detecção de corrente, fazendo com que o sistema perca a referência e se mantenha inoperante.

Desta forma, o sistema **Zyggot Arco** se mostrou superior aos sistemas convencionais, disponíveis no mercado, em todos os sentidos.

Referências

- [1] Vestimenta de proteção contra queimaduras por arco elétrico. In: O setor Elétrico, ed. 45. 2009.
- [2] A natureza e os riscos do arco elétrico. In: O Setor Elétrico, ed. 72. 2012.
- [3] Arco Elétrico na Indústria Petroquímica. In: O Setor Elétrico, ed. 37. 2009.
- [4] Modelagem do arco elétrico no ar. Alessandra de Sá, Benevides Câmara. Tese de doutorado. COPPE. UFRJ. 2010.
- [5] Principais normas sobre os riscos do arco elétrico. In: O Setor Elétrico. ed. 73. 2012.
- [6] A NFPA 70E e os requisitos de segurança para arco elétrico - Seleção de EPIs. In: O Setor Elétrico. ed. 74. 2012.
- [7] Painéis resistentes a arco elétrico. In: O Setor Elétrico. ed. 77. 2012.
- [8] Dispositivos de proteção contra arco elétrico – sensores de luminosidade. In: O Setor Elétrico. ed. 78. 2012.
- [9] Dispositivos de proteção contra arco elétrico - arquiteturas e equipamentos usuais para proteção de arco elétrico. In: O Setor Elétrico. ed. 79. 2012.
- [10] Dispositivos de proteção contra arco elétrico - relés de proteção digitais com detecção de arco integrada. In: O Setor Elétrico. ed. 80. 2012.



[11] Manual Zygot Arco. Disponível em: www.varixx.com.br/site/static/uploads/products/652472081f8604f311fbc652bf22de5101eb.pdf

[12] Manual Vamp 221. Disponível em: <http://www-fi.vamp.fi/Manuals/English/VM221.EN018.pdf>

Autores

SÉRGIO CARLOS MAZUCATO JÚNIOR é estudante de Engenharia Elétrica na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (**UTFPR**), participa de pesquisas sobre estabilidade e otimização em sistemas elétricos de potência.

CASTELLANE SILVA FERREIRA é engenheiro eletricista graduado pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (**UNESP**), mestre em engenharia elétrica pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (**UNESP**) e diretor comercial da empresa **Varixx** Indústria Eletrônica LTDA.