



Proteção contra **Surtos dos Inversores Solares**

É autorizada a reprodução total ou parcial
deste E-book, caso seja citada a fonte.

Sumário

Prefácio	3
Apresentação	4
1. Introdução	5
1.1. Inversores Solares	6
1.2. Sobretensões transitórias e correntes de surto	6
1.3. Dispositivos de Proteção contra Surtos	7
2. Proteção contra surtos de inversores solares	9
2.1. Proteção contra surtos incorporada aos inversores	9
2.2. Proteção dos inversores através da instalação de DPS	12
3. Proteção contra sobrecorrentes	13
3.1. Fusíveis	13
4. Qualidade dos DPS CC para SFV	14
5. Conclusões	16
Notas	16
Referências	17

Prefácio

Dr. Hélio Eiji Sueta¹

Quando o pessoal da Embrastec me solicitou para escrever o prefácio para um e-book, senti um misto de honra e preocupação pela responsabilidade da missão. Não somente pela qualidade dos autores que, além da alta competência, são amigos, alguns de longa data, como o Sergio e o José Márcio, e outros mais recentes, como a Bianca, Cleiton, Felipe e Laís.

Os temas do e-book em questão são fascinantes: surtos, sistemas fotovoltaicos, inversores e DPS. Temas que se entrelaçam pela modernidade, importância técnica e econômica.

A modernidade aqui não entra pelos temas em separado (surtos e inversores praticamente nasceram com a eletricidade), mas sim, no conjunto, quando se analisam os surtos nos inversores utilizados nos sistemas fotovoltaicos e como evitar os danos com os DPS, que neste conjunto devem atuar tanto na parte da corrente contínua como na alternada.

A importância técnica nem se fala. As descargas atmosféricas são responsáveis pela maior quantidade de danos naturais nos sistemas fotovoltaicos. E aqui não estamos falando somente das descargas diretas, mas também dos surtos induzidos por aquelas que acontecem nas redondezas dos sistemas fotovoltaicos, seja em usinas como nas coberturas de edificações.

Quanto à importância econômica, os inversores são, em geral, os componentes mais caros e sensíveis aos surtos nos sistemas fotovoltaicos.

O alerta que este e-book apresenta sobre a diferença entre um inversor com um varistor soldado na sua entrada e o equipamento protegido por um conjunto de DPS especificado com critério é muito importante. Um varistor mal dimensionado ou no final da sua vida, pode ser o causador de danos no inversor, por exemplo, um incêndio.

Agradeço a Embrastec pelo convite para este Prefácio e parabênizo os autores pela qualidade do material cujo conteúdo é muito importante para todos os usuários, sejam os fabricantes de componentes do sistema, como os projetistas e instaladores deste sistema que avança a cada dia na composição do sistema elétrico.

¹Hélio Eiji Sueta é engenheiro eletricista (1981), mestre (1998) e doutor (2005) pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. É pesquisador do Instituto de Energia e Ambiente da USP desde 1982. É o atual secretário da CE 64.10 do COBEI/ ABNT que revisa a norma ABNT NBR 5419, é o relator do grupo de estudos que está trabalhando na norma brasileira de proteção contra descargas atmosféricas de sistemas fotovoltaicos e é representante brasileiro no TC 81 da IEC, Lightning Protection.



Apresentação

A Embrastec surgiu há mais de 30 anos com o objetivo de evitar falhas em equipamentos eletrônicos causadas por descargas atmosféricas. Após todos estes anos, continuamos mantendo o compromisso de proteger as instalações elétricas de nossos clientes contra surtos de tensão ou corrente, e por isso desenvolvemos dispositivos de proteção contra surtos para novas tecnologias, como a geração solar fotovoltaica e a eletromobilidade. Pelo mesmo motivo, apresentamos este E-book, onde está a nossa visão sobre a proteção dos inversores solares, equipamentos fundamentais para a geração solar fotovoltaica e, conseqüentemente, o crescimento da energia renovável no Brasil.

José Márcio Rosa

Fundador e CEO da Embrastec.

Autores

José Márcio Rosa

CEO da Embrastec.

Bianca Almeida

Gerente de qualidade da Embrastec.

Cleiton Busse

Gerente de engenharia da Embrastec.

Felipe Viotto

Coordenador de pós-venda da Embrastec.

Laís Pimentel

Analista de engenharia de produto da Embrastec.

Sergio Roberto Santos

Consultor técnico da Embrastec.



1. Introdução

Os inversores solares são responsáveis pela conversão das tensões e correntes contínuas geradas pelos módulos fotovoltaicos em tensões e correntes alternadas, na frequência da rede elétrica de distribuição. Como esses equipamentos utilizam semicondutores na sua fabricação, eles são muito vulneráveis às sobretensões transitórias e correntes de surto causadas por descargas atmosféricas e chaveamentos elétricos, sendo necessário protegê-los através da utilização das Medidas de Proteção contra Surtos (MPS), incluindo a instalação de Dispositivos de Proteção contra Surtos (DPS), posicionados corretamente, como este E-book irá demonstrar.

1.1. Inversores Solares

O inversor solar, ou fotovoltaico (imagem 1), é um conversor elétrico que transforma a energia produzida em corrente contínua (CC) pelos módulos fotovoltaicos em corrente alternada (CA), permitindo que ela alimente as cargas normalmente utilizadas em nossas instalações elétricas em baixa tensão.



Imagem 1. Inversores solares.

Os inversores fotovoltaicos podem ser divididos entre inversores on-grid e off-grid. O inversor solar on-grid é o modelo mais utilizado, funcionando conectado à rede elétrica, onde injeta a energia fornecida pelos módulos. Esse tipo de inversor solar é construído para promover a interação com o sinal senoidal da corrente alternada presente na rede, sendo desenvolvido para operar especificamente com essa rede, comportando-se como unidade de controle do sistema fotovoltaico on-grid.

1.2. Sobretensões transitórias e correntes de surto

Sobretensões e correntes de surto são elevações significativas da magnitude das tensões e correntes, em relação aos seus valores nominais, com duração de frações de segundos. Elas podem ser causadas por descargas atmosféricas diretas ou indiretas (LEMP) (1), operações de comutação (SEMP) (2), ou descargas eletrostáticas (ESD) (3).

Para limitar os valores das sobretensões transitórias e desviar as correntes de surto da instalação, devem ser utilizadas as MPS apresentadas na norma técnica ABNT NBR 5419-4:2015 Versão corrigida 2018 [1], que são listadas a seguir:

1. Aterramento e equipotencialização
2. Blindagem magnética e roteamento de linhas
3. Coordenação de DPS
4. Interfaces isolantes

Devido a necessidade de reduzir a vulnerabilidade das instalações elétricas às sobretensões transitórias e correntes de surto, todas as MPS devem ser analisadas na fase de projeto, especialmente em instalações muito vulneráveis às descargas atmosféricas, como as instalações dos Sistemas Fotovoltaicos (SFV) (imagem 2). Entre as MPS se destacam os DPS como elementos de proteção das instalações elétricas e seus equipamentos de energia e sinal.



Imagem 2. Sistema Fotovoltaico.

1.3. Dispositivos de Proteção contra Surtos

Os DPS (imagem 3) são chaves elétricas que mudam de estado de alta para baixa impedância quando a tensão em seus terminais supera o valor da sua tensão máxima de operação contínua (U_c) [2], desviando as correntes de surto da instalação, de parte dela ou de um único equipamento, e limitando a tensão no ponto onde ele está instalado a valores pré-definidos como aceitáveis (nível de proteção do DPS (U_p)).



Imagem 3. DPS tetrapolar classe II Embrastec.

Para fabricação de um DPS são utilizados componentes não lineares, normalmente centelhadores, varistores de óxido de zinco (imagem 4) e diodos supressores. Embora esses sejam seus elementos principais, um DPS também é composto de contatos, mecanismo de desconexão, sinalização e invólucro, que em conjunto respondem pelo seu desempenho, confiabilidade e segurança.



Imagem 4. Varistor de óxido de zinco.

A utilização dos DPS no Brasil está baseada nas normas técnicas de instalação elétrica da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), ABNT NBR 5410 sobre as instalações elétricas de baixa tensão [3] e ABNT NBR 5419 sobre a proteção contra descargas atmosféricas [4]. Especificamente para a utilização de DPS em SFV devem ser utilizadas as normas ABNT NBR 16690 sobre instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos [5], ABNT NBR IEC 61643-31 sobre os DPS para utilização específica em corrente contínua para instalações fotovoltaicas [6], ABNT NBR IEC 61643-32 sobre a seleção e aplicação dos DPS conectados no lado corrente contínua das instalações fotovoltaicas [7] e a norma da International Electrotechnical Commission (IEC) IEC TR 63227 sobre a proteção contra descargas atmosféricas e surtos de tensão de SFV [8]. Ao atender as normas técnicas ABNT e IEC os profissionais envolvidos na proteção dos SFV também atenderão aos aspectos legais relacionados à norma regulamentadora do Ministério do Trabalho e Emprego NR 10 [9] e ao código de defesa do consumidor [10].

2. Proteção contra surtos de inversores solares

2.1. Proteção contra surtos incorporada aos inversores

Como estratégia comercial, fabricantes de inversores solares fizeram da internalização da proteção contra surtos um diferencial competitivo, dispensando a instalação de DPS e outros elementos de proteção, como p.ex., as caixas de junção (String Box) de Corrente Contínua (CC) (imagem 5). Tal iniciativa aumenta a vulnerabilidade dos inversores aos surtos de tensão e corrente, sendo por isso um procedimento não recomendado.



Imagem 5. Caixa de junção (String Box) CC Embrastec.

Tecnicamente, inversores solares com proteções integradas são mais vulneráveis às sobretensões e correntes de surto do que aqueles que possuem sistemas de proteção externas, especificadas conforme as normas técnicas pertinentes aos SFV [11]. Enquanto o DPS é um dispositivo de proteção normalizado para cada tipo de aplicação, como para os SFV por exemplo, a proteção incorporada pelo fabricante do inversor poderá ser apenas um varistor ou diodo supressor na sua entrada de energia, não levando em consideração várias características necessárias a um DPS, fundamentais para uma proteção contra surtos segura e eficiente [12].

Para a eficiência de um DPS é necessário o seu posicionamento correto, conforme o conceito de Zonas de Proteção contra Raios (ZPR) da norma técnica ABNT NBR5419-4:2015/2018. Segundo esse conceito, o interior de um inversor solar pode ser classificado como uma ZPR 1, 2 ou 3, dependendo da sua localização, consequentemente sendo necessário que ele esteja protegido por um DPS classe II, ou dois DPS, um classe I e outro classe II, ou ainda um DPS classe I+II, sempre instalado onde os cabos entram no inversor, de preferência externamente, ou em último caso internamente ao inversor.

A vulnerabilidade de um inversor solar às descargas atmosféricas depende da sua localização, em função da densidade de descargas atmosféricas para a terra (N_g) e do posicionamento dos captadores do SPDA que protege o SFV como isolados ou não isolados (imagem 6) [13]. Por esse motivo, a classe do DPS (I, II ou I+II), dependerá desses e de alguns outros fatores, o que significa que um fabricante de inversores com a proteção contra surtos incorporada deveria ter diferentes modelos, com soluções apropriadas para cada local de instalação com características diferentes.



Imagem 6. SPDA não isolado.

Os DPS CC para SFV possuem características específicas para essa aplicação, como sistemas de extinção de correntes de fuga e arcos elétricos com características apropriadas à corrente contínua gerada pelos módulos fotovoltaicos (Imagem 7), trazendo segurança ao sistema e ao operador, em caso de manutenção preventiva e/ou corretiva, atendendo aos requisitos das já citadas normas técnicas ABNT NBR 16690: 2019, ABNT NBR IEC 61643-31:2022, ABNT NBR IEC 61643-32:2022 e IEC TR 63227:2020.



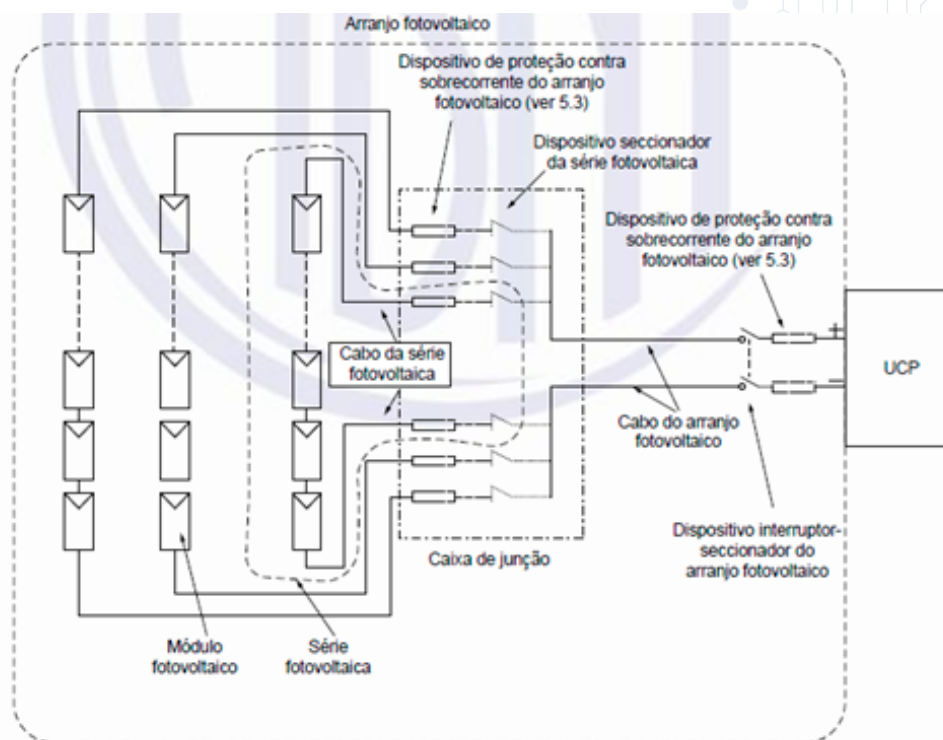
**Imagem 7. DPS FV classe II
configuração em Y da Embrastec.**

Vale ressaltar que apenas um varistor, ou diodo supressor, componentes principais dos DPS, soldado na placa de potência do inversor não possui as características essenciais de um DPS, como sinalização de estado e desconexão do circuito ao final da sua vida útil. Por isso, o varistor soldado atende apenas minimamente aos requisitos de suportabilidade, mas não deve ser tratado como um diferencial de qualidade para os inversores.

Ao optar por inversores solares que já incorporem DPS, ou apenas varistores, o projetista do SFV deve especificar detalhadamente as características dessa proteção, porque os parâmetros do DPS serão determinantes para a confiabilidade, custo e manutenibilidade, não só do inversor, mas de todo o SFV. Apesar da proteção ser incorporada ao inversor, cabe ao projetista garantir que a instalação como um todo atenda às recomendações do conjunto de normas técnicas pertinentes ao seu projeto.

2.2. Proteção dos inversores através da instalação de DPS

De acordo com a norma técnica ABNT NBR 16690:2019, um sistema fotovoltaico deve conter proteções coordenadas e específicas, para que o seu pleno funcionamento seja assegurado. Para garantir a segurança operacional e o retorno financeiro, a instalação deverá ser equipada com proteção contra surtos (DPS) em todas as vias de entrada de energia e sinal nos equipamentos, conforme descrito abaixo (imagem 8) [14]:



Legenda

- elementos que não são necessários em todos os casos
- - - - - encapsulamento
- - - limites do sistema ou subsistemas

NOTA Em alguns sistemas, o cabo do arranjo fotovoltaico pode não existir e todas as séries fotovoltaicas podem ser terminadas em uma caixa de junção adjacente à UCP.

Figura 3 – Esquema de arranjo fotovoltaico com múltiplas séries fotovoltaicas

Imagem 8: Reprodução da figura 3 da norma técnica ABNT NBR 16690:2019.

Para a entrada de corrente contínua do inversor, a instalação deve conter um meio de seccionamento (geralmente composto por chave seccionadora CC, visando extinguir arcos elétricos), DPS (para proteção contra surtos que possam atingir direta ou indiretamente a instalação), e fusíveis (exclusivamente quando existirem 3 ou mais strings entrando na mesma Unidade de Condicionamento de Potência (UCP), ou Maximum Power Point Tracking (MPPT) (4) do inversor.

Tecnicamente, de acordo com as normas ABNT NBR 5410:2004 Versão corrigida 2008, ABNT NBR 5419:2015 e IEC TR 63227:2020, o DPS de corrente contínua deve ser da classe I+II, devido a possibilidade do arranjo de módulos ser atingido diretamente por uma descarga atmosférica. Porém, em ambientes urbanos, essa possibilidade pode ser reduzida, dada a menor, mas existente, probabilidade de uma descarga atingir diretamente a instalação. Logo, por prática de mercado, adota-se o DPS de classe II para proteger uma entrada do equipamento como padrão, mas tal opção pode não ser a correta.

Em áreas rurais, principalmente em usinas fotovoltaicas instaladas com estruturas de solo, áreas descampadas, a probabilidade de uma descarga atmosférica atingir diretamente a instalação é maior, se comparada aos ambientes urbanos. Com isso, e seguindo o conceito de Zona de Proteção contra Raios (ZPR) apresentado na norma técnica ABNT NBR 5419:2015 Versão corrigida 2018, recomenda-se a proteção do(s) inversor(es) com DPS de classe I+II para sobretensões transitórias e correntes de surto causados por descargas atmosféricas diretas ou indiretas, além de comutações do sistema elétrico.

Além do seu desempenho na proteção contra surtos, a norma técnica ABNT NBR 16690:2019 na nota 1 do item 5.4.2 determina que o DPS deve possuir uma autoproteção ao final da sua vida útil que garanta a sua desconexão do circuito em qualquer condição de operação do arranjo fotovoltaico.

3. Proteção contra sobrecorrentes

3.1. Fusíveis

Além da especificação dos DPS, é muito importante analisar a necessidade e forma correta de utilizar fusíveis (imagem 9) na proteção em corrente contínua de um SFV. Para isso deve ser observado o trecho a seguir, da norma ABNT NBR 16690:2019 (imagem 10):



Imagem 9. Fusível gPV da Embrastec.

5.3.10 Proteção contra sobrecorrente em subarranjos fotovoltaicos

Deve ser fornecida proteção contra sobrecorrentes para subarranjos fotovoltaicos se mais de dois subarranjos fotovoltaicos estiverem ligados a uma única UCP.

Imagem 10: Item 5.3.10 da norma técnica ABNT NBR 16690:2019.

De acordo com esse trecho apresentado, o fusível somente será considerado no projeto quando a UCP/MPPT do inversor for integrada por três ou mais arranjos (strings) fotovoltaicos. Este fato ocorre devido a análise do fluxo de corrente em uma situação de curto-circuito entre séries, fator que motiva o uso dos fusíveis, impedindo sérios problemas à instalação.

Seguindo o raciocínio acima, consideremos um módulo com corrente de curto-circuito (I_{sc}) de 15A. Tendo um curto-circuito entre dois arranjos, a corrente que irá circular será a própria I_{sc} , pois o módulo fotovoltaico é considerado uma fonte limitada de geração. Logo, teremos 15A circulando pelo curto-circuito, as correntes dos dois arranjos não se somarão e o fusível, neste exemplo, considerando 25A, nunca irá atuar. Mas, se tivermos três arranjos entrando na mesma UCP/MPPT, tendo um curto-circuito entre arranjos, as correntes de ao menos duas strings se somariam para ir em direção ao curto. Neste exemplo teremos duas strings de 15A se somando, resultando em 30A e rompendo o fusível de 25A, garantindo a proteção esperada contra correntes reversas.

4. Qualidade dos DPS CC para SFV

Os DPS desempenham um papel crucial na proteção de SFV, que geram energia em CC.

Esses sistemas, ao serem expostos a surtos elétricos provenientes de

descargas atmosféricas ou distúrbios na rede elétrica, podem sofrer danos significativos, comprometendo a segurança, a vida útil e o desempenho dos equipamentos. Por isso, a escolha de um DPS de qualidade é essencial para garantir a proteção adequada contra surtos.

A qualidade dos DPS CC para SFV é determinada por diversos fatores técnicos que asseguram sua eficiência, durabilidade e segurança. Ao selecionar um DPS, deve-se avaliar as características do dispositivo, assegurando o atendimento às necessidades do projeto. Entre esses fatores, destacam-se:

1. Corrente máxima de surto ($I_{máx}$).

Dispositivos de baixa qualidade podem não suportar surtos de maior intensidade, o que os tornam ineficazes.

2. Tensão máxima de operação contínua (U_c).

Dispositivos de baixa qualidade podem ter variações maiores em seus níveis de U_c , o que pode resultar em atuações indesejadas ou em danos ao sistema.

3. Tempo de resposta. Dispositivos de baixa qualidade podem ter tempos de resposta altos, expondo o sistema a riscos.

4. Durabilidade e vida útil. Dispositivos de baixa qualidade podem falhar imediatamente, levando à necessidade de substituição precoce e aumento dos custos de manutenção.

5. Tecnologia de fabricação. A qualidade do DPS também está ligada à tecnologia de fabricação e aos materiais utilizados (imagem 11). Processos bem controlados (imagem 12), e o uso de matéria prima de qualidade são essenciais para a qualidade e bom desempenho de um DPS.

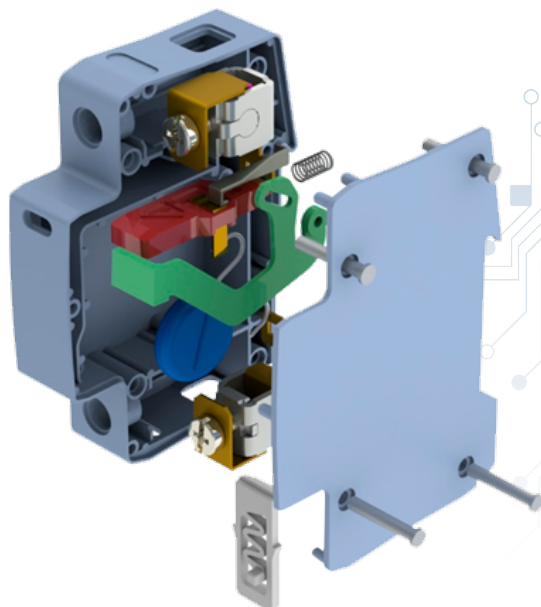


Imagem 11. Montagem de um DPS.

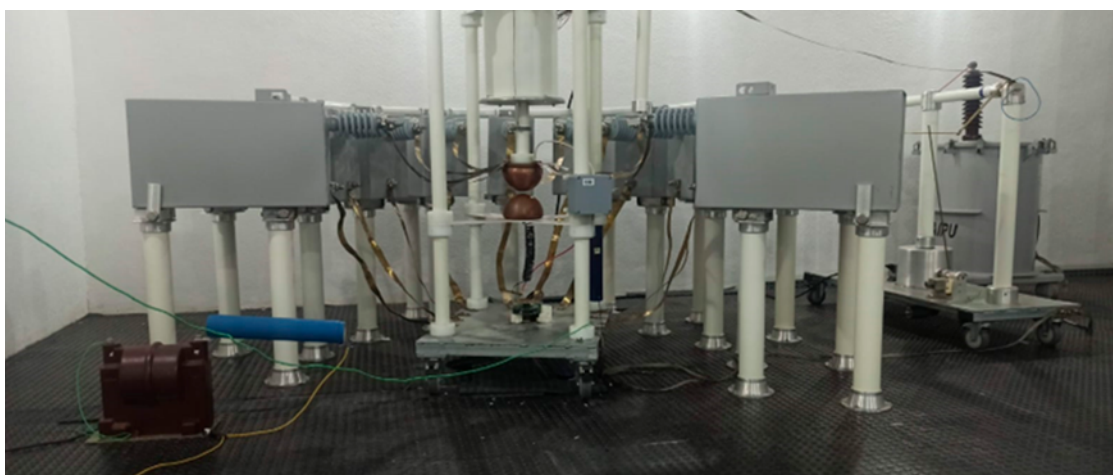


Imagem 12. Laboratório de alta tensão da Embrastec.

Entre os principais problemas associados a dispositivos de menor qualidade estão:

- Proteção insuficiente contra surtos de maior intensidade:

Pode resultar em danos irreparáveis ao sistema fotovoltaico, inversores, módulos e componentes elétricos;

- Disparos falsos ou falhas de operação:

DPS de baixa qualidade podem ativar indevidamente ou falhar ao desviar surtos reais, comprometendo a estabilidade do sistema;

- Vida útil reduzida: A substituição frequente desses dispositivos aumenta o custo total de operação e manutenção do sistema.

A escolha de DPS de alta qualidade é fundamental para a proteção eficaz de SFV. Eles garantem a segurança, reduzem os custos de manutenção e aumentam a vida útil dos componentes do sistema.

Portanto, é essencial considerar dispositivos que atendam às normas e ofereçam características técnicas adequadas às necessidades específicas dos sistemas fotovoltaicos.

5. Conclusões

Devido à sua função, custo e vulnerabilidade, os inversores solares devem ser protegidos contra sobretensões transitórias e correntes de surto através da instalação de DPS nas linhas de energia CC e CA, e, caso seja necessário. Tal precaução está explicitamente recomendada na norma técnica ABNT NBR 16690:2019, que reflete o consenso dos profissionais do setor sobre as práticas que são corretas de proteção contra surtos para SFV.

A Embrastec vem acompanhando a evolução do setor fotovoltaico ao longo dos anos, não apenas fornecendo DPS adequados, mas participando de eventos técnicos, publicando artigos e acompanhando de perto o que acontece nos SFV instalados no Brasil quando atingidos direta ou indiretamente pelas descargas atmosféricas. Por isso colocamos esse conhecimento acumulado à disposição de nossos clientes, para que eles possam operar os seus SFV com o desempenho, segurança e confiabilidade necessários para que os seus investimentos tenham o maior retorno possível.

Notas

- 1) LEMP. Pulsos eletromagnéticos devido às descargas atmosféricas (Lightning Electromagnetic Impulse).
- 2) SEMP. Pulsos eletromagnéticos devido aos chaveamentos (Switching Electromagnetic Impulse).
- 3) ESD. Descarga eletrostática (Electrostatic Discharge).
- 4) MPPT. Ponto rastreador de potência máxima (Maximum Power Point Tracking). Sistema eletrônico que monitora e ajusta os parâmetros elétricos de um arranjo fotovoltaico otimizando o seu desempenho.

Referências

- 1] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). ABNT NBR 5419-4:2015 Versão corrigida 2018. Proteção contra descargas atmosféricas Parte 4: Sistemas elétricos e eletrônicos internos na estrutura.
- 2] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). ABNT NBR IEC 61643-11:2021 Versão Corrigida 2022. Dispositivos de proteção contra surtos de baixa tensão Parte 11: Dispositivos de proteção contra surtos conectados aos sistemas de baixa tensão - Requisitos e métodos de ensaio.
- 3] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). ABNT NBR 5410:2004 Versão Corrigida:2008. Instalações elétricas de baixa tensão.
- 4] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). ABNT NBR 5419-1:2015. Proteção contra descargas atmosféricas Parte 1: Princípios gerais.
- 5] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). ABNT NBR 16690:2019. Instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos - Requisitos de projeto.
- 6] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). ABNT NBR IEC 61643-31:2022. Dispositivos de proteção contra surtos de baixa tensão Parte 31: DPS para utilização específica em corrente contínua — Requisitos e métodos de ensaio para os dispositivos de proteção contra surtos para instalações fotovoltaicas.
- 7] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). ABNT NBR IEC 61643-32:2022. Dispositivos de proteção contra surtos de baixa tensão Parte 32: DPS conectado no lado corrente contínua das instalações fotovoltaicas - Princípios de seleção e aplicação.
- 8] International Electrotechnical Commission (IEC). IEC TR 63227:2020. Lightning and surge voltage protection for photovoltaic (PV) power supply systems.
- 9] Norma regulamentadora nº10 (NR10). Ministério do Trabalho e Emprego. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-10-nr-10>
- 10] Código de proteção e defesa do consumidor. Lei nº 8078 de 11 de setembro de 1990. Fundação de Proteção e Defesa do Consumidor, Procon-SP. Janeiro de 2018. São Paulo, São Paulo.

- 11] Santos, Sergio Roberto; Busse, Cleiton; Viotto, Felipe. As normas técnicas na proteção contra descargas atmosféricas de sistemas fotovoltaicos. 8º Congresso Brasileiro de Geração Distribuída. Novembro de 2023. Belo Horizonte, Minas Gerais. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/30769/As%20normas%20t%C3%A9cnicas%20na%20prote%C3%A7%C3%A3o%20contra%20descargas%20atmosf%C3%A9ricas%20de%20sistemas%20fotovoltaicos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- 12] Santos, Sergio Roberto. Avaliação de DPS instalados em inversores fotovoltaicos. Canal Solar. Disponível em <https://canalsolar.com.br/avaliacao-de-dps-instalados-em-inversores-fotovoltaicos/>
- 13] Santos, Sergio Roberto. Subsistema de captação de descargas atmosféricas em arranjos FV. Canal Solar. Disponível em <https://canalsolar.com.br/subsistema-de-captacao-de-descargas-atmosfericas-em-arranjos-fv/>
- [14] Viotto, Felipe de Lima. Os problemas da não utilização de string boxes de corrente contínua. Revista Fotovolt. Nº65, fevereiro de 2024.
- [15] Almeida, Bianca; Busse, Cleiton. A confiabilidade, segurança e eficiência dos Dispositivos de Proteção contra Surtos. Portal O Setor Elétrico. 12/05/2024. Disponível em <https://www.osetoreletrico.com.br/a-confiabilidade-seguranca-e-eficiencia-dos-dispositivos-de-protecao-contrasurtos/>



www.embrastec.com.br