



Doc. n.º: 2.353.070.0.a Status: 05/2022

Características de qualidade do fornecimento de energia

Soluções de qualidade de energia da Janitza

Janitza electronics GmbH
Vor dem Polstück 6
D-35633 Lahnau
Suporte Tel. +49 6441 9642-22
E-mail: info@janitza.de
www.janitza.de

Janitza®

Características de qualidade do fornecimento de energia - Soluções de qualidade de energia da Janitza

Doc. nº: 2.353.070.0.a

Status: 05/2022

A versão em alemão é a versão original do manual

“Características de qualidade do fornecimento de energia”

Sujeito a alterações sem aviso prévio

O conteúdo deste documento é de caráter puramente informativo e foi elaborado com o maior cuidado e de acordo com o melhor conhecimento e consciência disponíveis. Ele corresponde ao nosso atual nível de informações e não garante que esteja correto, completo ou atualizado. Informamos que nem sempre é possível realizar a atualização deste documento simultaneamente com o desenvolvimento posterior de tecnologias e, neste contexto, de produtos da Janitza electronics GmbH.

Este documento emprega a forma masculina de acordo com a gramática em um sentido neutro de gênero! Sempre se direciona a mulheres, homens e outras identidades de gênero. Para facilitar a leitura dos textos, não se fazem distinções. Pedimos a sua compreensão em relação a essas simplificações.

A presente documentação fornece uma descrição dos tipos mais comuns de falhas de alimentação elétrica, suas possíveis causas, seus efeitos sobre dispositivos importantes e as medidas de proteção desses dispositivos. Aqui são aplicadas as normas e padrões mais importantes para a descrição dos problemas de qualidade da energia. Também são destacados recursos de produtos e dispositivos de medição da Janitza como opções para a proteção do seu sistema e dispositivos.

Mais informações sobre tecnologias e produtos da Janitza estão disponíveis no site www.janitza.de.

ÍNDICE

1. Informações sobre este documento	8
1.1 Público-alvo	8
1.2 Objetivo	8
2. Introdução	9
2.1 Características de qualidade da alimentação de tensão.	9
3. Normas e padrões para a qualidade das redes de distribuição.	10
4. Causas e efeitos dos distúrbios da qualidade da energia	12
4.1 Surtos de tensão (transientes)	12
4.1.1 Surtos de tensão impulsivos (transientes impulsivos)	12
4.1.2 Surtos de tensão oscilatórios (transientes oscilatórios)	13
4.2 Interrupções	15
4.3 Queda de tensão/subtensão	16
4.3.1 Altas correntes de partida (correntes de conexão)	16
4.3.2 Curto-circuito (queda de tensão) na rede de baixa tensão	18
4.3.3 Curto-circuito (queda de tensão) na rede de média tensão	19
4.3.4 Curto-circuito na rede de alta tensão	20
4.3.5 Subtensão	21
4.3.6 Problemas de quedas de tensão e a sensibilidade dos equipamentos de TI	21
4.4 Aumento de tensão/sobretensão	24
4.4.1 Aumento de tensão	24
4.4.2 Sobretensão	24
4.5 Distorção da forma de onda senoidal	26
4.5.1 Deslocamento de corrente contínua	26
4.5.2 Harmônicas	27
4.5.3 Inter-harmônicas	28
4.5.4 Curtas quedas de tensão	29
4.5.5 Distorções de tensão de alta frequência	29
4.6 Flutuações de tensão	31
4.6.1 Flicker	31
4.6.2 Desequilíbrio	32
4.7 Flutuações da frequência	33
5. Visão geral “Distúrbios da qualidade da energia” - Causas, efeitos e soluções.	34

6. Qualidade da rede - Como combater os distúrbios (soluções da Janitza)	36
6.1 Alguns possíveis efeitos da baixa qualidade da tensão ou do fornecimento resumidos.	36
6.2 Benefícios para operadores e clientes - Monitoramento da qualidade da energia com dispositivos de medição da Janitza	37
6.3 Energias renováveis e a carga com a qualidade do fornecimento	38
6.4 Funções do software de visualização de rede GridVis® em resumo	40
6.5 Monitoramento da qualidade da energia com soluções da Janitza	41
7. Dispositivo de medição UMG 512-PRO de classe A da Janitza.	42
7.1 Características do UMG 512-PRO.	42
7.1.1 Dispositivo de medição de classe A	42
7.1.2 Qualidade da energia.	42
7.1.3 Medição da corrente residual (Residual Current Monitoring - RCM)	43
7.1.4 Página inicial do dispositivo de medição	43
7.1.5 Gateway Modbus Ethernet	43
7.1.6 Comunicação BACnet.	43
7.1.7 Ampliações funcionais por meio de APPs.	44
7.2 Disparador padrão do UMG 512-PRO	45
7.2.1 Pos. 1 - Queda de tensão e sobrelevação de tensão da tensão de alimentação (conforme IEC 61000-4-30)	46
7.2.2 Pos. 2 - Cortes de tensão (conforme IEC 61000-4-30 - Imagem GridVis: Eventos > Corte de tensão)	49
7.2.3 Pos. 3 - Rápidas variações de tensão "Rapid Voltage Changes, RVC" (conforme IEC 61000-4-30 - Imagem GridVis: Eventos > Rápida variação de tensão)	50
7.2.4 Pos. 4 - Intensidade da corrente (Especificação da Janitza - Imagem GridVis: Eventos > Sobrecorrente)	54
7.2.5 Pos. 5 - Queda de frequência e sobrelevação de frequência (Especificação da Janitza - Imagem GridVis: Eventos > Sobrefrequência e subfrequência)	54
7.2.6 Pos. 6 - Rápidas variações de frequência (Especificação da Janitza - Imagem GridVis: Eventos > Variação de frequência)	55
7.2.7 Pos. 7 - Inclinação rápida dv/dt - Modo slope (Especificação da Janitza - Imagem GridVis: Transientes > Tensão > Inclinação rápida)	55
7.2.8 Pos. 8 - Sobretensão rápida "Modo absoluto" (Especificação da Janitza - Imagem GridVis: Transientes > Tensão > Absoluta)	55
7.2.9 Pos. 9 - Sliding window (janela móvel - análise de variações da forma de onda) (Especificação da Janitza - Imagem GridVis: Transientes > Tensão > Curva de envelope)	56
7.2.10 Pos. 10 - Sobrecorrente rápida - Corrente absoluta (Especificação da Janitza - Imagem GridVis: Transientes > Corrente > Absoluta)	56

7.3	Disparador de eventos do UMG 512-PRO	57
7.3.1	Pos. 1 - Potência ativa - Soma L1...L3 (Especificação da Janitza - Imagem GridVis: Disparador de eventos > Potência ativa de soma L1..L3)	58
7.3.2	Pos. 2 - Potência aparente - Soma L1...L3 (Especificação da Janitza - Imagem GridVis: Disparador de eventos > Potência aparente de soma L1..L3)	58
7.3.3	Pos. 3 - THD da tensão (distorção harmônica da tensão) (Especificação da Janitza - Imagem GridVis: Disparador de eventos > THD da tensão)	58
7.3.4	Pos. 4 - Desequilíbrio de tensão (Especificação da Janitza - Imagem GridVis: Disparador de eventos > Desequilíbrio de tensão)	59
7.4	Tempos de registro de disparos (tempos de registro de eventos) no software GridVis®	60
7.5	Software GridVis® - Configuração básica do UMG 512-PRO para registro de eventos e transientes.	61
7.5.1	Dados característicos, distribuição	61
7.5.2	Configuração de valores nominais	61
7.5.3	Frequência nominal	62
7.5.4	Medição principal	63
8.	Glossário de termos	66
9.	Índice remissivo	68
10.	Livros e artigos especializados sobre qualidade da energia	74
11.	Fontes - Literatura/impressos, normas, Internet	75
11.1	Fontes - Literatura/impressos	75
11.2	Fontes - Normas (ver também Página 10)	75
11.3	Fontes - Internet	76

1. Informações sobre este documento

1.1 Público-alvo

Este documento oferece uma visão geral sobre qualidade de rede (Power Quality) para todas as pessoas interessadas em eletrotécnica. O público-alvo, que inclui eletricitistas especializados, técnicos e engenheiros elétricos, receberá respostas às mais difíceis questões e problemas sobre o assunto (este documento tem caráter meramente informativo)!

1.2 Objetivo

Os problemas de alimentação elétrica são a causa de muitos processos difíceis de rastrear associados a falhas no equipamento, tempos de inatividade e problemas de software e corrupção de dados. Este documento tem como objetivo descrever de forma padronizada os tipos mais comuns de distúrbios de alimentação elétrica, representados por eventos e transientes, destacando os recursos de produtos e dispositivos de medição da Janitza como opções para a proteção do seu sistema e dispositivos. Aplicam-se as normas e padrões mais importantes que fazem menções sobre a qualidade da energia (ver *Capítulo „As normas e padrões mais importantes que fazem afirmações sobre a qualidade da energia:“ na página 10*).

O ideal é que este documento ajude a minimizar ou otimizar as causas e efeitos dos eventos e transientes. Termos-chave são explicados e uma visão geral dos possíveis disparadores (acionadores) para proteger unidades de operação e empresas dos efeitos que os eventos e transientes podem causar.

O presente documento reflete nosso atual nível de informações e não garante que esteja correto, completo ou atualizado. A Janitza electronics GmbH não se responsabiliza por danos pessoais, materiais ou patrimoniais resultantes de equívocos ou erros de interpretação.

© 2021 - Janitza electronics GmbH - Lahnau.
Todos os direitos reservados.

Está proibida qualquer reprodução, processamento, distribuição ou outra utilização deste material informativo, total ou parcialmente.

Todas as marcas registradas e seus direitos resultantes pertencem aos respectivos proprietários desses direitos.

2. Introdução

Sempre ocorrem distúrbios irregulares no fornecimento de energia elétrica, por vários motivos. Entre os exemplos estão relâmpagos, pássaros ou outros animais nas linhas e nas imediações, falhas em usinas elétricas ou transformadores, mau funcionamento em consumidores de eletricidade ou sobrecarga da rede.

As empresas se queixam cada vez mais de curtas interrupções de fornecimento, assim como de quedas e sobrelevações na tensão de alimentação. O aumento de distúrbios pode ser atribuído principalmente à crescente presença de eletrônica de controle e equipamentos sensíveis.

Da mesma forma, a crescente participação das energias renováveis no fornecimento de energia elétrica é vista como um motivo para distúrbios no futuro.

O amplo uso da eletrônica, da eletrônica de consumo até o controle de processos industriais massivos e dispendiosos, tem aumentado a atenção com relação à qualidade da energia. A qualidade da energia, ou mais precisamente, um distúrbio na qualidade da corrente e da tensão, é geralmente definida como qualquer variação no desempenho (tensão, corrente ou frequência) que interfira no funcionamento normal de um equipamento elétrico.

2.1 Características de qualidade da alimentação de tensão

Uma alimentação de tensão ideal é caracterizada pela tensão de alimentação perfeitamente senoidal com frequência constante.

Na verdade, a curva de tensão se desvia disso de forma mais ou menos permanente. A frequência e a tensão de alimentação reais são o resultado da interação de todos os componentes de uma rede.

Consumidores elétricos e, de modo geral, também os geradores, requerem uma tensão de alimentação que tenha determinados critérios para funcionar conforme previsto. Uma qualidade de energia* insuficiente da tensão de rede pode afetar o comportamento dos consumidores de eletricidade e até mesmo colocar as pessoas em perigo e causar danos materiais.

Os parâmetros mais importantes da qualidade da energia são:

- Nível de tensão
- Frequência
- Distúrbios da forma de onda senoidal (distorções de tensão)

Os fornecedores de energia são obrigados a cumprir determinados valores de tolerância para os respectivos parâmetros.

* **Qualidade da energia** = “Power Quality” (isso se refere à qualidade do fornecimento em redes de fornecimento de energia elétrica)

3. Normas e padrões para a qualidade das redes de distribuição

Na norma **DIN EN 50160** são regulamentadas as características de qualidade da tensão de alimentação no ponto de conexão da rede (ponto de transmissão). Na nota do FNN* sobre resistência a interferências na interação de instalações de clientes e redes elétricas podem ser encontrados limites precisos para as instalações.

As informações sobre os procedimentos de teste e medição da resistência a quedas de tensão, interrupções curtas e flutuações de tensão estão descritas na norma para dispositivos PQM (Power Quality Monitoring - analisadores de qualidade de energia em redes) **DIN EN 61000-4-30**.

Além disso, o **IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)** e outros órgãos de normalização tentaram definir os distúrbios nas redes elétricas por meio da elaboração de uma norma. Eles dividem a qualidade de energia e os distúrbios em **7 categorias**:

1. Surtos de tensão (transientes)
2. Corte de tensão/interrupção de fornecimento
3. Queda de tensão/subtensão
4. Aumento de tensão/sobretensão
5. Distorção da forma de onda senoidal (distorções da tensão)
6. Flutuações de tensão
7. Flutuações da frequência

No presente documento, as categorias são divididas em **transientes (pos. 1)** e **eventos (pos. 2 a 7)**, onde as distorções da forma de onda senoidal (**pos. 5**) somente podem ser atribuídas condicionalmente aos eventos, dado que eles normalmente ocorrem de forma permanente.

As normas e padrões mais importantes que fazem afirmações sobre a qualidade da energia:

- **EN 50160**: Norma europeia que define e especifica as características da tensão nas redes públicas de fornecimento de eletricidade. Os valores característicos essenciais são a frequência, o nível de tensão, a forma de onda e a simetria das tensões compostas.
- **IEC 61000-4-30**: A norma define procedimentos de medição, precisão e interpretação dos parâmetros de qualidade da rede para dispositivos de classe A e S.
- **IEC 61000-2-2**: A norma faz afirmações sobre os níveis de compatibilidade para distúrbios por condução com baixa frequência e para sinais de sistemas de comunicação de rede em redes públicas de fornecimento de baixa tensão.
- **IEC 61000-2-4**: A norma faz afirmações sobre os níveis de compatibilidade para distúrbios por condução com baixa frequência em instalações industriais e redes não públicas.
- **IEC 61000-2-12**: A norma define os níveis de compatibilidade para distúrbios por condução com baixa frequência e distúrbios da transmissão de sinal em redes públicas de média tensão na faixa de frequências de 0 Hz a 9 kHz com uma expansão para 148,5 kHz para a transmissão de sinal de rede.
- **IEC 62586-2**: A norma define o teste funcional e os requisitos de incerteza para dispositivos de qualidade de energia (PQI).
- **IEC 61850**: A norma descreve como os dados e informações devem ser repassados.
- Formatos padronizados de dados para escrita de erros na forma da IEEE 1159 (PQDIF) e COMTRADE.

* FNN: fórum da Associação alemã de engenharia elétrica, eletrônica e tecnologia da informação (VDE) sobre tecnologia de redes/operação de redes

- **D-A-CH-CZ:** Regulamentações técnicas para a avaliação de distúrbios da rede na Alemanha, Áustria, Suíça e República Tcheca.
- **TOR D2:** Regulamentações técnicas e organizacionais para operadores e usuários de redes elétricas; parte D: Regulamentações técnicas especiais; seção principal D2: Diretriz para a avaliação de distúrbios da rede.
- **IEEE 519:** (Práticas e requisitos recomendados para o controle de harmônicas em sistemas de energia elétrica) norma como uma recomendação conjunta dos fornecedores de energia e operadores para limitar os efeitos de cargas não lineares, por meio da redução de harmônicas.
- **ENGINEERING RECOMMENDATION G5/5 (Antiga: G5/4-1)** (níveis de planejamento da distorção harmônica da tensão a ser usada no processo de conexão de equipamentos não lineares) como diretriz da Energy Networks Association (Reino Unido) para limitar os efeitos das cargas não lineares, por meio da redução das harmônicas no ponto de transmissão (PCC). Válida no Reino Unido e em Hong Kong.
- **ITIC-(CBEMA):** A curva ITIC-CBEMA do Conselho do Setor de Tecnologia da Informação (ITIC) representa a capacidade de resistência dos computadores/fontes de alimentação em termos do nível e duração dos distúrbios de tensão.

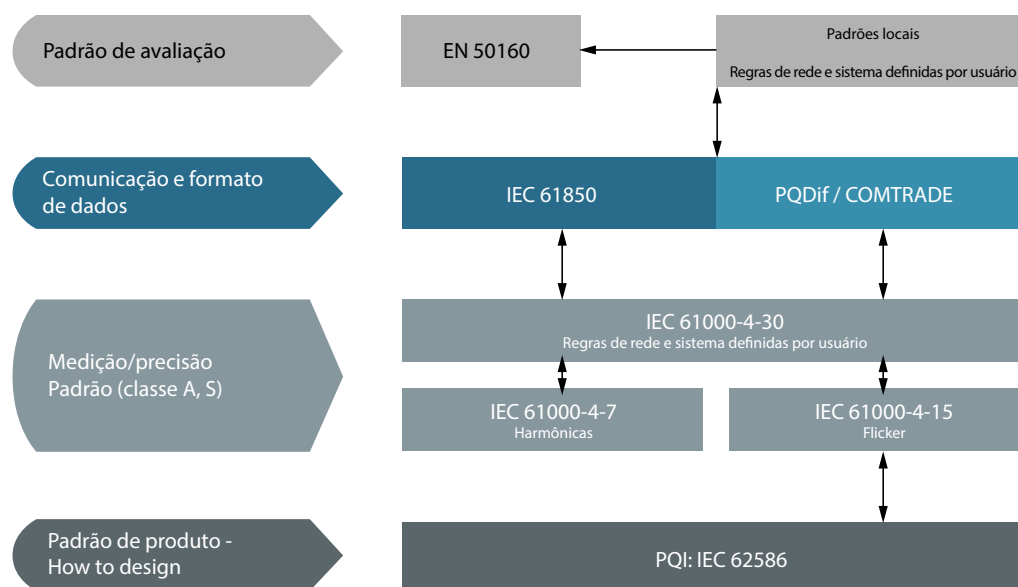


Figura: Visão geral - Normas de qualidade das redes

4. Causas e efeitos dos distúrbios da qualidade da energia

O motivo pelo qual os vários órgãos de normalização (por exemplo, órgão de normalização para IEEE, para EN 50160 ou para IEC 61000-4-30) dividiram os distúrbios em categorias foi a descrição imprecisa por parte do setor elétrico acerca de problemas com a qualidade da energia. Por exemplo, saber a diferença entre um corte de tensão e um surto de tensão oscilatório pode influenciar na decisão de compra de um dispositivo de medição para monitorar a qualidade da energia.

Neste capítulo são explicados os **distúrbios da qualidade da energia definidos** pelos diversos órgãos de normalização. Normas como a **EN 50160** ou a **IEC 61000-4-30** fundamentam os fenômenos de rede descritos a seguir. As respectivas figuras destinam-se a ajudar a esclarecer as diferenças entre os distúrbios de qualidade da energia.

4.1 Surtos de tensão (transientes)

Os surtos de tensão, também chamados de transientes, têm o maior potencial de danos entre todos os distúrbios de qualidade da energia. Os surtos de tensão são divididos em duas subcategorias

1. Surtos de tensão impulsivos
2. Surtos de tensão oscilatórios

4.1.1 Surtos de tensão impulsivos (transientes impulsivos)

Os eventos bruscos repentinos que causam um aumento de tensão e/ou de corrente são definidos nas normas mencionadas acima como surtos de tensão (transientes) impulsivos. Esses eventos ainda podem ser subdivididos de acordo com a velocidade em que ocorrem: rápidos, médios ou lentos.

Por exemplo, os surtos de tensão impulsivos são positivos ou negativos, eventos muito rápidos (abaixo de 50 ns) com um tempo de subida de 5 nanossegundos [ns]* do estado estável ao pico de impulso. A causa disso podem ser descargas eletrostáticas ou relâmpagos.

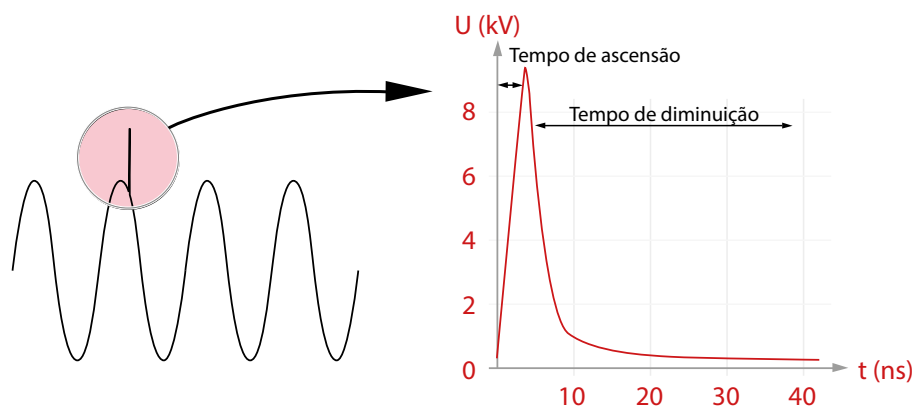


Figura: Surto de tensão (transiente) impulsivo positivo causado, por exemplo, por uma descarga elétrica (ESD).

O surto de tensão impulsivo também é frequentemente referido pelos especialistas como pico de tensão, surto de tensão curto, impulso de tensão ou aumento de tensão.

Medidas eficazes para prevenir surtos de tensão impulsivos são, por exemplo, o aterramento tecnicamente correto e a compensação de potencial da descarga eletrostática (ESD) e o emprego de dispositivos de proteção contra sobretensões para limitar os danos em caso de relâmpagos.

* Para esclarecimento: [1000 ns = 1 μ]; [1000 μ s = 1 ms]; [1000 ms = 1 s]

4.1.2 Surtos de tensão oscilatórios (transientes oscilatórios)

Os surtos de tensão oscilatórios são mudanças oscilatórias repentinas de uma tensão de sinal, de uma corrente de sinal ou de ambas juntas tanto na faixa de sinais positivos quanto negativos.

Surtos de tensão oscilatórios normalmente decaem até “zero” dentro de um ciclo (período) (oscilação de decaimento). Eles ocorrem, por exemplo, quando cargas indutivas (por exemplo, motores elétricos) são desconectadas ou quando cargas capacitivas (por exemplo, bancos de capacitores) são conectadas. O surto de tensão oscilatório ocorre porque a carga resiste à mudança (desconexão/conexão).

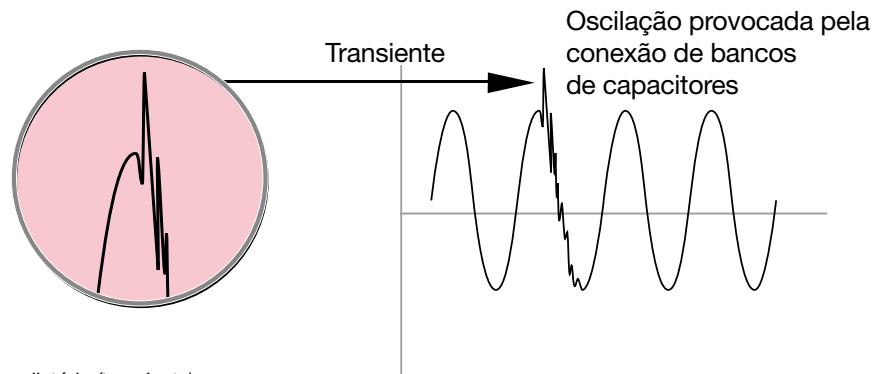


Figura: Surto de tensão oscilatório (transiente)

Além dos desligamentos descritos, os inversores de frequência e os sistemas de distribuição elétrica amplamente ramificados também podem oscilar durante o ligamento e desligamento. Por exemplo, os circuitos elétricos podem apresentar uma autoindutância e uma capacitância distribuída que fornecem brevemente energia em forma de decaimento. Isso pode ser corrigido com a instalação de reatores limitadores de corrente ou reatores de linha para limitar os surtos de tensão oscilatórios a um nível controlável.

Outra entre as medidas cada vez mais utilizadas para reduzir os surtos de tensão oscilatórios associados às comutações de capacitores é a comutação na passagem por zero ou a proteção por reatores dos capacitores.

Na comutação de passagem por zero, a onda senoidal é monitorada para garantir que a comutação de capacitores ocorra o mais próximo possível do momento da passagem por zero da onda senoidal, visto que o surto de tensão provocado apresenta a amplitude mais baixa.

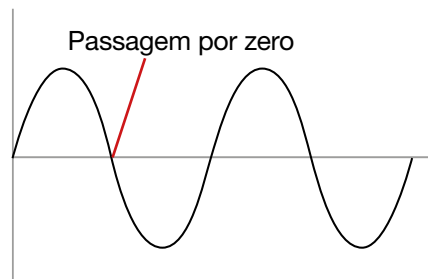


Figura: Passagem por zero da onda senoidal

* Ciclo: uma curva completa de uma corrente alternada/uma tensão alternada. Período: O tempo necessário para gerar um ciclo completo de um sinal. Os termos período, ciclo, 1 onda e 1 oscilação são utilizados com frequência como sinônimos no setor.

Naturalmente, os sistemas de proteção contra sobretensão e de UPS (fonte de alimentação ininterrupta), assim como os circuitos especiais de filtro passivo, também são muito eficazes na redução dos danos provocados por surtos de tensão oscilatórios, sobretudo em equipamentos de processamento de dados largamente utilizados, tais como computadores em uma rede.

No entanto, em determinados casos, os dispositivos de proteção contra surtos de tensão e dispositivos UPS não podem substituir a comutação de passagem por zero e/ou um dispositivo com reator, tais como os encontrados em máquinas de produção e seus sistemas de controle.

i INFORMAÇÃO

Os distúrbios da qualidade da energia descritos nos capítulos 4.1.1 e 4.1.2 são designados como “Transientes” no setor elétrico e de acordo com diversas normas. Nós, a empresa Janitza electronics GmbH, para as seguintes categorias de distúrbios, usamos o termo “**Eventos**” (em inglês **Eventos**), sem considerar as especificações terminológicas e padrões de diversas normas.

A figura a seguir esclarece as diferenças entre as categorias de distúrbios “Interrupções”, “Queda de tensão/subtensão” e “Aumento de tensão/sobretensão”. A descrição detalhada dessas categorias é apresentada nos capítulos 4.2, 4.3 e 4.4.

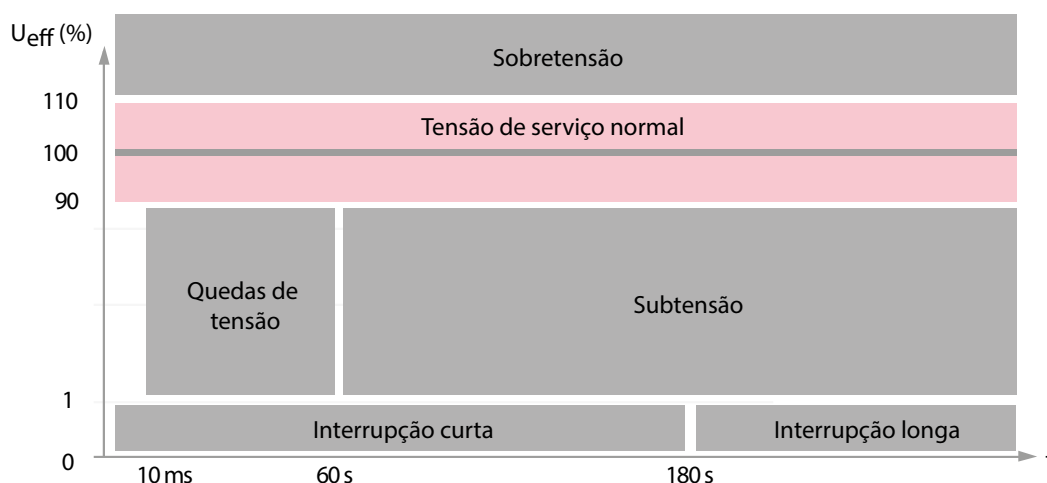


Figura: Categorias de distúrbios “Interrupções”, “Queda de tensão/subtensão” e “Aumento de tensão/sobretensão” conforme IEC 60050-161:1990.

4.2 Interrupções

Uma interrupção é definida como uma perda completa da tensão de alimentação ou da corrente de carga. Na DIN EN 50160 é feita distinção entre interrupções de curta e longa duração. Além disso, as interrupções curtas e longas são classificadas nas normas como repentinas, curtas, temporárias ou persistentes. Assim, os tipos de interrupção apresentam a seguinte duração:

Repentina:	0,5 a 30 ciclos
Curta:	30 ciclos a 2 segundos
Temporária:	2 segundos a 2 minutos
Persistente:	Acima de 2 minutos

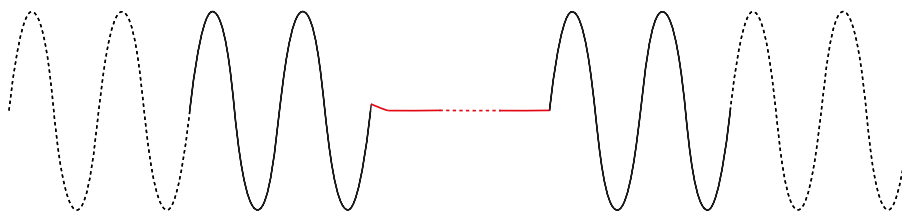


Figura: Categoria de distúrbio “Corte de tensão curto”

As causas mais frequentes de interrupções em sistemas elétricos são, por exemplo, relâmpagos, sobrecargas e curtos-circuitos na rede. Uma atenção especial é dada aos desligamentos de proteção por disjuntores com religamento automático.

Disjuntores com religamento automático determinam a duração das interrupções em função do tipo de falha. Esses disjuntores são empregados pelos fornecedores de energia para detectar o aumento de corrente provocado por um curto-circuito na infraestrutura de fornecimento e, antes de mais nada, desconectar a alimentação elétrica. O religamento automático restabelece o fornecimento de energia elétrica após um período definido. Esse processo é aplicado, por exemplo, em caso de distúrbios no sistema de alimentação elétrica provocados pelo galho de uma árvore ou por um animal entre a linha e a terra.

Independentemente de uma interrupção no fornecimento de energia elétrica ser repentina, curta, temporária ou persistente, ela pode provocar distúrbios, danos e tempos de inatividade, tanto para uma residência particular quanto para empresas. Além de danos a equipamentos, eventual danificação de produtos e perda de dados em empresas de TI, também podem ser incorridos custos de tempo de inatividade, limpeza e recomissionamento.

Para fornecedores de energia comerciais, a categoria “corte persistente de energia ou de tensão” (interrupção > 2 min.) descreve uma situação em que um restabelecimento manual do fornecimento de energia é necessário porque os dispositivos de proteção automáticos não podem restabelecer o fornecimento devido ao tipo de distúrbio.

4.3 Queda de tensão/subtensão

A norma DIN EN 50160 define uma queda de tensão como uma queda repentina de um valor RMS de tensão para um valor entre 85% e 5% (90% e 1% conforme IEC 60050-161:1990) de um valor definido, seguida por um restabelecimento direto desta tensão (ver figura na Página 14). A duração da queda de tensão está entre uma meia onda (meio período = 10 ms) e um minuto. Se o valor RMS de tensão não ficar abaixo de 90% de seu valor, esta é considerada como tensão normal de serviço. Um corte de tensão ocorre quando a tensão ficar abaixo de 5% do valor RMS de tensão

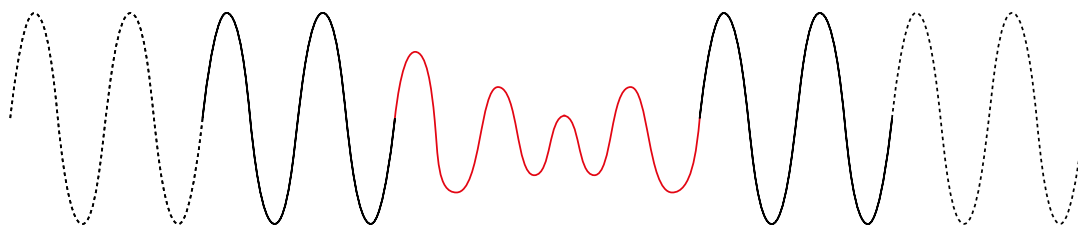


Figura: Categoria de distúrbio “Queda de tensão”

4.3.1 Altas correntes de partida (correntes de conexão)

As quedas de tensão são geralmente provocadas por falhas do sistema, mas também ocorrem com frequência quando cargas, tais como capacitores, motores ou outros dispositivos com elevadas correntes de partida ou correntes de conexão são conectadas. Desta forma, a carga brevemente mais alta - no caso de um motor elétrico, esta pode ser seis ou mais vezes seu consumo de energia em operação normal - causa uma queda de tensão por vezes considerável no circuito de carga restante.

A figura a seguir mostra a “partida” de um motor elétrico. A corrente de partida (corrente de conexão) do motor “I” aumenta brevemente $I > I_n$ (I_n ... corrente de serviço ou corrente nominal). A queda de tensão resultante através das impedâncias Z e Z1 conduz a uma leve queda de tensão no quadro geral de distribuição de baixa tensão (zona de queda 1) e a uma queda de tensão um pouco mais acentuada após a impedância Z1.

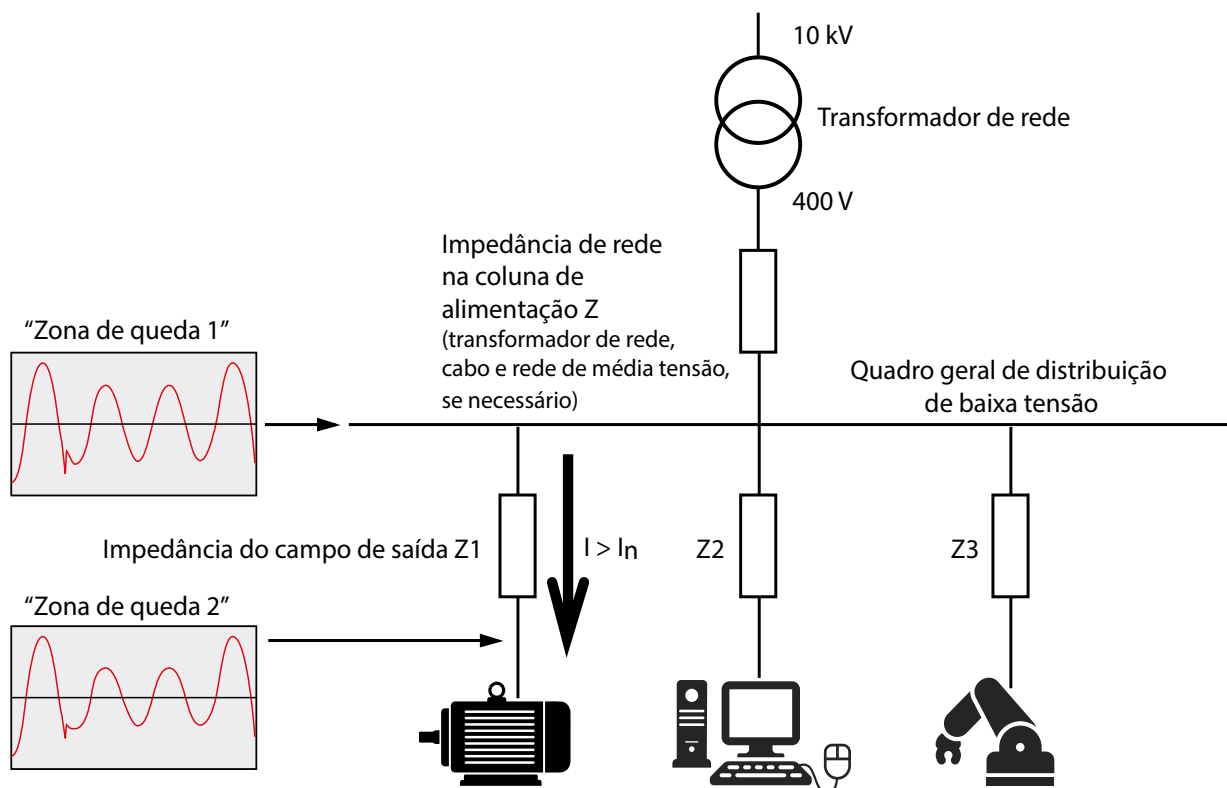


Figura: Processo de "partida" de um motor elétrico e, consequentemente, queda de tensão

A solução para circuitos elétricos com altas correntes de partida (cargas de partida), que demandam grande consumo de energia ao serem conectados, está na otimização da própria instalação. A seguir estão listadas algumas possibilidades de solução:

1. Criação ou adição de um circuito elétrico separado para grandes cargas de partida.

Apesar de esta ser a solução mais eficiente, ela nem sempre é possível por razões práticas ou econômicas, sobretudo em instalações contendo um grande número de cargas de partida.

2. Preparação ou instalação de fontes alternativas de energia para o processo de partida que não carreguem a infraestrutura elétrica restante ao ser dada a partida em um motor elétrico.

Soluções eficientes para reduzir a queda de tensão durante o processo de partida são partidas com tensão reduzida, seja com autotransformadores, configurações estrela-triângulo, partidas suaves com tecnologia de estado sólido ou compensações de partida de motor.

3. Uso de inversores de frequência (ASDs = Adjustable Speed Drives).

Os ASDs são utilizados principalmente para controlar os processos industriais de forma econômica e eficiente. O benefício extra consiste em que eles adaptam a velocidade do motor à respectiva situação de carga e, assim, solucionam o problema de dar partida em motores grandes.

4.3.2 Curto-circuito (queda de tensão) na rede de baixa tensão

No caso de um curto-circuito em uma rede de baixa tensão, uma corrente extremamente alta flui através do cabo entre dois potenciais, a corrente de curto-circuito I_k . A intensidade da corrente de curto-circuito depende da magnitude das impedâncias Z e Z_3 . Na prática, a impedância Z_3 tem maior magnitude (alta impedância) e é determinada, entre outros, pelo tipo e pelo comprimento do cabo. Quanto mais comprido o cabo, menor será a corrente de curto-circuito.

A corrente de curto-circuito provoca uma queda de tensão através da impedância de rede na coluna de alimentação Z , fazendo com que a tensão no quadro geral de distribuição de baixa tensão caia brevemente (zona de queda 1).

No caso de um curto-circuito, o fusível no grupo da coluna de saída Z_3 deveria queimar. Por exemplo, se a queima do fusível durar 100 ms, a tensão em todo o sistema sofrerá uma queda profunda por 100 ms.

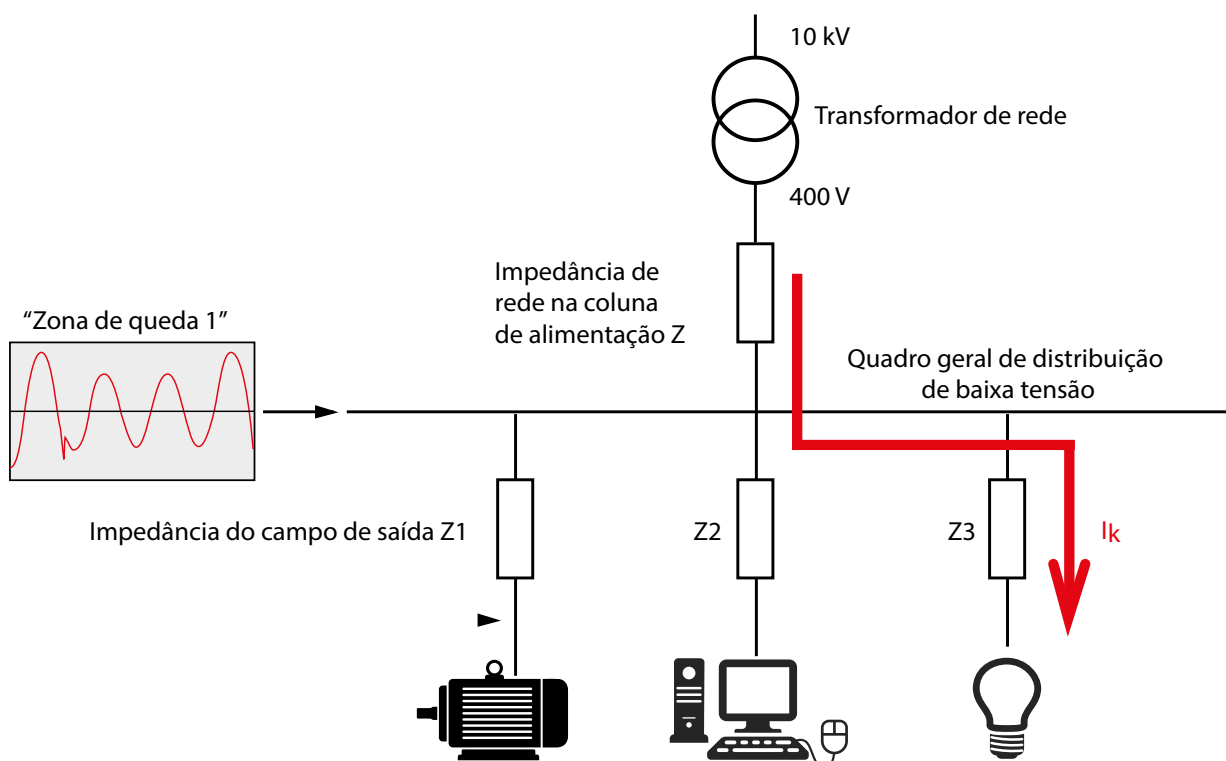


Figura: Estado operacional em caso de queda de tensão provocada por um curto-circuito no quadro geral de distribuição de baixa tensão (rede de baixa tensão)

Para se proteger contra os curtos-circuitos na rede de baixa tensão e para manter baixos os efeitos da queda de tensão e da corrente de curto-circuito, devem ser utilizados disjuntores ou fusíveis que desconectam um possível ponto de curto-circuito do resto da rede de alimentação o mais rápido possível (informações sobre o dimensionamento e instalação de sistemas de baixa tensão podem ser encontradas, entre outros, na norma DIN VDE 0100-430:2010-10). Entretanto, ainda ocorrem curtos-circuitos na rede de baixa tensão, mas os curtos-circuitos na rede de média tensão podem ser bem mais críticos.

4.3.3 Curto-circuito (queda de tensão) na rede de média tensão

A maioria das quedas de tensão associadas a curtos-circuitos são provocadas em redes de média tensão. Elas são causadas pelas seguintes influências:

- Terraplanagens
- Descarga em uma manga para cabos
- Envelhecimento de cabo
- Curto-circuito em redes de cabos aéreos (danos por tempestades, animais etc.)

O exemplo abaixo (figura “Estado operacional na rede de média tensão em caso de curto-circuito”) mostra uma estrutura convencional de uma rede de média tensão. As conhecidas subestações transformadoras/subestações secundárias locais (pontos verdes) estão interligadas em anel e conectadas a uma subestação de distribuição (pontos azuis).

Um anel é sempre disposto de modo que esteja aberto em um ponto (ver o anel a partir dos pontos verdes). Se ocorrer um curto-circuito, uma corrente de curto-circuito (linha vermelha) flui até que o fusível na subestação de distribuição correspondente desligue o segmento de anel correspondente (figura “Estado operacional na rede de média tensão após o isolamento do curto-circuito”)

Estado operacional na rede de média tensão em caso de curto-circuito

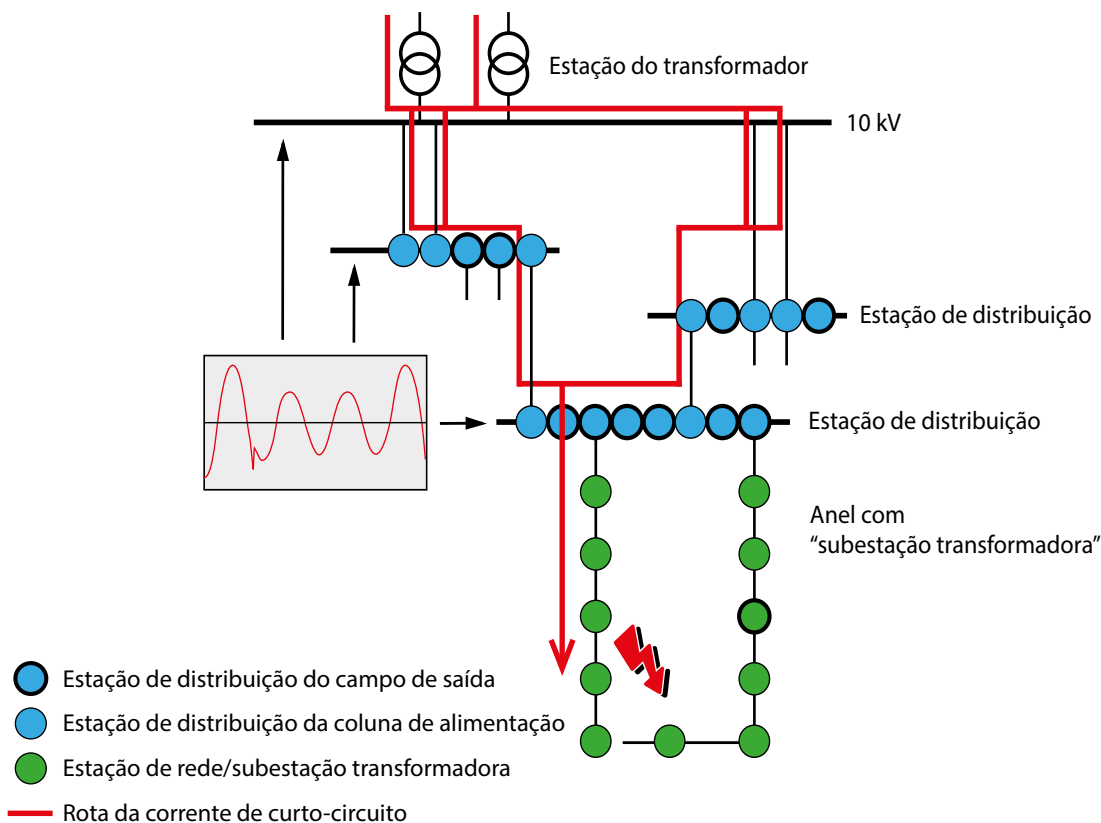


Figura: Estado operacional na rede de média tensão em caso de curto-circuito em uma “subestação transformadora”

Estado operacional na rede de média tensão após o isolamento do curto-circuito

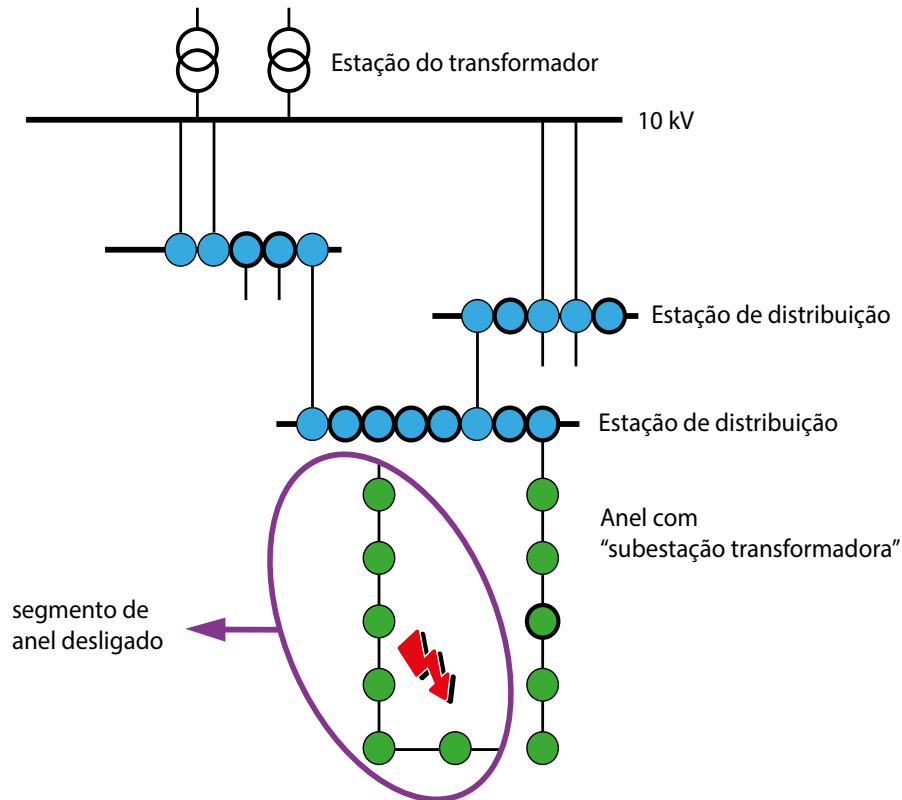


Figura: Estado operacional na rede de média tensão após o isolamento do curto-circuito

Aproximadamente 75% das quedas de tensão ocorrem na rede de média tensão. Muitas vezes essas são inevitáveis para os consumidores.

4.3.4 Curto-circuito na rede de alta tensão

Os curto-circuitos na rede de alta tensão são causados principalmente por relâmpagos ou operações de comutação (com falhas) no final das seções de alta tensão.

Exemplo “Curto-circuito na rede de alta tensão”:

Normalmente, em uma rede de alta tensão, os cabos nos postes de energia são isolados pelo ar. No entanto, se um raio atingir o local, o ar torna-se condutivo e ocorre um curto-circuito!

Uma proteção de rede com um disjuntor compatível garante que os cabos e linhas sejam desligados em questão de milissegundos e mais nenhuma corrente consegue fluir. Também nesse caso, a queda de tensão faz com que os dispositivos de proteção, tais como disjuntores, sejam desarmados.

O segmento de rede com falha é assim desconectado da rede de alimentação restante. A rede de alimentação restante permanece protegida dos efeitos da falha.

4.3.5 Subtensão

As subtensões são o resultado de problemas de longo prazo que produzem quedas de tensão ou reduções de tensão. O termo “queda de tensão”, usado com maior frequência para descrever este problema, foi substituído pelo termo “subtensão”. A designação “queda de tensão” é ambígua porque também pode ser usada para se referir à estratégia de fornecimento de energia comercial durante os picos de demanda. Além disso, na eletrotécnica, a tensão através de uma impedância com condução de corrente também é chamada de queda de tensão.

Subtensões podem causar superaquecimento de motores elétricos e levar ao colapso de cargas não lineares, tais como fontes de alimentação de computadores. As soluções para quedas de tensão também se aplicam às subtensões.

A contramedida mais habitual para proteger áreas sensíveis de fornecimento de energia - como data centers - é o emprego de fontes de alimentação ininterrupta (UPS). Além disso, existem estabilizadores eletrônicos de tensão, assim como transformadores controláveis e soluções baseadas em controladores lineares. Para aplicações de pequeno porte também podem ser empregados CVTs (Constant Voltage Transformers).

Ainda mais importante, a presença constante de uma subtensão pode indicar uma grave falha nos equipamentos, um problema de configuração ou um problema com a alimentação elétrica na rede.

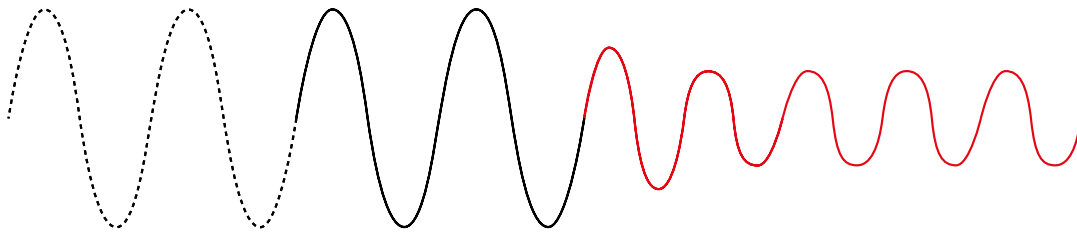


Figura: Categoria de distúrbio “Subtensão”

4.3.6 Problemas de quedas de tensão e a sensibilidade dos equipamentos de TI

Foi a introdução de sistemas informáticos que primeiro chamou a atenção para o problema das quedas de tensão e, mais precisamente, para a maioria dos problemas de qualidade da rede.

Sobretudo os sistemas de TI são suscetíveis aos cortes de tensão, quedas de tensão e subtensões. Isso significa que todos os processos controlados por microprocessadores são suscetíveis a tais distúrbios, por exemplo:

- sistemas de CLP
- Inversores de frequência
- controladores de máquinas
- servidores, PCs, etc.

Para manter esses sistemas isentos de distúrbios, foram necessários consideráveis esforços no passado para a manutenção das operações. Isso levou ao desenvolvimento de uma **curva ITIC-CBEMA** (CBEMA = Computer Business Equipment Manufacturers).

Em uma curva ITIC-CBEMA elaborada pelo Conselho do Setor de Tecnologia da Informação (ITIC) é definido quando uma queda de tensão causa a falha de equipamentos de TI e quando, por exemplo, um pico de tensão causa danos nos equipamentos de TI. Embora o modelo tenha sido desenvolvido para redes de 120 V/60 Hz, ele também é aplicado a equipamentos conectados em redes de 230 V/50 Hz. O modelo pode ser usado pelos fabricantes como uma diretriz de projeto.

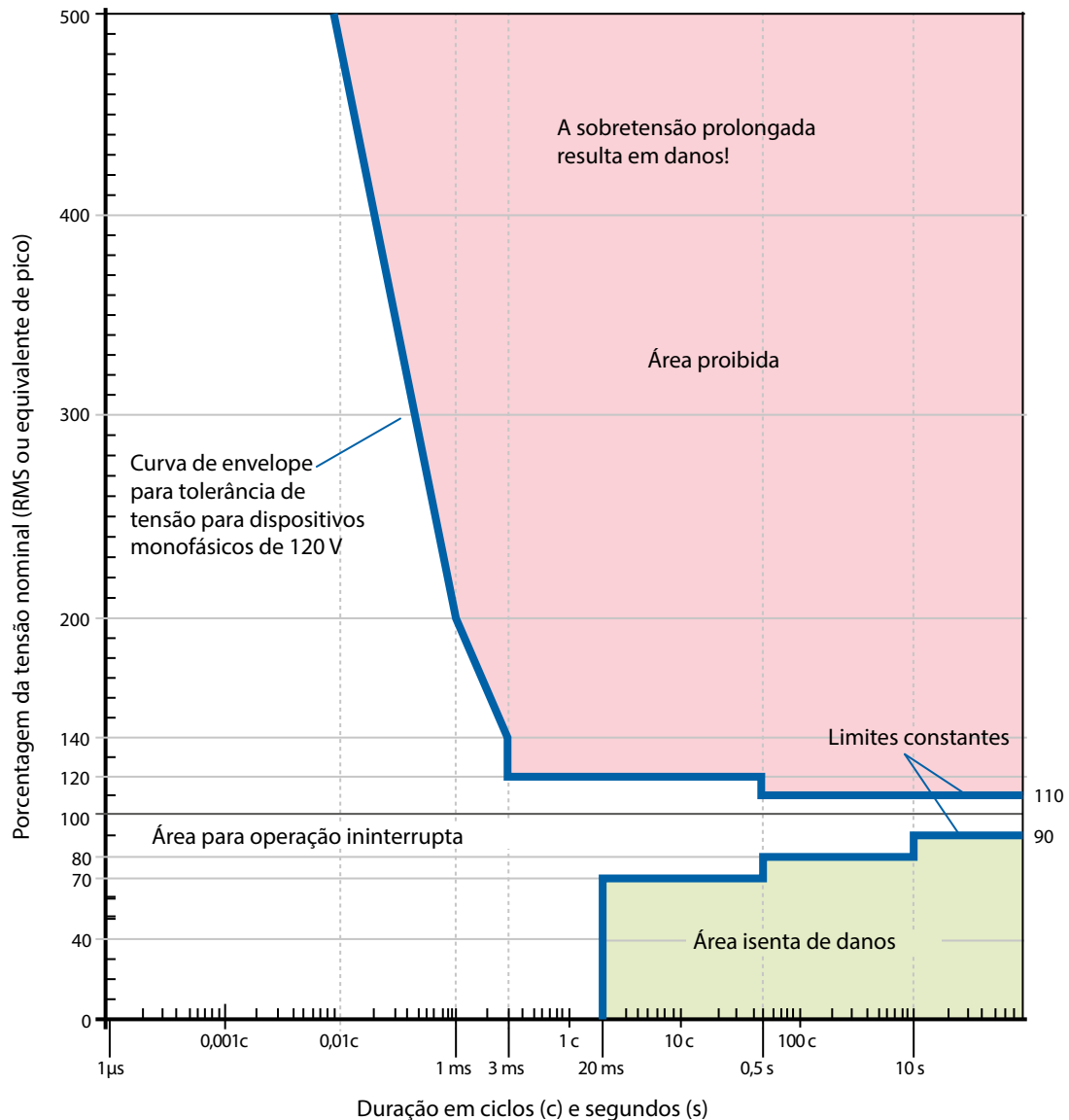


Figura: Curva ITIC-CBEMA (Status 2000)

Como evitar quedas de tensão?

As quedas de tensão causadas por correntes de conexão somente podem ser evitadas condicionalmente, por meio de uma melhor estrutura do sistema técnico.

As quedas de tensão causadas por curtos-circuitos na rede de baixa tensão são relativamente raras. Elas ocorrem principalmente na rede de média tensão e não há o que fazer a respeito dessas causas.

Alguns dos métodos, os quais já foram mencionados para solucionar cortes de tensão nos capítulos anteriores, também podem ser utilizados para quedas de tensão, por exemplo, dispositivos UPS (fontes de alimentação ininterrupta) e estabilizadores eletrônicos de tensão.

Em alguns casos, os danos causados por quedas de tensão não aparecem imediatamente, mas vão aparecendo aos poucos (danos a equipamentos, perdas de dados, falhas nos processos industriais). A reparação desses danos pode, às vezes, se tornar muito cara. Por isso, pode ser mais eficaz sinalizar quedas de tensão ainda em estágio inicial, identificar as causas usando boas ferramentas de relatórios e adotar com antecedência medidas mais direcionadas e, sobretudo, mais econômicas.

Mais informações sobre isso e sobre as soluções da Janitza estão disponíveis no capítulo „6. Qualidade da rede - Como combater os distúrbios (soluções da Janitza)“ na página 36.

4.4 Aumento de tensão/sobretensão

4.4.1 Aumento de tensão

Um aumento de tensão é o oposto de uma queda de tensão e refere-se à elevação da tensão alternada de rede durante uma meia oscilação até 1 minuto.

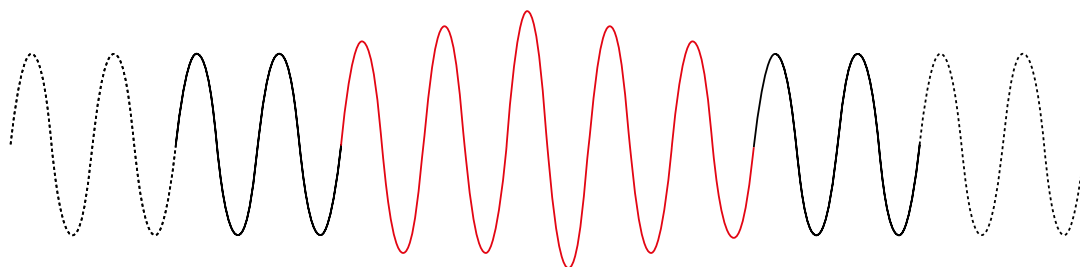


Figura: Categoria de distúrbio "Aumento de tensão"

As causas mais comuns de um aumento de tensão são conexões de potencial zero e de alta impedância, (grandes) flutuações de carga repentinas, assim como falhas de fases em um sistema trifásico.

Erros de dados, cintilação luminosa (flicker), deterioração dos contatos elétricos, danos de semicondutores em equipamentos eletrônicos e deterioração do isolamento podem ser as consequências.

As soluções usuais são controladores de potência, sistemas UPS e transformadores de teste de ferorressonância.

Tal como as quedas de tensão, os aumentos de tensão podem não ser detectados até que seus efeitos sejam óbvios. Além de monitorar e registrar eventos de corrente e de tensão, os sistemas UPS e/ou sistemas de preparação também são usados para detectar quando e quantas vezes esses eventos ocorrem.

4.4.2 Sobretensão

As sobretensões podem ser o resultado de problemas de longo prazo que produzem aumentos de tensão. Uma sobretensão pode ser considerada como um aumento prolongado da tensão.

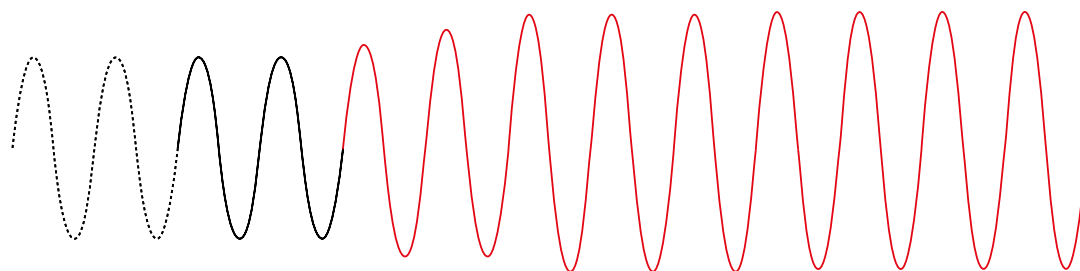


Figura: Categoria de distúrbio "Sobretensão"

As sobretensões também ocorrem com frequência em áreas onde as derivações do transformador de alimentação (por exemplo, a comutação de derivação no transformador de rede local) não são posicionadas corretamente e as cargas foram reduzidas. Isso também ocorre com frequência em áreas sazonais onde as comunidades consomem menos energia elétrica fora da temporada, mas a quantidade de aquisição definida de eletricidade para a alta demanda é fixada para uma maior utilização. A menor utilização causa, assim, uma tensão de saída mais alta no transformador de rede local.

As condições de sobretensão podem resultar no alto consumo de energia, fazer com que disjuntores (interruptores de circuito elétrico) a jusante sejam desarmados sem necessidade e também provocar o superaquecimento e sobrecarga de componentes.

Considerando que uma sobretensão é essencialmente um aumento de tensão de presença constante, o sistema UPS ou os sistemas de preparação próprios para aumentos de tensão também poderão ser utilizados para sobretensões. Entretanto, se a corrente recebida estiver sujeita a uma condição de sobretensão contínua, uma correção da alimentação elétrica na rede do sistema também poderá ser necessária.

Os sintomas dos aumentos de tensão são aplicáveis também às sobretensões. Como as sobretensões podem ser mais constantes, o excesso de calor pode ser um indicativo externo de uma sobretensão. Equipamentos que são utilizados sob condições ambientais e operacionais normais, gerando uma determinada quantidade de calor, podem repentinamente gerar uma quantidade maior de calor devido à sobrecarga causada por uma sobretensão. Isso pode ter consequências adversas em um ambiente de data center de alta densidade. O calor e seus efeitos nos modernos data centers com vários ambientes de servidores blade de alta densidade é uma questão de grande importância no setor de TI.

4.5 Distorção da forma de onda senoidal

Os cinco principais tipos de distorção da forma de onda são:

1. Deslocamento de corrente contínua
2. Harmônicas
3. Inter-harmônicas
4. Quedas de tensão transitórias periódicas (queda de comutação)
5. Distorções de tensão de alta frequência

4.5.1 Deslocamento de corrente contínua

Dentro das modernas tecnologias utilizadas em equipamentos para conversão de corrente alternada para corrente contínua podem ser geradas correntes contínuas em sistemas de distribuição de corrente alternada. Isso ocorre com frequência por causa de componentes contidos nessas diversas tecnologias.

A corrente contínua pode fluir no sistema de corrente alternada e gerar corrente indesejada em equipamentos que já operam ao nível de potência nominal. Podem ocorrer superaquecimento e saturação de transformadores devido às correntes contínuas em circulação. Transformadores saturados não apenas aquecem, mas também não fornecem cargas com total potência, sendo que as distorções da forma de onda resultantes podem resultar em maior instabilidade nas cargas eletrônicas.

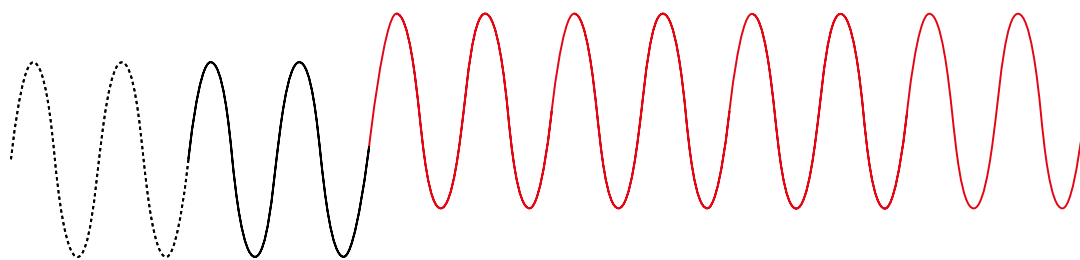


Figura: Categoria de distúrbio "Deslocamento de corrente contínua"

Para resolver esse problema do deslocamento de corrente contínua, elimina-se a sua causa substituindo-se o equipamento com defeito. Em primeiro lugar, é necessário um analisador de rede instalado permanentemente para localizar e diagnosticar a causa do problema (por exemplo, o UMG 512-PRO da Janitza).

O próximo passo para resolver o problema aqui poderia ser, por exemplo, dispositivos altamente modulares, que podem ser trocados pelo usuário. Os problemas de deslocamento de corrente contínua causados por equipamentos defeituosos podem, portanto, ser facilmente resolvidos e normalmente a um custo menor em relação ao incorrido na reparação por pessoal especializado.

4.5.2 Harmônicas

Harmônicas são distorções da forma de onda da tensão compostas de múltiplos inteiros da frequência fundamental. O grau de distorção aplicado na frequência fundamental depende inteiramente do tipo, quantidade e forma das harmônicas presentes.

As harmônicas existem desde a introdução dos acionamentos eletrônicos para motores, ventiladores e bombas, circuitos de alimentação elétrica como retificadores, conversores de corrente e controladores de potência por tiristor, e também através da maioria das cargas eletrônicas não lineares controladas por fases e de lâmpadas fluorescente (econômicas) de alta frequência. Isso se deve principalmente ao fato de que a corrente controlada consumida pela carga não segue exatamente as formas de onda senoidal de alimentação, como também ocorre nos retificadores ou circuitos semicondutores de potência.

Harmônicas na distribuição de energia elétrica, juntamente com a frequência fundamental (50 Hz ou 60 Hz), provocam uma distorção nas formas de onda de tensão e/ou de corrente. Esta distorção gera uma forma de onda complexa composta por várias frequências harmônicas que podem ter efeitos negativos sobre equipamentos elétricos e cabos de alimentação.

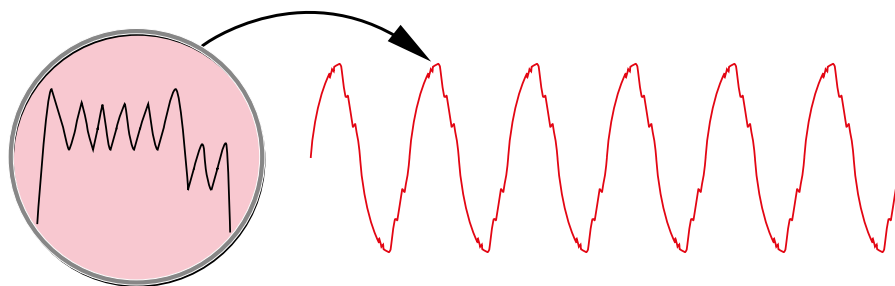


Figura: Exemplo de distorção da forma de onda causada por harmônicas

Entre os efeitos das harmônicas estão transformadores superaquecidos, condutores neutros superaquecidos e outros equipamentos de distribuição elétrica. Outros sintomas incluem o desarme de disjuntores e a perda de sincronização de circuitos elétricos que dependem de uma passagem por zero limpa.

Um condutor neutro sobrecarregado pode, por exemplo, gerar tensões extremamente altas nos cabos da distribuição elétrica, as quais podem danificar gravemente os equipamentos conectados (interrupção do condutor neutro).

Outros equipamentos elétricos que contribuem para este problema são inversores de frequência dos motores, balastros e sistemas UPS (fontes de alimentação ininterrupta) convencionais de grande porte.

Entre as soluções para estes problemas está o superdimensionamento de condutores neutros, a instalação de transformadores com fator K aprimorado (transformadores fator K), filtro de harmônicas, assim como o aumento da potência de curto-circuito (se possível) e o emprego de circuitos retificadores multipulso (geralmente de 12 ou 24 pulsos).

No setor de TI, o dimensionamento de sistemas de alimentação elétrica para equipamentos de TI tem sido harmonizado com os padrões internacionais nos últimos anos. Por exemplo, as alimentações elétricas para equipamentos de TI são realizadas por meio de fontes de alimentação com correção do fator de potência que operam como cargas lineares, de baixo índice de harmônicas. Essas fontes de alimentação geram pouca corrente devido às harmônicas. Isso reduz as cargas elétricas de uma infraestrutura de TI.

Resumindo, o tema “harmônicas” associado à qualidade da energia (Power Quality) é extremamente complexo, extenso e importante. Uma descrição mais detalhada iria além do escopo deste documento. Para informações mais aprofundadas sobre “harmônicas” e sobre a qualidade da energia, visite o site www.janitza.de.

4.5.3 Inter-harmônicas

As inter-harmônicas são um tipo de distorção de forma de onda que pode ocorrer quando uma corrente não senoidal é transmitida através de equipamentos elétricos como conversores estáticos de frequência, motores de indução e fornos de arco elétrico. Outras causas de inter-harmônicas são sinais de controle de ondulação, redes oscilatórias com excitação periódica de oscilação e eletrônica de potência autocontrolada com frequência elementar inferior a 2 kHz.

Por exemplo, os conversores de controle* provocam alguns dos problemas mais típicos causados por inter-harmônicas. Esses dispositivos convertem a tensão de alimentação em uma tensão alternada com uma frequência acima ou abaixo da frequência de alimentação.

Um efeito comum das inter-harmônicas é a cintilação dos displays e dos sistemas de iluminação. Além disso, podem causar problemas térmicos e de transmissão. As soluções para prevenir inter-harmônicas incluem circuitos de filtro especiais ativos, passivos ou híbridos, sistemas UPS e controladores de potência.

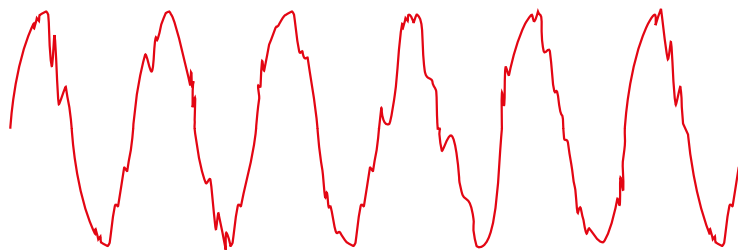


Figura: Exemplo de distorção da forma de onda por inter-harmônicas

* Os conversores de controle controlam, por exemplo, motores lineares em usinas siderúrgicas, fábricas de cimento e máquinas de mineração

4.5.4 Curtas quedas de tensão

As curtas quedas de tensão são distúrbios periódicos de tensão provocados principalmente por equipamentos eletrônicos, tais como inversores de frequência, reguladores de luminosidade e equipamentos de solda a arco. Esse problema poderia ser descrito como um problema de tensão de impulso, mas como as curtas quedas de tensão ocorrem de forma periódica a cada meia oscilação, este fenômeno é considerado como um problema de distorção da forma da onda.

As consequências das quedas de tensão são paradas do sistema, perdas de dados e problemas de transmissão de dados. Mas muitas vezes também defeitos em equipamentos elétricos, emissão de ruídos, vida útil reduzida dos componentes, assim como distúrbios de circuitos com sincronização de passagem por zero (por exemplo, circuitos de tiristores) e aqueles com uma medição de frequência baseada na contagem de passagens por zero.

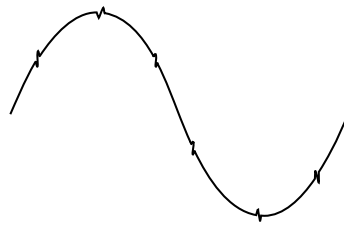


Figura: Curtas quedas de tensão

Uma solução é a remoção do equipamento ou consumidor afetado das proximidades do equipamento causador (se possível). Se uma mudança de local não for possível, filtros especiais ativos, passivos ou híbridos podem resolver o problema.

4.5.5 Distorções de tensão de alta frequência

Como distorções de tensão de alta frequência entendemos a sobreposição da forma de onda da tensão ou da corrente do sistema elétrico causada por tensão ou corrente indesejada.

As distorções de tensão de alta frequência podem ser causadas por equipamentos eletrônicos, equipamentos de solda a arco elétrico, fontes chaveadas, transmissores sem fio etc. Locais mal aterrados tornam o sistema mais suscetível a distorções de tensão de alta frequência.

As distorções de tensão de alta frequência causam problemas em equipamentos técnicos, tais como erros de dados, funcionamentos incorretos, vida útil reduzida, emissões de ruídos e defeitos em equipamentos.

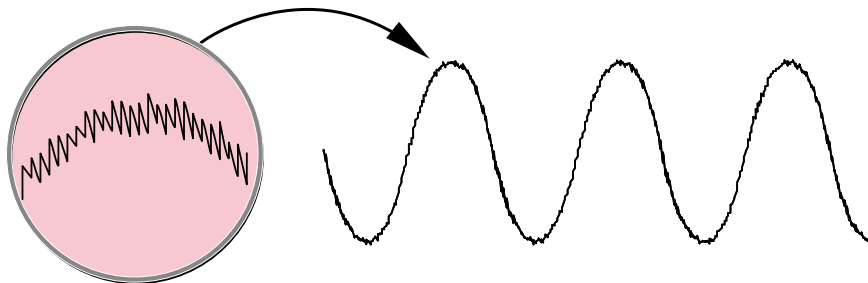


Figura: Distorções de tensão de alta frequência (sobreposições de alta frequência)

Vários métodos estão disponíveis para remover distorções de tensão de alta frequência. Às vezes torna-se necessário combinar vários métodos para obter um resultado adequado. Entre os métodos estão:

- Instalação de transformadores de isolamento aterrados e blindados
- Remoção de carga da área da fonte do distúrbio
- Instalação de filtros passivos ou híbridos
- Blindagem de cabos e linhas
- Desconexão da carga por meio de um UPS (este método é apenas condicionalmente adequado, pois os sistemas UPS muitas vezes operam com bateria, em particular com múltiplas passagens por zero, e determinados sistemas UPS também produzem distorções de alta frequência devido a sua própria frequência elementar na saída).

As consequências mais comuns das distorções de tensão de alta frequência incluem falhas em sistemas de transmissão de dados e circuitos de medição. Interferências eletromagnéticas e de radiofrequência (EMI e RFI, respectivamente) podem causar (induzir) uma corrente parasita ou tensão parasita em sistemas de transmissão de dados e circuitos de medição sensíveis.

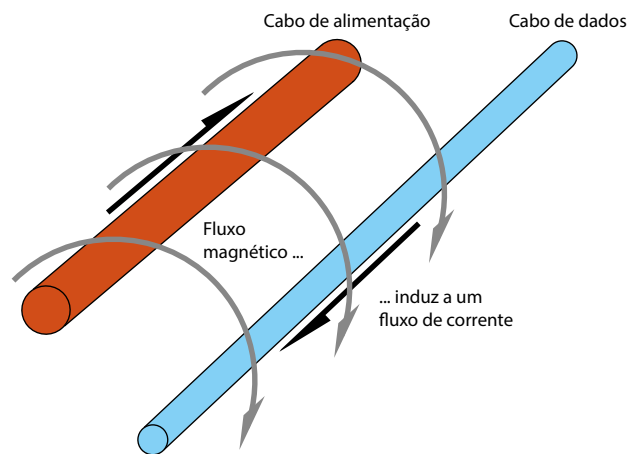


Figura: Indução como causa de tensões parasitas ou correntes parasitas.

Um exemplo clássico de como a indução pode causar tensões parasitas ou correntes parasitas são os cabos de rede que passam, por exemplo, pelos tetos suspensos, imediatamente próximos a lâmpadas fluorescentes. As lâmpadas fluorescentes produzem uma significativa quantidade de interferência eletromagnética (EMI) capaz de causar dados incorretos nas proximidades imediatas dos cabos de rede.

Isso também se aplica quando os cabos de rede passam imediatamente próximos de linhas com emissão de interferências. Cabos de alimentação agrupados em data centers são muitas vezes instalados em tetos suspensos ou em pisos falsos próximos a cabos de rede. Isso aumenta a probabilidade de ocorrência de tensões parasitas e correntes parasitas.

Para resolver esses problemas, os equipamentos e cabos transmissores de dados são afastados das proximidades das fontes de EMI ou RFI. Além disso, estão previstas blindagens adicionais para equipamentos e cabos transmissores de dados para reduzir ou eliminar os efeitos de EMI/RFI.

4.6 Flutuações de tensão

As flutuações de tensão são variações sistemáticas da forma de onda ou uma série de pequenas variações aleatórias de tensão e pertencem a uma categoria de distúrbio própria. As redes de distribuição estão constantemente sujeitas a flutuações de tensão para equilibrar a alimentação da rede com as cargas de rede dentro das tolerâncias.

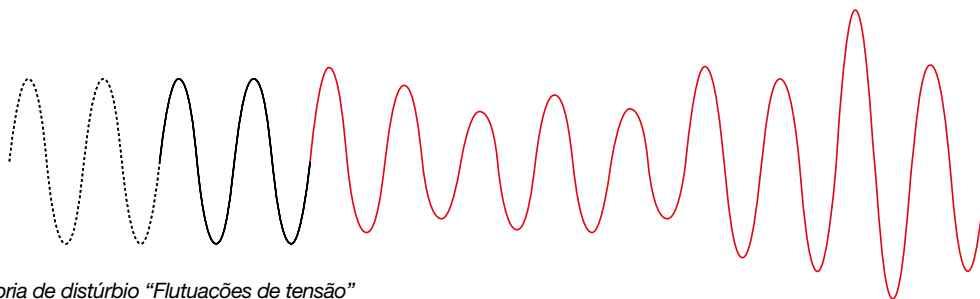


Figura: Categoria de distúrbio “Flutuações de tensão”

Qualquer carga que apresente flutuações de corrente significativas pode provocar flutuações de tensão. Responsáveis pelas flutuações de tensão na rede de transmissão e distribuição são, por exemplo, fornos de arco elétrico, a conexão e desconexão de grandes cargas, motores e aquecedores. A comutação de transformadores também pode provocar flutuações de tensão significativas.

A remoção da carga de interferência, a mudança de local de equipamentos sensíveis ou a instalação de sistemas controladores de tensão ou sistemas UPS podem ser medidas para ajudar a eliminar as flutuações de tensão.

Na Europa, a tensão de rede está descrita na norma EN 50160. Na rede de baixa tensão, isto resulta em uma tensão com o valor nominal de 400 V e a tensão de fase de 230 V. A norma define rápidas variações de tensão com saltos de até $\pm 5\%$. A faixa de tolerância geral da tensão na norma é de $\pm 10\%$.

4.6.1 Flicker

O termo flicker é frequentemente usado no setor elétrico como sinônimo de flutuações de tensão. Isso ocorre porque as flutuações de tensão frequentemente provocam flutuações de luminância em lâmpadas fluorescentes e incandescentes. Em fontes de luz controladas modernas, tais como lâmpadas LED ou lâmpadas fluorescentes compactas, os valores mais altos de flicker da alimentação de tensão, ou seja, flutuações de tensão, apenas raramente resultam em flutuações de luminância perceptíveis.

Os flickers são causados por flutuações na tensão de serviço na rede de alimentação pública, as quais são provocadas, por exemplo, por flutuações de carga periódicas de consumidores de maior porte e pela queda de tensão nas linhas. O flicker é um dos vários critérios de avaliação da qualidade da tensão nas redes elétricas públicas e de avaliação de distúrbios da rede de consumidores nessas redes.

As definições das variações de tensão, flutuações de tensão e flickers provocados por instalações e equipamentos elétricos e eletrônicos que estabelecem requisitos sobre medidores de flicker são especificados nas seguintes normas:

- DIN EN 61000-3-3
- DIN EN 61000-3-11
- DIN EN 61000-4-15
- Além disso, uma série de publicações sobre o assunto “Flicker” está disponível na VDE.

4.6.2 Desequilíbrio

Entende-se por equilíbrio (simetria) em um sistema trifásico quando as três tensões e correntes entre fases têm a mesma intensidade e estão 120° defasadas entre si. O desequilíbrio (assimetria) surge quando uma ou duas das condições não são satisfeitas. Na maioria dos casos, a causa dos desequilíbrios está nas cargas.

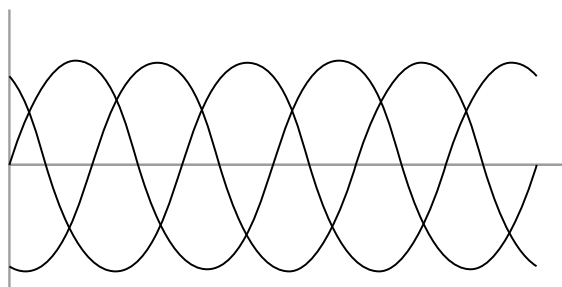


Figura: Equilíbrio de tensão no sistema trifásico

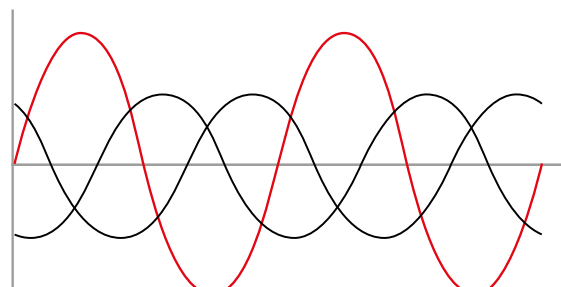


Figura: Desequilíbrio de tensão no sistema trifásico

Em redes de alta e de média tensão, as cargas geralmente são trifásicas e equilibradas, embora também possam estar presentes grandes cargas monofásicas ou bifásicas (por exemplo, fornos de indução de frequência de rede, fornos de resistência etc.).

Na rede de baixa tensão, as cargas elétricas frequentemente também são monofásicas (por exemplo, PCs, aparelhos eletrônicos, sistemas de iluminação etc.), e os circuitos de carga associados deveriam ser distribuídos da maneira mais uniforme possível nos três condutores de fase. Dependendo do equilíbrio das cargas monofásicas, a rede é operada de forma mais ou menos equilibrada ou desequilibrada.

Os valores limite para o desequilíbrio de tensão como característica da qualidade da tensão estão especificados na norma EN 50160. O equilíbrio desejado do sistema trifásico em operação normal é afetado por cargas desequilibradas (assimétricas), falhas e equipamentos. Isso pode conduzir aos seguintes efeitos e impactos:

- Carga elétrica elevada e perdas na rede.
- Com o mesmo consumo de carga, as correntes de fase podem atingir de 2 a 3 vezes o valor, as perdas de 2 a 6 vezes o valor. As linhas e transformadores podem então ser carregados apenas até a metade ou um terço de sua potência nominal.
- Perdas elevadas e momentos de vibração em máquinas elétricas.
- O campo formado pelo chamado sistema inverso das correntes é contrário ao sentido de rotação do rotor e induz nele correntes que levam ao aumento da tensão térmica.
- Os retificadores e inversores reagem a uma tensão de alimentação desequilibrada com correntes harmônicas não características.
- Em sistemas trifásicos com ligação em estrela, uma corrente flui através do condutor neutro.

Para resolver esses distúrbios, as cargas podem ser equilibradas com filtros ativos, por exemplo. Além disso, os sistemas para o equilíbrio das tensões e, se necessário, também os sistemas UPS ajudam a eliminar esses distúrbios.

4.7 Flutuações da frequência

As flutuações de frequência são muito raras em sistemas estáveis de alimentação elétrica, especialmente em sistemas que estão interligados através de uma extensa rede de transmissão. Ainda assim, as flutuações de frequência representam uma categoria de distúrbio própria.

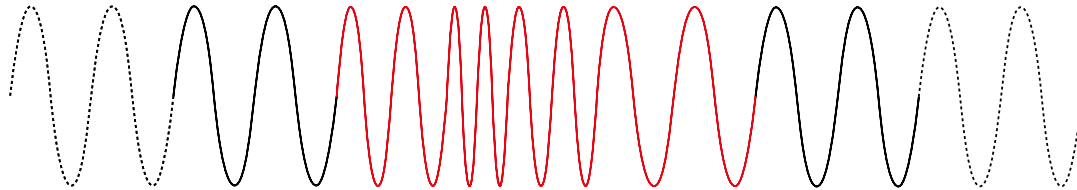


Figura: Categoria de distúrbio “Flutuações de frequência”

Em uma rede elétrica, a frequência da rede é uniforme e constante no tempo, exceto por possíveis desvios menores do valor nominal, que têm causas relacionadas ao controle. Nos sistemas de alimentação elétrica (redes interligadas), a energia elétrica só pode ser distribuída entre geradores e consumidores, sendo difícil de ser armazenada. Uma potência entregue pelo gerador é sempre contrabalançada por um consumo de energia equivalente no consumidor, exceto a potência reativa no caso da corrente alternada. Se ainda assim ocorrerem desvios, eles levam a uma variação da frequência da rede nas redes de corrente alternada.

No caso de uma oferta excessiva de energia elétrica nos sistemas de alimentação elétrica (redes interligadas), observa-se um aumento da frequência de rede, já no caso de uma oferta insuficiente uma redução. Na rede interligada da Europa Ocidental, esses desvios são normalmente pequenos e inferiores a 0,2 Hz.

Em áreas ou locais com infraestrutura insuficiente, onde o uso de sistemas elétricos de reserva (por exemplo, geradores de emergência) é necessário para o fornecimento de energia, as flutuações de frequência ocorrem com maior frequência. Isto acontece, por exemplo, devido a uma elevada carga exercida sobre os geradores.

Entretanto, qualquer equipamento sensível (por exemplo, motores) que dependa de um fornecimento de energia cíclico constante com referência ao tempo será afetado. Para adaptar-se à frequência de uma corrente de entrada, os motores podem sofrer um aumento ou redução de sua velocidade devido às flutuações de frequência. Isto tornará a operação do motor ineficiente e danos ao motor poderão ocorrer devido ao calor adicional, aumento da velocidade do motor e/ou maior consumo de energia. Os equipamentos de TI são tolerantes às frequências e normalmente não são afetados por pequenos desvios de frequência, como é o caso dos geradores.

Para eliminar os distúrbios, todas as fontes de energia elétrica (por exemplo, geradores) de uma rede elétrica que provocam flutuações de frequência devem ser analisadas e posteriormente reparadas ou substituídas.

5. Visão geral “Distúrbios da qualidade da energia” - Causas, efeitos e soluções

A visão geral a seguir mostra uma versão resumida dos distúrbios anteriormente descritos. A visão geral pode proporcionar uma ajuda rápida na determinação das causas dos distúrbios. Mostra o que pode ocorrer em função dos distúrbios e, no melhor dos casos, ajuda a resolver seus problemas de qualidade de energia.

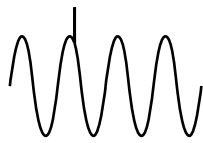
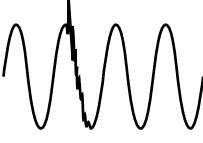
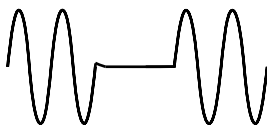
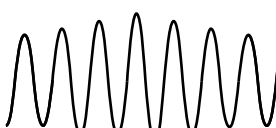
Categoria de distúrbio	Forma de onda	Causas, efeitos, soluções	
Surtos de tensão (transientes)			
Surtos de tensão impulsivos		Causas	Relâmpago, descarga eletrostática (ESD), impulsos de comutação, solução de problemas por unidades de alimentação.
		Efeitos	Perdas de dados, paradas de sistema, eventualmente outros danos no sistema ou na instalação.
		Possíveis soluções	Supressor de surto de tensão transiente (TVSS). Protetor contra sobretensões, filtros passivos especiais.
Surtos de tensão oscilatórios		Causas	Comutação de equipamentos indutivos/capacitivos.
		Efeitos	Perdas de dados, eventualmente outros danos no sistema ou na instalação.
		Possíveis soluções	Fontes de alimentação ininterrupta (UPSs), TVSS, reatores/bobinas de reatância, filtros passivos, comutadores de passagem por zero.
Interrupções			
	Causas	Falhas de fornecimento, operações de comutação, rearme e desarme de disjuntores, falha de componentes.	
	Efeitos	Perdas de dados, paradas ou falhas de sistema, eventualmente outros danos no sistema ou na instalação.	
	Possíveis soluções	Geradores de energia de emergência, UPSs.	
Queda de tensão/subtensão			
Queda de tensão		Causas	Cargas de partida elevadas, problemas de fornecimento na rede de média tensão, curtos-circuitos.
		Efeitos	Perdas de dados, falhas do sistema e falhas da instalação.
		Possíveis soluções	UPSs, controladores de potência, fontes de energia alternativas para o processo de partida, inversores de frequência, controladores de tensão ativos, compensação de partida do motor, disjuntores e fusíveis dimensionados corretamente.
Subtensão		Causas	Falhas de fornecimento, variações de carga.
		Efeitos	Perdas de dados, falhas do sistema e falhas da instalação.
		Possíveis soluções	Controladores de tensão ativos e híbridos, transformadores de rede local controláveis, UPSs, controladores de potência; ver as soluções para queda de tensão.
Aumento de tensão/sobretensão			
Aumento de tensão		Causas	Falhas de fornecimento, variações de carga.
		Efeitos	Erros de dados, flicker, desarme da proteção contra sobrecarga, vida útil reduzida de equipamentos elétricos ou equipamentos eletrônicos, danos a equipamentos.
		Possíveis soluções	Controladores de tensão ativos, UPSs, controladores de potência, transformadores de teste de ferorressonância.
Sobretensão		Causas	Falhas de fornecimento, variações de carga.
		Efeitos	Geração de calor indesejada (por exemplo, em data centers), vida útil reduzida de equipamentos elétricos ou equipamentos eletrônicos, danos a equipamentos.
		Possíveis soluções	Controladores de tensão ativos e híbridos, transformadores de rede local controláveis, UPSs, controladores de potência, transformadores de teste de ferorressonância.

Tabela “Resumo das categorias de distúrbio da qualidade da tensão” - Causas, efeitos, soluções

INFORMAÇÃO

Esta visão geral é meramente informativa e não garante que as informações ali contidas estejam corretas, completas ou atualizadas.

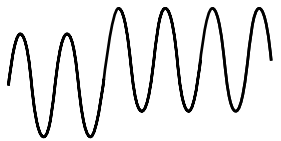
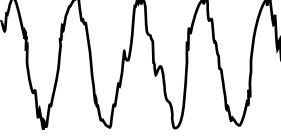
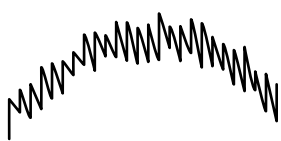
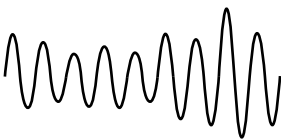
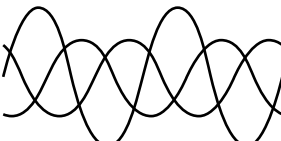
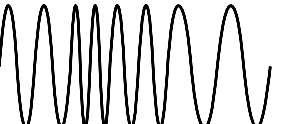
Categoria de distúrbio	Forma de onda	Causas, efeitos, soluções	
Distorção da forma de onda			
Deslocamento de corrente contínua		Causas	Retificadores, alimentadores com defeito.
		Efeitos	Aquecimento de transformadores, correntes de fuga à terra, desarme da proteção contra sobrecarga.
		Possíveis soluções	Solução de problemas ou substituição de equipamentos/componentes, configuração de sistema modular (facilita as reparações/substituições).
Harmônicas		Causas	Cargas eletrônicas (cargas não lineares).
		Efeitos	Transformadores superaquecidos, condutores neutros ou outros equipamentos de distribuição elétrica superaquecidos, paradas de sistema ou de instalação por disjuntores desarmados, danos ao motor.
		Possíveis soluções	Reconfiguração da distribuição, instalação de transformadores com fator K aprimorado ou com filtro de harmônicas, emprego de alimentações elétricas com correção do fator de potência.
Inter-harmônicas		Causas	Sinais de controle, equipamentos defeituosos, cicloconversores, conversores de frequência, motores de indução, equipamentos de arco elétrico, ressonâncias.
		Efeitos	Cintilação da iluminação, aquecimento de equipamentos e componentes elétricos, interferências de transmissão.
		Possíveis soluções	Filtros, sistemas UPS e controladores de potência.
Curtas quedas de tensão		Causas	Equipamentos de solda a arco, inversores de frequência, reguladores de luminosidade.
		Efeitos	Falhas do sistema e falhas da instalação, problemas de transmissão de dados, perdas de dados.
		Possíveis soluções	UPSs, instalação de filtros, reconfiguração da distribuição, mudança de local de consumidores sensíveis.
Distorções de tensão de alta frequência		Causas	Retificadores e inversores autocontrolados (tecnologia IGBT), sistemas UPS, alimentadores regenerativos de energia, filtros ativos, sistemas de alimentação regenerativa, armazenamento em bateria, aterramento insuficiente, transmissores de rádio, equipamentos defeituosos, proximidade de fontes de EMI ou RFI, equipamentos de solda a arco elétrico.
		Efeitos	Falha de componentes elétricos/eletrônicos, perdas/erros de dados, funcionamentos incorretos, imagens de vídeo distorcidas.
		Possíveis soluções	Remover transmissores, restabelecer o aterramento, escolher um local afastado de fontes de EMI/RFI, blindar cabos/linhas suficientemente, utilizar transformadores de isolamento, utilizar filtros.
Flutuações de tensão			
Flicker		Causas	Fornos de arco elétrico, a conexão e desconexão de grandes cargas (funcionamento descontinuo), motores, aquecedores, comutação de transformadores.
		Efeitos	Paradas de sistema ou de instalação, flutuações de luminância da iluminação (flicker).
		Possíveis soluções	Compensação dinâmica de cargas causadoras, UPSs, reconfiguração da distribuição, mudança de local de cargas sensíveis, controladores de potência.
Desequilíbrio		Causas	Distribuição irregular das cargas de corrente em sistemas multifásicos, fornos de indução de frequência de rede, fornos de resistência.
		Efeitos	Danos por sobretensão ou mau funcionamento de equipamentos elétricos, carga elétrica elevada e perdas na rede, redução da vida útil ou danos a motores, correntes harmônicas em retificadores/inversores.
		Possíveis soluções	Nas redes de média ou baixa tensão, por exemplo, monitoramento das derivações trifásicas e do condutor neutro com subsequente análise do evento (por exemplo, com o UMG 512-PRO da Janitza), controladores de tensão ativos, variações na distribuição de carga.
Flutuações da frequência			
		Causas	Controle insuficiente dos sistemas elétricos de reserva (por exemplo, geradores de emergência).
		Efeitos	Danos ao motor, falhas de sincronizadores, sem efeitos sobre equipamentos de TI.
		Possíveis soluções	Coordenar melhor as flutuações de carga em microrredes, reparar ou substituir geradores (controladores de gerador).

Tabela "Resumo das categorias de distúrbio da qualidade da tensão" - Causas, efeitos, soluções

6. Qualidade da rede - Como combater os distúrbios (soluções da Janitza)

A qualidade do fornecimento representa um desafio aos fornecedores de energia. Um fornecimento de energia elétrica confiável é a espinha dorsal de nossa sociedade. O foco não está apenas na disponibilidade de energia, mas cada vez mais na qualidade da energia.

Para os especialistas, o termo “qualidade da tensão” é entendido como a qualidade da energia elétrica, que também é designada como “qualidade da rede” ou “Power Quality”. Entendemos que qualidade da rede não é outra coisa senão a segurança do fornecimento aos consumidores de energia com uma tensão de rede senoidal, não distorcida e com amplitude e frequência constantes.

O crescente uso de eletrônica de potência e inversores de frequência, somado à crescente participação das energias renováveis na combinação de fontes de alimentação, estão reduzindo a qualidade da tensão e, por consequência, a qualidade do fornecimento.

A qualidade insuficiente do fornecimento de energia elétrica é uma das causas mais comuns de paradas não planejadas e danos a equipamentos em empresas industriais, estabelecimentos comerciais e residências. Problemas deste tipo são inaceitáveis em razão de suas graves consequências.

6.1 Alguns possíveis efeitos da baixa qualidade da tensão ou do fornecimento resumidos

- Taxas de falha mais altas e, portanto, menor vida útil dos equipamentos
- Custos operacionais e de manutenção mais elevados
- Maior risco de incêndios
- Consumo de energia mais elevado
- Disponibilidade reduzida das instalações
- Menos reclamações de garantia
- Correntes residuais
- Possíveis multas, reivindicações, compensações

Quem entende e sabe como classificar as causas e efeitos dos distúrbios, dá o primeiro passo para desenvolver soluções. Através do monitoramento direcionado do Power Quality, os sintomas de falhas podem ser detectados em tempo hábil e classificados de forma confiável. Entre os exemplos de sintomas de falhas estão os já descritos e conhecidos “distúrbios da qualidade da tensão”.

A transparência necessária para uma intervenção rápida somente pode ser proporcionada por um amplo monitoramento da qualidade de energia, por exemplo, com base na norma DIN EN 50160 sobre qualidade de energia, assim como nas normas EN 61000-2-2, EN 61000-2-4 e EN 61000-2-12. Os dados que não atingem ou excedem os limites definidos, afinal, também devem ser registrados e armazenados. Somente desta forma é possível realizar uma análise total significativa da qualidade da tensão.

A Janitza electronics GmbH oferece um portfólio completo e reconhecido de soluções de qualidade de energia, desenvolvidas e certificadas de acordo com os padrões e normas atuais. Elas medem e documentam ininterruptamente a continuidade da alimentação de tensão. Desta forma, é possível prever problemas em potencial e imediatamente adotar as contramedidas.

6.2 Benefícios para operadores e clientes - Monitoramento da qualidade da energia com dispositivos de medição da Janitza

Soluções e dispositivos de medição de Power Quality da Janitza

- proporcionam a máxima transparência na rede de distribuição e fornecem informações importantes tanto aos operadores quanto a seus clientes. Servindo, por exemplo, para a aquisição de peças do sistema e ajudam no dimensionamento da resistência a interferências.
- contribuem para a identificação de potenciais de economia de energia.
- ajudam a priorizar e executar de forma orientada os investimentos.
- tornam uma manutenção preditiva da topologia e tecnologia da rede mais simples e eficiente.
- trazem maior disponibilidade de energia e qualidade de tensão dia e noite em todos os dias do ano, para alcançar melhor desempenho e, portanto, maior satisfação dos clientes.
- colaboram com uma maior eficiência energética e baixas emissões de CO₂ ao identificarem medidas de otimização. Isso não apenas reduz os custos, mas também reduz os impactos ambientais.

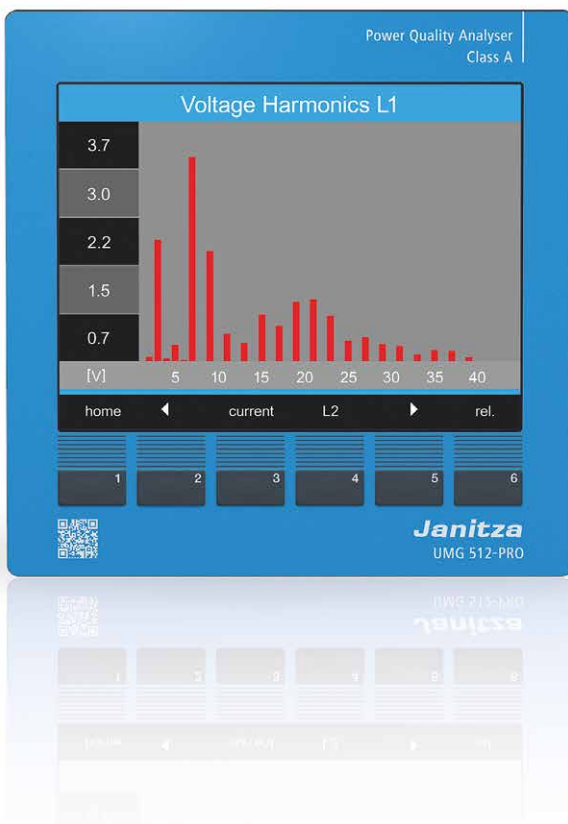


Figura: **UMG 512-PRO da Janitza electronics**

O analisador de qualidade da tensão de classe A com medição integrada de corrente residual registra parâmetros de qualidade de energia de acordo com as normas EN 50160, IEEE 519 ou EN 61000-2-4/-4-30.

6.3 Energias renováveis e a carga com a qualidade do fornecimento

As metas climáticas e energéticas para os próximos anos aprovadas pela União Europeia exigem uma forte expansão das energias renováveis. Contudo, para a eficiência e confiabilidade dessas, a energia elétrica gerada é de fundamental importância.

A prática mostra que tecnologias como a fotovoltaica e a eólica, e o aumento do número de inversores associado, causam distorções de tensão de alta frequência na rede elétrica (2 a 150 kHz). É importante agora identificar e analisar os efeitos:

- Flutuações de tensão (por exemplo, efeitos condicionados à hora do dia ou ao clima) podem levar ao desligamento do sistema, à eficiência reduzida e à vida útil reduzida dos equipamentos elétricos. As flutuações de tensão também podem ser observadas através da cintilação da iluminação, conhecida como flicker.
- Distorções da corrente, causadas por alimentadores e consumidores, cada um isolado ou em interação, podem aumentar o risco de superaquecimento em transformadores e bancos de capacitores e resultar em uma sobrecarga do condutor neutro e um mau funcionamento de dispositivos de proteção.
- Transientes e rápidas variações de tensão, causadas, por exemplo, por operações de comutação, podem resultar em falhas de hardware, perda de dados e destruição de fontes de alimentação.

Para ter o controle sobre esses desafios, são necessárias medições precisas, antes de tudo. Nossos dispositivos de medição universais garantem o amplo monitoramento de todos os parâmetros relevantes na rede de energia elétrica. De acordo com as normas EN 61000-4-30 e DIN EN 50001 (gerenciamento de energia), todos os parâmetros de qualidade da energia necessários e os dados de energia são continuamente medidos, armazenados e analisados.

Para o processamento eficiente dos dados medidos, está disponível nosso software de visualização de rede GridVis®. O software GridVis® mostra os potenciais de economia de energia, analisa parâmetros e ajuda a otimizar os horários de utilização dos equipamentos, assim como a detectar falhas de produção em estágio inicial.

Com isso, o software escalável e de fácil utilização é perfeito para a configuração de sistemas de monitoramento de energia, RCM e qualidade da energia, tendo sido classificado como software de gerenciamento de energia elegível pelo BAFA (Escritório Federal Alemão para Assuntos Econômicos e Controles de Exportação).

O software GridVis® facilita a identificação e eliminação de falhas de rede e geralmente contribui para uma maior transparência no fornecimento de energia. Com o uso de protocolos de comunicação e formatos de dados padronizados como PQDIF e COMTRADE está garantida uma troca de dados fácil.

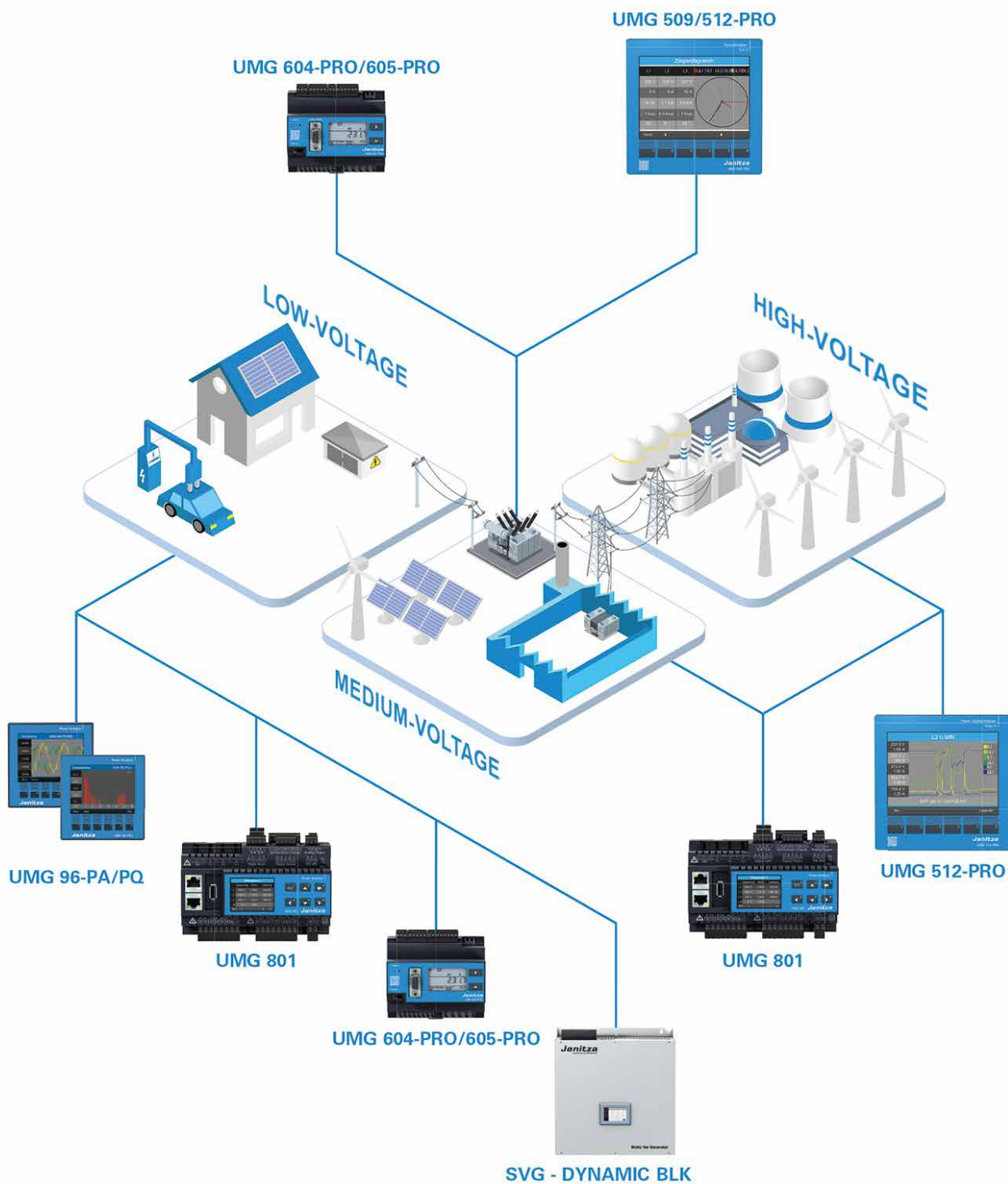


Figura:

Exemplo de uma topologia de rede com ampla medição e monitoramento de qualidade da energia usando dispositivos de medição da Janitza nos três níveis de rede, alta tensão, média tensão e baixa tensão.



Figura: **Software GridVis®**

O software de visualização de rede para dispositivos de medição Janitza com muitas ferramentas para análise de dados de medição e avaliação.

6.4 Funções do software de visualização de rede GridVis® em resumo

- **Gerenciamento de energia**

Certificado de acordo com a ISO 50001, com o software GridVis® se está no lado seguro quando se trata de assuntos como BAFA, redução da taxa EEG (Lei das Energias Renováveis) ou mesmo o equilíbrio de carga máxima de acordo com a SpaEfV (Lei de Sistemas de Melhoria da Eficiência Energética).

- **Segurança e gestão de alarmes**

O software GridVis® monitora os valores limite das variáveis medidas, dados de consumo, correntes residuais e a comunicação de equipamentos. Além disso, um sofisticado sistema de gestão de alarmes com níveis de escalonamento e direcionamento de alertas via e-mail e interface web informa quaisquer eventos.

- **Visualização e documentação**

Visualizações na web conforme suas expectativas com o software GridVis®. Crie seus próprios painéis e visões gerais de forma rápida e fácil com uma ampla gama de gráficos sem nenhum conhecimento de programação.

- **Análise de rede e avaliação**

Aproveite as numerosas ferramentas do software GridVis®, como estatísticas, diagramas, mapas de calor, diagramas Sankey e indicadores-chave para análise de rede e avaliação.

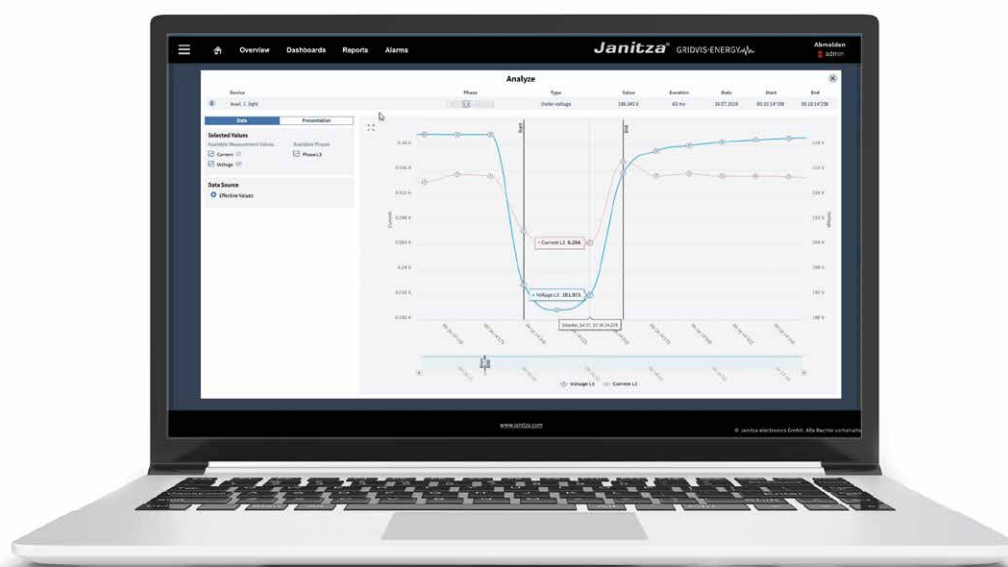
- **Conectividade**

Seja OPC UA, REST API ou CSV, o software GridVis® oferece muitas opções para importação e exportação de dados, assim como acesso aos dados. Portanto, ele é e continua sendo um sistema aberto e de futuro garantido.

- **Automação**

Aproveite as funções de automação do software GridVis® para gestão de tarefas controlada por tempo. Planeje a importação de dados, geração de relatórios ou leituras de dispositivos e estabeleça as escalas de turnos.

Informações detalhadas sobre as edições e funções do **software de visualização de rede GridVis®** podem ser encontradas no site www.janitza.de.



*Figura: Navegador de eventos do software GridVis®
Para a análise e avaliação de eventos e transientes.*

6.5 Monitoramento da qualidade da energia com soluções da Janitza

Ao monitorar os parâmetros relevantes da rede, não somente se identificam os problemas, mas também se obtém conclusões sobre a integração e os efeitos das energias renováveis na rede. Desta forma, a qualidade requerida do fornecimento de energia elétrica é garantida dentro dos limites necessários.

A análise dos impactos das energias renováveis sobre o fornecimento de energia protege fornecedores de energia e clientes frente a possíveis problemas operacionais. Ela também ajuda a melhorar a integração das energias renováveis e a garantir investimentos tão sustentáveis quanto possível.

Com o objetivo de compreender os problemas causados por flutuações da qualidade da tensão, o primeiro passo é identificar os distúrbios e desenvolver medidas preventivas. Os especialistas em Power Quality da Janitza lhe oferecem ajuda na consultoria e implementação de soluções de qualidade de energia. Saiba mais acessando o site www.janitza.de.

7. Dispositivo de medição UMG 512-PRO de classe A da Janitza

Os dispositivos de medição da Janitza electronics GmbH contêm funções e disparadores (impulsos que iniciam processos) em seu firmware, notificando um operador de sistema no caso de não conformidade com os acordos de qualidade por parte do fornecedor, caso ocorram eventos e transientes correspondentes.

O analisador de qualidade da tensão UMG 512-PRO (classe A) mede todos os parâmetros de qualidade da tensão conforme EN 61000-4-30 (por exemplo, harmônicas até a 63ª, flicker, interrupções curtas etc.) e também serve de dispositivo de monitoramento de corrente residual. O dispositivo de medição monitora os parâmetros de qualidade de acordo com as normas usuais, por exemplo, EN 50160, IEEE519 ou EN 61000-2-4.

7.1 Características do UMG 512-PRO

7.1.1 Dispositivo de medição de classe A

Os dispositivos de medição de classe A são certificados de acordo com a norma IEC 61000-4-30 e atendem às especificações detalhadas que um analisador de rede deve cumprir para que os resultados possam ser usados em casos de conflito. A norma define os parâmetros necessários, métodos de medição apropriados, precisão e larguras de banda. Assim, os resultados permitem ser reproduzidos e comparados sem problemas.

7.1.2 Qualidade da energia

A operação confiável de modernas instalações e sistemas sempre requer uma alta confiabilidade de fornecimento e perfeita qualidade de energia (Power Quality). O UMG 512-PRO registra, analisa e documenta de forma confiável todos os eventos e distúrbios, tais como harmônicas, desequilíbrios, transientes, quedas de tensão, sobretensões, flicker, deslocamentos de fase e potência reativa.

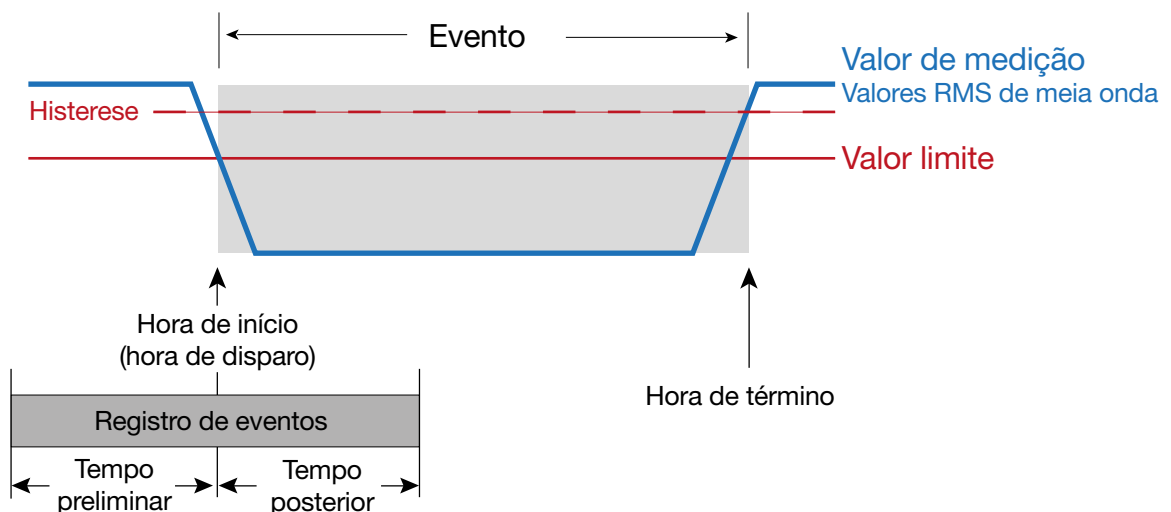


Figura: **Registro de eventos do UMG 512-PRO**

O registro de eventos inclui os valores médio, mínimo e máximo, assim como a hora de início e término e, para eventos mais extensos, também a forma de onda no início e no final de um evento.

7.1.3 Medição da corrente residual (Residual Current Monitoring - RCM)

Um poderoso monitoramento de corrente residual (RCM) detecta as correntes residuais no estágio inicial, antes mesmo de causarem falhas na instalação ou mesmo incêndios. O RCM já está integrado no UMG 512-PRO. Os transformadores de corrente para medição RCM necessários podem ser instalados mais tarde, se necessário. Com o monitoramento RCM contínuo, aumenta a segurança e a disponibilidade do sistema. Em determinadas aplicações, como data centers, o monitoramento de corrente residual é obrigatório devido aos requisitos de alta disponibilidade.

7.1.4 Página inicial do dispositivo de medição

O servidor web integrado do dispositivo de medição disponibiliza os mais diversos dados de forma clara. Além de um navegador web, o usuário não precisa de nenhum software adicional em seu PC. Basta inserir o endereço IP do dispositivo de medição no URL do navegador e a página inicial do dispositivo de medição é exibida na tela.



Figura: Página inicial do dispositivo de medição UMG 512-PRO

Exibição de dados on-line e históricos por meio da página inicial integrada do dispositivo de medição (aqui, por exemplo, o APP "Monitor de valores de medição").

7.1.5 Gateway Modbus Ethernet

Através do gateway Ethernet Modbus, os dispositivos Modbus RTU podem ser facilmente integrados em uma arquitetura Ethernet (tecnologia client/server da Organização Modbus). Para dispositivos com formato de arquivo idêntico e códigos de função compatíveis, isso funciona por meio da interface Modbus RTU.

7.1.6 Comunicação BACnet

O BACnet é um dos mais importantes padrões de comunicação para a tecnologia predial, principalmente por causa de sua compatibilidade com um grande número de hardwares e sua comunicação uniforme entre fabricantes. Assim que o UMG 512-PRO é integrado na rede com o ID do BACnet, passa a ser reconhecido pelo sistema e exibido no navegador. Isso permite uma configuração simplificada.

7.1.7 Ampliações funcionais por meio de APPs

Os dispositivos de medição do tipo UMG 512-PRO conectados por meio do gerenciamento de dispositivos do software GridVis® ou da Ethernet podem ser ampliados no escopo de funções com a ajuda de APPs. É possível transmitir APPs para um ou simultaneamente para vários dispositivos de medição.

A Janitza equipa o UMG 512-PRO com APPs para aumentar o desempenho. Com a interação do dispositivo de medição, APPs e software deixa os dados de medição mais fáceis de serem interpretados e disponíveis para o usuário a qualquer momento e em qualquer lugar. Desta forma, são evitados cálculos manuais demorados e dispendiosos.

Os APPs ampliam, por exemplo, as ferramentas de análise e visualização para analisar os eventos de tensão conforme a “IEC 61000-2-4” e a “EN 50160” para apresentá-los na página inicial do próprio dispositivo. Opções simples de apresentação (por exemplo, função de semáforo) evidenciam as falhas em seu estágio inicial. Com isso é possível intervir prontamente se necessário e dar continuidade aos processos operacionais sem interrupções. Além disso, é possível monitorar os valores limite com outros APPs e enviar mensagens de distúrbio automaticamente via e-mail.

APPs padrão do UMG 512-PRO e sua função:

- **Monitor de valores de medição**
Representações preparadas graficamente na página inicial do próprio dispositivo sem instalação adicional de software.
- **EN 50160 Watchdog PRO**
Monitoramento permanente da qualidade da tensão conforme EN 50160 em redes de energia elétrica.
- **IEC 61000-2-4 Watchdog PRO**
Monitoramento permanente da qualidade da tensão conforme IEC 61000-2-4 em redes de fornecimento de energia de clientes.

Informações detalhadas sobre outros APPs e suas funções estão disponíveis no site www.janitza.de.

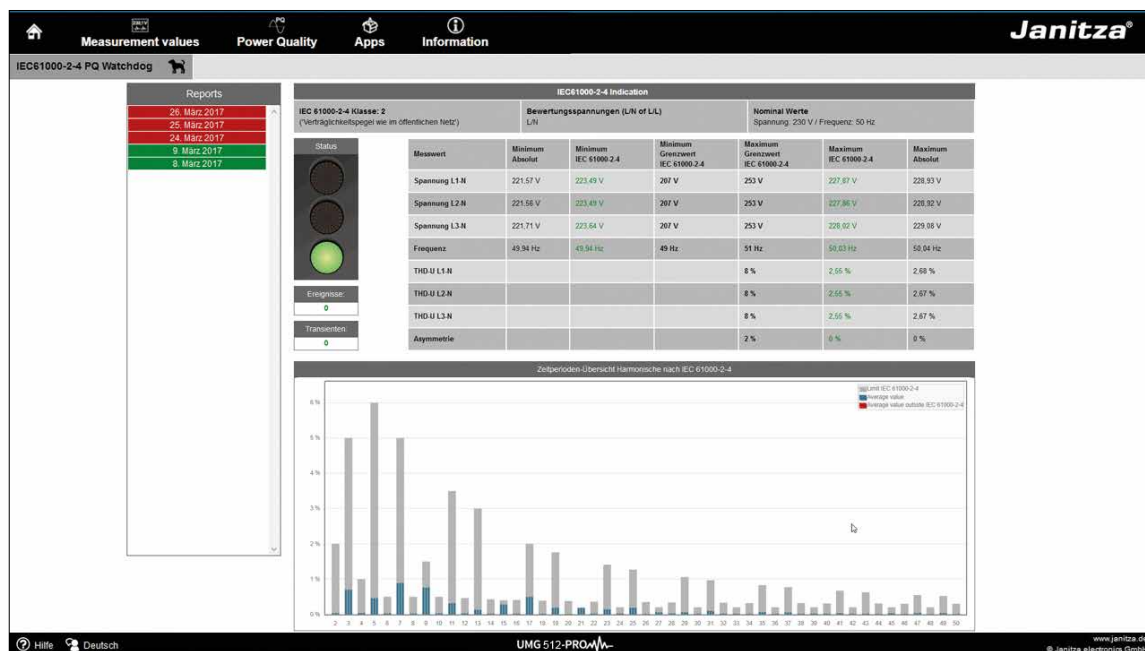


Figura: APP IEC 61000-2-4 Watchdog PRO para o UMG 512-PRO - Captura de tela da página inicial do dispositivo de medição.

7.2 Disparador padrão do UMG 512-PRO

O UMG 512-PRO possui os seguintes disparadores padrão (Disparador: um impulso que inicia um processo) no caso de distúrbios correspondentes na qualidade da tensão:

Pos.	Parâmetro/distúrbio (imagem GridVis)	Tempo de atualização com $f = 50 \text{ Hz}$ ¹⁾	Tempo de atualização com $f = 60 \text{ Hz}$ ¹⁾	Contador de ciclos ²⁾	Conforme
1.	Queda de tensão/sobrelevação de tensão (Eventos: Subtensão, Sobre tensão)	10 ms	8,33 ms	1	IEC 61000-4-30: 2015
2.	Cortes de tensão (Eventos: Corte de tensão)	10 ms	8,33 ms	10	IEC 61000-4-30: 2015
3.	Rápidas variações de tensão (Eventos: Rápida variação de tensão)	10 ms	8,33 ms	1	IEC 61000-4-30: 2015
4.	Intensidade da corrente (Eventos: Sobre corrente)	10 ms	8,33 ms	1	Especificação da Janitza
5.	Queda de frequência/sobrelevação de frequência (Eventos: Sobre frequência, Sub frequência)	10 ms	8,33 ms	10	Especificação da Janitza
6.	Rápidas variações de frequência (Eventos: Variação de frequência)	10 ms	8,33 ms	10	Especificação da Janitza
7.	Inclinação rápida dv/dt - Modo slope) (Transientes: tensão --> inclinação rápida)	39 μs	39 μs	n. d.	Especificação da Janitza
8.	Sobre tensão rápida - Tensão absoluta (Transientes: Tensão --> Absoluta)	39 μs	39 μs	n. d.	Especificação da Janitza
9.	Sliding window (janela móvel - análise de variações da forma de onda) (Transientes: Tensão --> Curva de envelope)	39 μs	39 μs	n. d.	Especificação da Janitza
10.	Sobre corrente rápida - Corrente absoluta (Transientes: Corrente --> Absoluta)	39 μs	39 μs	n. d.	Especificação da Janitza

1) ... Intervalo de tempo entre os valores de medição.

2) ... Número de períodos de tempo para medir o valor eficaz (valor RMS/valor quadrático médio).

n. d. ... não disponível

i INFORMAÇÃO

Informações e descrições detalhadas sobre a configuração GridVis dos disparadores padrão estão disponíveis no manual de configuração para o UMG 512-PRO e na Ajuda on-line. Além disso, observe as informações de utilização, tais como o manual do usuário, o guia de instalação e as instruções de segurança para o dispositivo de medição.

U_{din} ... a tensão de entrada convencionalizada **U_{din}** (tensão de referência) é um valor derivado da tensão de alimentação convencionalizada com ajuda da relação de transmissão do transdutor de medição.

U_C ... a tensão de alimentação convencionalizada **U_C** é normalmente a tensão nominal **U_n** da rede. Se uma tensão diferente da tensão nominal for convencionalizada entre o operador da rede e o cliente no ponto de conexão, esta será a tensão de alimentação convencionalizada **U_C** .

U_{rms} ... termo em inglês para valor RMS de tensão (root mean square, valor quadrático médio).

Valor $U_{rms(1/2)}$... valor RMS de tensão para um semiciclo (meia onda).

U_{res} ... a tensão residual, o menor valor de **U_{rms}** ou **$U_{rms(1/2)}$** determinado durante uma queda de tensão ou uma interrupção.

7.2.1 Pos. 1 - Queda de tensão e sobrelevação de tensão da tensão de alimentação (conforme IEC 61000-4-30)

Queda de tensão (Imagem GridVis: Eventos > Subtensão)

- O valor limite para a queda de tensão corresponde a uma porcentagem de U_{din} .
- Para sistemas monofásicos, uma queda de tensão começa quando a tensão U_{rms} fica abaixo do valor limite de queda de tensão e termina quando a tensão U_{rms} é maior ou igual ao valor limite de queda de tensão mais a tensão de histerese.
- Em sistemas multifásicos, uma queda de tensão de acordo com a norma referida acima começa quando a tensão U_{rms} de um ou mais canais fica abaixo do valor limite de queda de tensão. A queda de tensão termina quando a tensão U_{rms} em todos os canais de medição é maior ou igual ao valor limite de queda de tensão mais a tensão de histerese. O UMG 512-PRO da Janitza registra os valores RMS de tensão detalhados $U_{rms}(1/2)$ para um semiciclo (meia onda) para determinar quedas de tensão (ver as notas abaixo).
- O valor limite da queda de tensão e a tensão de histerese são ambos definidos pelo usuário em função da aplicação.
- Uma queda de tensão é caracterizada por um par de dados (tensão residual (U_{res}) ou profundidade e duração):
 - A tensão residual de uma queda de tensão corresponde ao valor U_{rms} mais baixo que ocorre em qualquer canal durante a queda.
 - A profundidade corresponde à diferença entre a tensão de referência U_{din} e a tensão residual. A profundidade é normalmente expressa como uma porcentagem da tensão de referência.
- O dispositivo de medição registra a data e hora quando um valor limite é excedido ou não alcançado. A queda de tensão (evento) da U_{rms} de um canal começa no momento da queda abaixo do valor limite (menos histerese) e termina no momento em que o valor limite é excedido novamente (mais histerese).
- A duração da queda de tensão é a diferença de tempo entre a hora de início e a hora de término da queda de tensão.

NOTAS

1. No caso de uma queda de tensão, o dispositivo de medição Janitza detecta
 - O valor $U_{rms}(1/2)$ mais baixo de cada canal, além da tensão residual da queda (U_{res}).
 - A duração que o valor $U_{rms}(1/2)$ permanece abaixo do valor limite de queda de tensão em cada canal.
2. Quando as formas de onda são registradas antes, durante e depois de uma queda, são disponibilizadas informações úteis sobre alterações de ângulo de fase nos dados registrados.
3. Para medições multifásicas, a duração da queda de tensão pode ser iniciada em um canal e terminada em outro canal (ver „Exemplo: Registros de eventos multifásicos “Queda de tensão”“ na página 47).
4. O dispositivo de medição registra as horas de início e de término das quedas de tensão.
5. O dispositivo de medição registra a média (aritmética) de tensão.
6. Normalmente a histerese é igual a 2% de U_{din} .
7. Os valores limite da queda de tensão normalmente equivalem a 85 a 90% do valor de referência de tensão U_{din} especificado para localização de falhas ou aplicações estatísticas.
8. Podem ocorrer deslocamentos de fase com a ocorrência de quedas de tensão.
9. Quando um valor limite é excedido, um registro de data e hora é gerado.

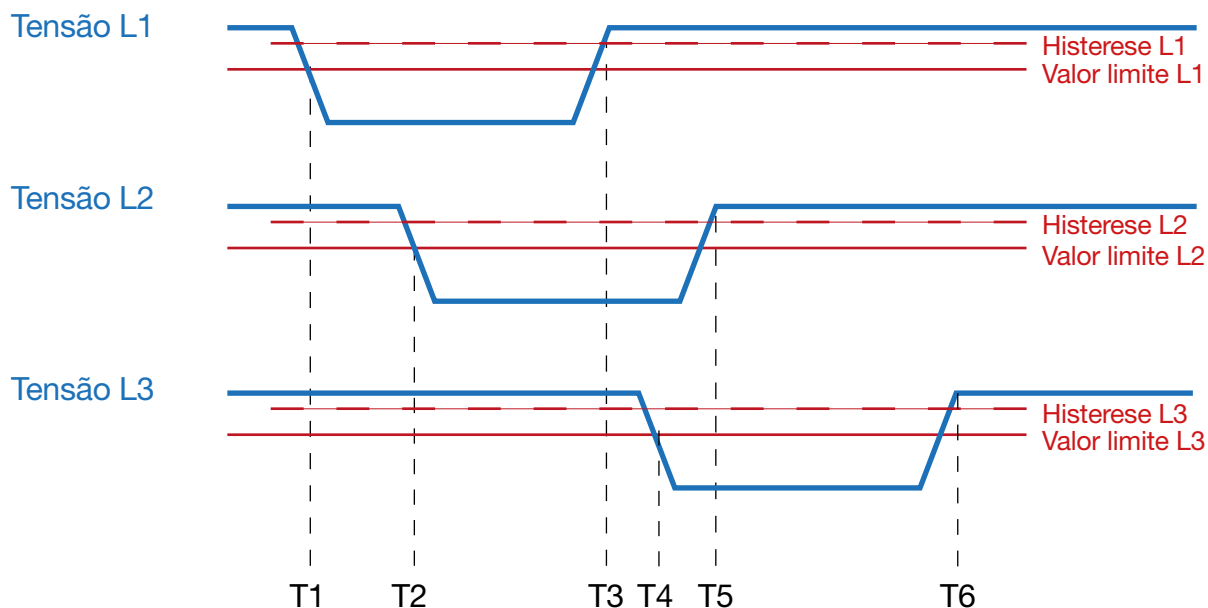
Exemplo: Registros de eventos multifásicos “Queda de tensão”

Figura: Registro de eventos multifásicos do UMG 512-PRO

Neste exemplo, o UMG 512-PRO gera o registro de 4 eventos:

Eventos gerados	Tipo do evento	Fase do evento	do momento	ao momento
1.	Subtensão	L1	T1	T3
2.	Subtensão	L2	T2	T5
3.	Subtensão	L3	T4	T6
4.	Subtensão	L1 .. L3	T1	T6

Esta forma de registro de eventos também se aplica à sobrelevação de tensão (ver Capítulo „Sobrelevação de tensão (Imagem GridVis: Eventos > Subtensão)“ na página 48) e aos cortes de tensão (ver Capítulo „7.2.2 Pos. 2 - Cortes de tensão (conforme IEC 61000-4-30 - Imagem GridVis: Eventos > Corte de tensão)“ na página 49).

Sobrelevação de tensão (Imagem GridVis: Eventos > Subtensão)

- O valor limite para a sobrelevação da tensão corresponde a uma porcentagem de U_{din} .
- Para sistemas monofásicos, uma sobrelevação de tensão começa quando a tensão U_{rms} aumenta acima do valor limite da sobrelevação e termina quando a tensão U_{rms} é menor ou igual ao valor limite da sobrelevação de tensão menos a tensão de histerese.
- Para sistemas multifásicos, uma sobrelevação de tensão começa quando a tensão U_{rms} aumenta acima do valor limite da sobrelevação de um ou mais canais e termina quando a tensão U_{rms} em todos os canais é menor ou igual ao valor limite da sobrelevação de tensão menos a tensão de histerese. O UMG 512-PRO da Janitza registra os valores RMS de tensão detalhados $U_{rms}(1/2)$ para um semiciclo (meia onda) para a determinação de sobrelevações de tensão (ver as notas abaixo).
- O valor limite para a sobrelevação de tensão e a tensão de histerese são ambos definidos pelo usuário em função da aplicação.
- Uma sobrelevação de tensão é caracterizada por um par de dados (nível máximo da tensão de sobrelevação e duração):
 - O nível máximo da tensão de sobrelevação corresponde ao maior valor U_{rms} medido em qualquer canal durante a sobrelevação.
 - A hora de início de uma sobrelevação de tensão corresponde ao registro de data e hora da hora de término de U_{rms} do canal em que o evento é iniciado e a hora de término da sobrelevação de tensão corresponde ao registro de data e hora de término de U_{rms} no qual o evento termina, sendo definido como valor limite menos histerese.
- A duração da sobrelevação da tensão é a diferença de tempo entre a hora de início e a hora de término da sobrelevação da tensão.

NOTAS

1. Para medições multifásicas, a duração medida da sobrelevação de tensão pode ser iniciada em um canal e terminada em outro canal.
2. Normalmente a tensão de histerese é igual a 2% de U_{din} .
3. Normalmente o valor limite da sobrelevação de tensão é maior que 110% de U_{din} .
4. Um deslocamento de fase também pode ocorrer no caso de uma sobrelevação de tensão.
5. O dispositivo de medição registra as horas de início e de término das sobrelevações de tensão, assim como a média (aritmética) de tensão.
6. Quando um valor limite é excedido, um registro de data e hora é gerado.

7.2.2 Pos. 2 - Cortes de tensão

(conforme IEC 61000-4-30 - Imagem GridVis: Eventos > Corte de tensão)

- O valor limite para os cortes de tensão corresponde a uma porcentagem de U_{din} .
- Para sistemas monofásicos, um corte de tensão começa quando a tensão U_{rms} fica abaixo do valor limite de corte de tensão e termina quando a tensão U_{rms} é maior ou igual ao valor limite de corte de tensão mais a tensão de histerese.
- Para sistemas multifásicos, um corte de tensão começa quando a tensão U_{rms} em todos os canais fica abaixo do valor limite de corte de tensão e termina quando a tensão U_{rms} em um canal é maior ou igual ao valor limite de corte de tensão mais a tensão de histerese.
- O valor limite para o corte de tensão e a tensão de histerese são ambos definidos pelo usuário em função da aplicação.
- Configure o valor limite de corte de tensão não inferior à incerteza de medição para a tensão residual medida mais o valor de histerese.
- Normalmente a tensão de histerese é igual a 2% de U_{din} .
- A hora de início de um corte de tensão corresponde ao registro de data e hora da hora de início de U_{rms} do canal em que o evento é iniciado. A hora de término do corte de tensão corresponde ao registro de data e hora da hora de término de U_{rms} no qual o evento termina, sendo definido como valor limite menos histerese.
- A duração do corte de tensão é a diferença de tempo entre a hora de início e a hora de término do corte de tensão.

NOTAS

1. Recomendação: Configure o valor limite do corte de tensão para 5% ou 10% de U_{din} .
2. A norma IEC 60050-161:1990, 161-08-20 afirma que um corte de tensão ocorre quando o valor da tensão cai abaixo de 1% da tensão nominal (a DIN EN 50160 afirma abaixo de 5% da tensão nominal). Entretanto, é difícil medir com precisão tensões abaixo de 1% da tensão nominal. Recomendação: Defina um valor limite adequado para determinar um corte de tensão, seja de acordo com o contrato com o fornecedor de energia ou com a norma aplicável.

7.2.3 Pos. 3 - Rápidas variações de tensão “Rapid Voltage Changes, RVC” (conforme IEC 61000-4-30 - Imagem GridVis: Eventos > Rápida variação de tensão)

Uma rápida mudança de tensão é entendida como uma mudança rápida entre dois estados estáveis do valor RMS da tensão de rede U_{rms} . Por definição, os dois valores RMS de tensão devem estar em um “estado estacionário”, uma condição que é definida no método a seguir.

As quedas e sobrelevações de tensão frequentemente são iniciadas ou terminadas com transições abruptas entre dois valores RMS de tensão. Essas, no entanto, por definição, não são “rápidas variações de tensão” (eventos de RVC, de Rapid Voltage Change), pois excedem os valores limite para quedas ou sobrelevações de tensão. Mais informações estão disponíveis no método a seguir.

Detecção de um evento de RVC (classe A)

Uma tensão RMS encontra-se em estado estacionário (condição estável) quando todos os valores de 100/120 (1/2) U_{rms} imediatamente anteriores permanecem dentro de um valor limite de RVC da média aritmética desses valores de 100/120 (1/2) U_{rms} (“100/120” significa valores de 100 a 50 Hz de valor nominal ou valores de 120 a 60 Hz de valor nominal). O valor limite de RVC é definido pelo usuário em função da aplicação como uma porcentagem de U_{din} .

NOTAS

- Os valores limite podem variar de 1% a 6%.
 - Por exemplo, a norma IEC TR 61000-3-7 considera valores limite de RVC de 2,5% a 6% de U_{din} para uma média tensão.
 - A norma IEC TR 61000-3-3 considera valores limite de RVC de 3,3% a 6% de U_{din} para uma baixa tensão.

Para ambas as normas, os valores limite estão vinculados ao número de eventos de RVC por hora ou por dia. A norma IEC 61000-4-15 considera um valor limite de 0,2% para um parâmetro similar, mas não idêntico.

O usuário configura o valor de histerese de RVC em função da aplicação e este deve ser inferior ao valor limite de RVC.
- O valor de histerese RVC pode ser considerado na faixa de 50% do valor limite de RVC.

Início do método de detecção de RVC:

- São registrados os valores iniciais de 100/120 de (1/2) U_{rms} .
- A média aritmética desses valores é calculada e, em seguida, é aplicado o método de detecção RVC a seguir.

Para detectar um evento de RVC (ver as figuras 1 e 2 na Página 52 e Página 53):

- Sempre que um novo valor de (1/2) U_{rms} estiver disponível, a média aritmética dos valores de 100/120 (1/2) U_{rms} anteriores é calculada, considerando-se o novo valor.
- Se qualquer um dos valores de 100/120 (1/2) U_{rms} anteriores, incluindo o novo valor, estiver dentro do valor limite de RVC (incluindo a histerese, se aplicada) para a média aritmética, o sinal lógico para **“Tensão em estado estável”** para aquele canal é definido para “verdadeiro”; caso contrário, para “falso”.

- Em um sistema multifásico, o sinal lógico **“Tensão em estado estável”** corresponde à combinação do E lógico do sinal lógico para **“Tensão em estado estável”** de cada canal de tensão.
- Um evento de RVC é iniciado quando o sinal lógico para **“Tensão em estado estável”** muda de “verdadeiro” para “falso”.
- Quando um evento de RVC é iniciado, a histerese de RVC é aplicada no valor limite de RVC e mudanças do sinal lógico para **“Tensão em estado estável”** são desativadas para 100/120 semiciclos.
- Um evento de RVC é terminado quando o sinal lógico para **“Tensão em estado estável”** muda de “falso” para “verdadeiro”. Quando um evento de RVC é terminado, o valor de histerese de RVC é removido do valor limite de RVC. O registro de data e hora para o término do evento de RVC compreende 100/120 semiciclos antes que o sinal lógico mude de “falso” para “verdadeiro”.

Se o dispositivo de medição detectar uma queda de tensão ou uma sobrelevação de tensão durante um evento de RVC, incluindo os 100/120 semiciclos desativados, o evento de RVC é descartado. Consequentemente, isso não resulta em nenhum evento de RVC, mas em uma queda de tensão ou em uma sobrelevação de tensão.

Avaliação de um evento de RVC (classe A)

Um evento RVC é caracterizado por quatro parâmetros:

- Hora de início
 - Duração
 - ΔU_{max}
 - ΔU_{ss} .
- A hora de início de um evento de RVC contém um registro de data e hora com a hora em que o sinal lógico para **“Tensão em estado estável”** muda para “falso” e tiver disparado o evento de RVC.
 - A duração do evento de RVC é 100/120 semiciclos mais curta do que o período em que o sinal lógico para **“Tensão em estado estável”** se encontra em “falso”.
 - ΔU_{max} do evento de RVC é a diferença máxima absoluta entre um dos valores de $(1/2) U_{rms}$ durante o evento de RVC e a última média aritmética para valores de 100/120 $(1/2) U_{rms}$ imediatamente antes do evento de RVC. Para sistemas multifásicos, ΔU_{max} corresponde ao mais alto valor ΔU_{max} de um canal qualquer.
 - ΔU_{ss} do evento de RVC é a diferença absoluta entre a última média aritmética para valores de 100/120 $(1/2) U_{rms}$ imediatamente antes do evento de RVC e a primeira média aritmética para valores de 100/120 $(1/2) U_{rms}$ após o evento de RVC. Para sistemas multifásicos, ΔU_{ss} corresponde ao mais alto valor ΔU_{ss} de um canal qualquer.

NOTAS

1. Pode ser útil fazer a contagem do número de eventos de RVC em um determinado intervalo de tempo,
 - Este intervalo de tempo pode ser de uma hora em um intervalo fixo ou de uma hora em um intervalo móvel. Sendo que o intervalo móvel compreende os últimos 60 minutos e se desloca pontualmente uma vez por minuto.
 - Esse intervalo de tempo também pode ser um “dia” de um intervalo de calendário ou um dia em um intervalo móvel. Sendo que o intervalo móvel compreende as últimas 24 horas e se desloca pontualmente uma vez por hora.
2. Outros valores característicos também podem ser considerados na avaliação de um evento de RVC. Por exemplo, $\Delta U_{\max}$ poderia ser avaliado com base nos valores agregados de 10/12 ciclos.
3. Em alguns casos, esse procedimento de medição de RVC não pode caracterizar totalmente as mudanças complexas entre dois estados estáveis. O registro de uma sequência de valores U_{rms} em cada canal pode ser útil para uma análise mais aprofundada.

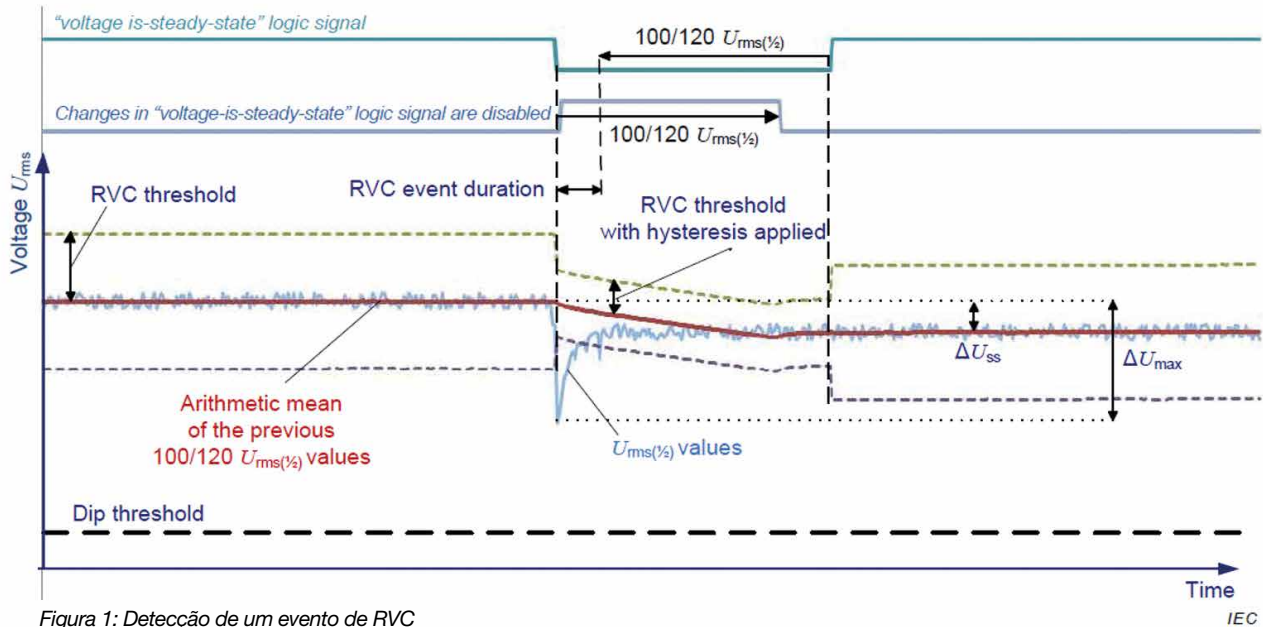


Figura 1: Detecção de um evento de RVC

IEC

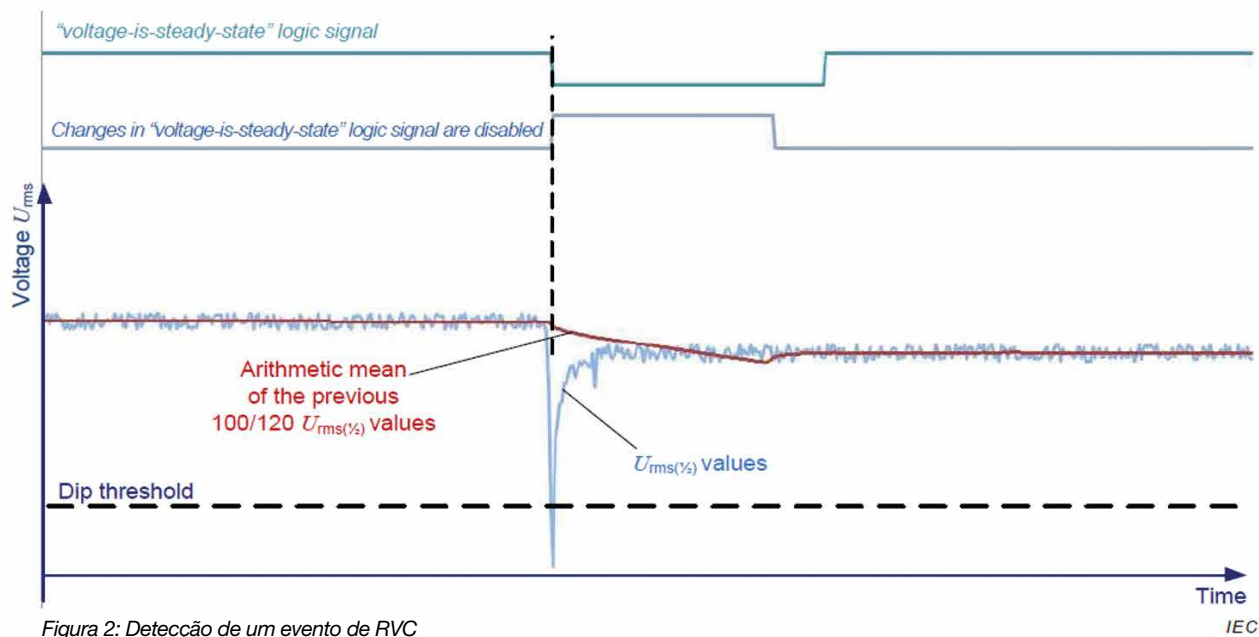


Figura 2: Detecção de um evento de RVC

7.2.4 Pos. 4 - Intensidade da corrente

(Especificação da Janitza - Imagem GridVis: Eventos > Sobrecorrente)

- O valor limite para a sobrecorrente corresponde a uma porcentagem de I_{din} .
- Para sistemas monofásicos, uma sobrecorrente começa quando a corrente I_{rms} aumenta acima do valor limite da sobrecorrente e termina quando a corrente I_{rms} é menor ou igual ao valor limite da sobrecorrente menos a histerese.
- Para sistemas multifásicos, uma sobrecorrente começa quando a corrente I_{rms} aumenta acima do valor limite da sobrecorrente de um ou mais canais e termina quando a corrente I_{rms} em todos os canais é menor ou igual ao valor limite da sobrecorrente menos a histerese.
- O valor limite da sobrecorrente e a histerese são ambos definidos pelo usuário em função da aplicação.
- Uma sobrecorrente é caracterizada por um par de dados (nível máximo da sobrecorrente e duração):
 - O nível máximo da sobrecorrente corresponde ao maior valor I_{rms} medido em qualquer canal durante a sobrelevação.
 - A hora de início de uma sobrecorrente corresponde ao registro de data e hora da hora de término de I_{rms} do canal em que o evento é iniciado e a hora de término da sobrecorrente corresponde ao registro de data e hora da hora de término de I_{rms} no qual o evento termina, sendo definido como valor limite menos histerese.
 - A duração da sobrecorrente é a diferença de tempo entre a hora de início e a hora de término da sobrecorrente.

NOTAS

1. Para medições multifásicas, a duração medida da sobrecorrente pode ser iniciada em um canal e terminada em outro canal.
2. Normalmente a histerese é igual a 2% de I_{din} .
3. Normalmente o valor limite da sobrecorrente é maior que 110% de I_{din} .
4. Um deslocamento de fase também pode ocorrer no caso de uma sobrelevação de corrente.
5. Quando um valor limite é excedido, um registro de data e hora é gerado.

7.2.5 Pos. 5 - Queda de frequência e sobrelevação de frequência

(Especificação da Janitza - Imagem GridVis: Eventos > Sobrefrequência e subfrequência)

O dispositivo de medição mede o tempo para que 20 passagens por zero ocorram (corrigido de múltiplas passagens por zero!). A frequência é derivada do resultado e comparada com valores limite estáticos e já definidos para uma queda de frequência e uma sobrelevação de frequência. Valores limite são configurados no software GridVis®.

I_{din} ... a corrente convencional I_{din} (corrente de referência) é um valor derivado da corrente de alimentação convencional com ajuda da relação de transmissão do transdutor de medição.

Intervalos de agregação de energia ... valores de medição calculados em intervalos de medição e de acordo com métodos matemático-estatísticos.

7.2.6 Pos. 6 - Rápidas variações de frequência

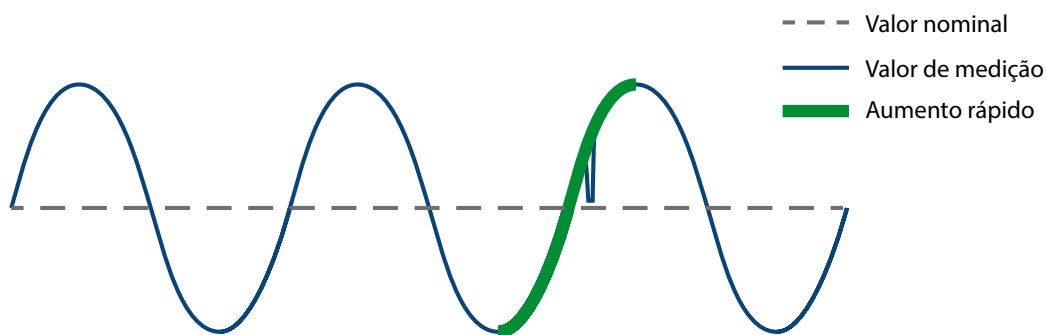
(Especificação da Janitza - Imagem GridVis: Eventos > Variação de frequência)

Cálculo da diferença entre dois valores de medição consecutivos e comparação com um valor limite estático e ajustável (os valores limite são configurados no software GridVis®).

7.2.7 Pos. 7 - Inclinação rápida dv/dt - Modo slope

(Especificação da Janitza - Imagem GridVis: Transientes > Tensão > Inclinação rápida)

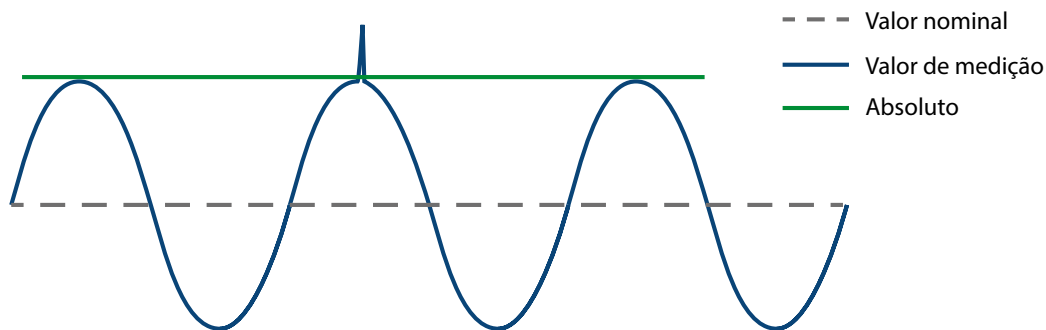
Cálculo de dois valores de amostragem consecutivos do conversor analógico-digital (taxa de amostragem a 25,5 kHz) e comparação do resultado com um valor limite estático e ajustável (os valores limite são configurados no software GridVis®).



7.2.8 Pos. 8 - Sobretensão rápida "Modo absoluto"

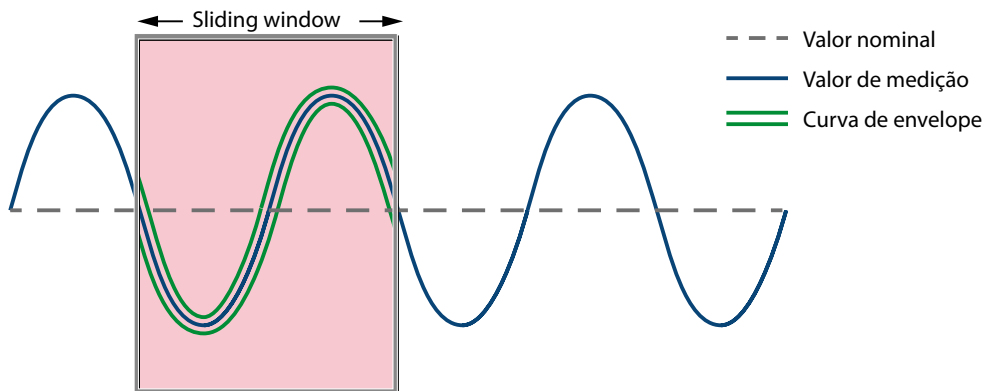
(Especificação da Janitza - Imagem GridVis: Transientes > Tensão > Absoluta)

Valor de amostragem de um conversor analógico-digital que é comparado com um valor limite estático e ajustável (os valores limite são configurados no software GridVis®).



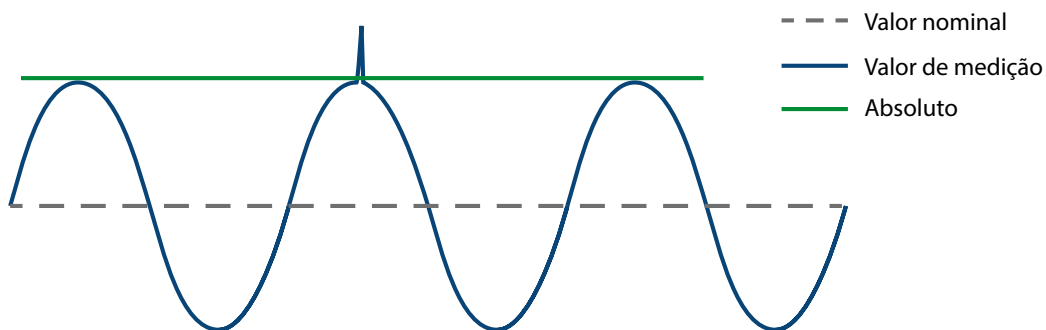
7.2.9 Pos. 9 - Sliding window (janela móvel - análise de variações da forma de onda) (Especificação da Janitza - Imagem GridVis: Transientes > Tensão > Curva de envelope)

Cálculo da diferença entre os valores de amostragem do conversor analógico-digital de dois períodos consecutivos e comparação do resultado com um valor limite estático e ajustável (os valores limite são configurados no software GridVis®).



7.2.10 Pos. 10 - Sobrecorrente rápida - Corrente absoluta (Especificação da Janitza - Imagem GridVis: Transientes > Corrente > Absoluta)

Valor de amostragem de um conversor analógico-digital que é comparado com um valor limite estático e ajustável. Valores limite são configurados no software GridVis®.



7.3 Disparador de eventos do UMG 512-PRO

O UMG 512-PRO, além dos disparadores padrão (ver 7.2 na página 45), tem novos disparadores de eventos no caso de distúrbios correspondentes no fornecimento de energia:

Pos.	Parâmetro/distúrbio (imagem GridVis)	Tempo de atualização com $f = 50 \text{ Hz}$ ¹⁾	Tempo de atualização com $f = 60 \text{ Hz}$ ¹⁾	Número de ciclos $f = 50/60 \text{ Hz}$ ²⁾	Conforme
1.	Potência ativa (soma L1..L3) (Disparador de eventos: Potência ativa (soma L1..L3))	200 ms	200 ms	10/12	Especificação da Janitza
2.	Potência aparente (soma L1..L3) (Disparador de eventos: Potência aparente (soma L1..L3))	200 ms	200 ms	10/12	Especificação da Janitza
3.	THD da tensão (Disparador de eventos: THD da tensão)	200 ms	200 ms	10/12	Especificação da Janitza
4.	Desequilíbrio de tensão (Disparador de eventos: desequilíbrio de tensão)	200 ms	200 ms	10/12	Especificação da Janitza

1) ... Intervalo de tempo entre os valores de medição.

2) ... Número de períodos de tempo para medir o valor eficaz (valor RMS/valor quadrático médio).

INFORMAÇÃO

Informações e descrições detalhadas sobre a configuração GridVis dos disparadores padrão estão disponíveis no manual de configuração para o UMG 512-PRO. Além disso, observe as informações de utilização, tais como o manual do usuário, o guia de instalação e as instruções de segurança para o dispositivo de medição.

Os registros do disparador de eventos do UMG 512-PRO são processados conforme a norma IEC 60255-24:2013:

“Relés de medição e dispositivos de proteção - Parte 24: Formato comum para troca de dados transitórios (COMTRADE) para sistemas de energia.”

7.3.1 Pos. 1 - Potência ativa - Soma L1...L3**(Especificação da Janitza - Imagem GridVis: Disparador de eventos > Potência ativa de soma L1..L3)**

- O UMG 512-PRO registra eventos de potência ativa (soma L1..L3).
- O evento de potência ativa (Soma L1..L3) começa quando a potência ativa medida é maior ou igual ao valor limiar e termina quando a potência ativa medida cai abaixo da histerese.
- O dispositivo de medição mede o valor da potência ativa (kW) ao longo de 10 ciclos em uma rede de 50 Hz ou ao longo de 12 ciclos em uma rede de 60 Hz, começando na passagem por zero da frequência fundamental e renovando a cada meia onda. O resultado é comparado com um valor limite estático e ajustável (configuração de valores limite no software GridVis®).

7.3.2 Pos. 2 - Potência aparente - Soma L1...L3**(Especificação da Janitza - Imagem GridVis: Disparador de eventos > Potência aparente de soma L1..L3)**

- O UMG 512-PRO registra eventos de potência aparente (soma L1..L3).
- O evento de potência aparente (Soma L1..L3) começa quando a potência aparente medida é maior ou igual ao valor limiar e termina quando a potência aparente medida cai abaixo da histerese.
- O dispositivo de medição mede o valor da potência aparente (kW) ao longo de 10 ciclos em uma rede de 50 Hz ou ao longo de 12 ciclos em uma rede de 60 Hz, começando na passagem por zero da frequência fundamental e renovando a cada meia onda. O resultado é comparado com um valor limite estático e ajustável (configuração de valores limite no software GridVis®).

7.3.3 Pos. 3 - THD da tensão (distorção harmônica da tensão)**(Especificação da Janitza - Imagem GridVis: Disparador de eventos > THD da tensão)**

- O UMG 512-PRO registra eventos de distorção harmônica total da tensão (eventos “THD de tensão”).
- O evento de THD da tensão começa quando o valor THD(U) calculado é maior ou igual ao valor limiar e termina quando o valor THD(U) cai abaixo da histerese.

A distorção harmônica total da tensão (Total Harmonic Distortion, THD) é uma medida para a parte de distorção causada pela distorção não linear de um sinal elétrico. Ela indica, portanto, a relação entre o valor eficaz de todas as harmônicas e o valor eficaz da frequência de rede. O valor THD é utilizado em redes de baixa, média e alta tensão. Normalmente utiliza-se THD(I) para a distorção da corrente e THD(U) para a distorção da tensão.

$$THD_U = \frac{1}{|U_{fund}|} \sqrt{\sum_{n=2}^M |U_{n,Harm}|^2}$$

M = ordem das harmônicas (para o UMG 512-PRO = 50)
fund corresponde a n = 1

7.3.4 Pos. 4 - Desequilíbrio de tensão

(Especificação da Janitza - Imagem GridVis: Disparador de eventos > Desequilíbrio de tensão)

- O UMG 512-PRO registra eventos de desequilíbrio de tensão (assimetria de tensão).
- O evento de desequilíbrio de tensão (assimetria de tensão) começa quando o valor de desequilíbrio de tensão calculado é maior ou igual ao valor limiar e termina quando o valor de desequilíbrio de tensão cai abaixo da histerese.
- O evento de desequilíbrio de tensão afeta exclusivamente o sistemas multifásicos (por exemplo, trifásicos).

Resumindo, equilíbrio e desequilíbrio representam uma medida da desigualdade entre as tensões de fase. O desequilíbrio de tensão

- é a medida das diferenças de tensão entre as fases de um sistema trifásico.
- piora as características operacionais de determinadas cargas, por exemplo, encurta a vida útil dos motores trifásicos.

Os desequilíbrios de tensão são atribuídos, sobretudo, a cargas desequilibradas nas linhas de distribuição ou dentro de um sistema. Em outras palavras, as tensões de sistema inverso ou tensões de deslocamento em uma rede elétrica normalmente são atribuídas a cargas desequilibradas que provocam correntes de sistema inverso ou correntes de deslocamento.

7.4 Tempos de registro de disparos (tempos de registro de eventos) no software GridVis®

Na ocorrência de um evento, são registrados semiciclos ou pontos de dados em torno do respectivo disparo (impulsos que iniciam processos). Faz-se uma distinção entre pré-registros e pós-registros. Esses registros são gerados no início e no final de um evento. Os registros de disparador são configurados no software GridVis®

Configurações padrão para tempos de registro de disparador (tempos de registro de eventos - semiciclos ou pontos de dados):

Pos.	Parâmetro (Imagem GridVis)	Pré-registro (tempo com f = 50 Hz/60 Hz)	Pós-registro (tempo com f = 50 Hz/60 Hz)
1.	Registro dos valores RMS de meias ondas no início do evento (Registro de eventos: tempo preliminar/posterior)	500 semiciclos* (5 s / 4,165 s)	2500 semiciclos (25 s / 20,825 s)
2.	Registro dos valores RMS de meias ondas no término do evento (Registro de eventos: tempo preliminar/posterior)	500 semiciclos (5 s / 4,165 s)	2500 semiciclos (25 s / 20,825 s)
3.	Registro da forma de onda no início do evento (Registro de eventos: tempo preliminar/posterior)	500 pontos de dados (19,5 ms)	1500 pontos de dados (58,5 ms)
4.	Registro da forma de onda no término do evento (Registro de eventos: tempo preliminar/posterior)	500 pontos de dados (19,5 ms)	1500 pontos de dados (58,5 ms)
5.	Transientes (Registro de transientes: tempo preliminar/posterior)	500 pontos de dados (19,5 ms)	1500 pontos de dados (58,5 ms)

Tabela com configurações padrão para os disparadores no software GridVis®.

* ... Semiciclos = meias ondas

Os tempos máximos de registro de disparador (tempos de registro de eventos - semiciclos ou pontos de dados):

Pos.	Parâmetro (Imagem GridVis)	Pré-registro máximo (tempo com f = 50 Hz/60 Hz)	Pós-registro máximo (tempo com f = 50 Hz/60 Hz)
1.	Registro dos valores RMS de meias ondas no início do evento (Registro de eventos: tempo preliminar/posterior)	6144 semiciclos (61,44 s / 51,18 s)	61440 semiciclos (614,4 s / 511,8 s)
2.	Registro dos valores RMS de meias ondas no término do evento (Registro de eventos: tempo preliminar/posterior)	6144 semiciclos (61,44 s / 51,18 s)	61440 semiciclos (614,4 s / 511,8 s)
3.	Registro da forma de onda no início do evento (Registro de eventos: tempo preliminar/posterior)	65536 pontos de dados (2555 ms)	65536 pontos de dados (2555 ms)
4.	Registro da forma de onda no término do evento (Registro de eventos: tempo preliminar/posterior)	65536 pontos de dados (2555 ms)	65536 pontos de dados (2555 ms)
5.	Transientes (Registro de transientes: tempo preliminar/posterior)	8192 pontos de dados (319,5 ms)	65536 pontos de dados (2555 ms)

Tabela com configurações máximas para os disparadores no software GridVis®.

Com f = 50 Hz; 8.000 pontos de dados equivalem a 8.000 valores de amostragem/512 valores de amostragem por ciclo = 15,6 semiciclos

Com f = 60 Hz; 8.000 pontos de dados equivalem a 8.000 valores de amostragem/427 valores de amostragem por ciclo = 18,7 semiciclos

7.5 Software GridVis® - Configuração básica do UMG 512-PRO para registro de eventos e transientes

7.5.1 Dados característicos, distribuição

A tensão de rede disponibilizada pelo fornecedor de energia (na Alemanha) no ponto de conexão da rede de baixa tensão é definida de acordo com a DIN EN 60038 - VDE 0175-1 por características e parâmetros como:

- Tensão nominal
 - para sistemas monofásicos: valor RMS da tensão alternada senoidal entre o condutor de fase e o condutor do neutro.
 - para sistemas trifásicos: valor RMS da tensão alternada senoidal entre dois condutores de fase.
- Frequência nominal
- Tolerância da tensão nominal

Nos consumidores da rede de baixa tensão, a tensão de rede é na maioria das vezes distribuída com as seguintes configurações nos sistemas TN

- com os três condutores de fase (habitualmente chamados de fases) L1, L2 e L3,
- com um condutor neutro N e um condutor de proteção PE (= protective earth ou potencial terra)

ou

- com os três condutores de fase L1, L2 e L3 e
- um condutor PEN. Aqui, o condutor neutro e o condutor de proteção são combinados em um único condutor.

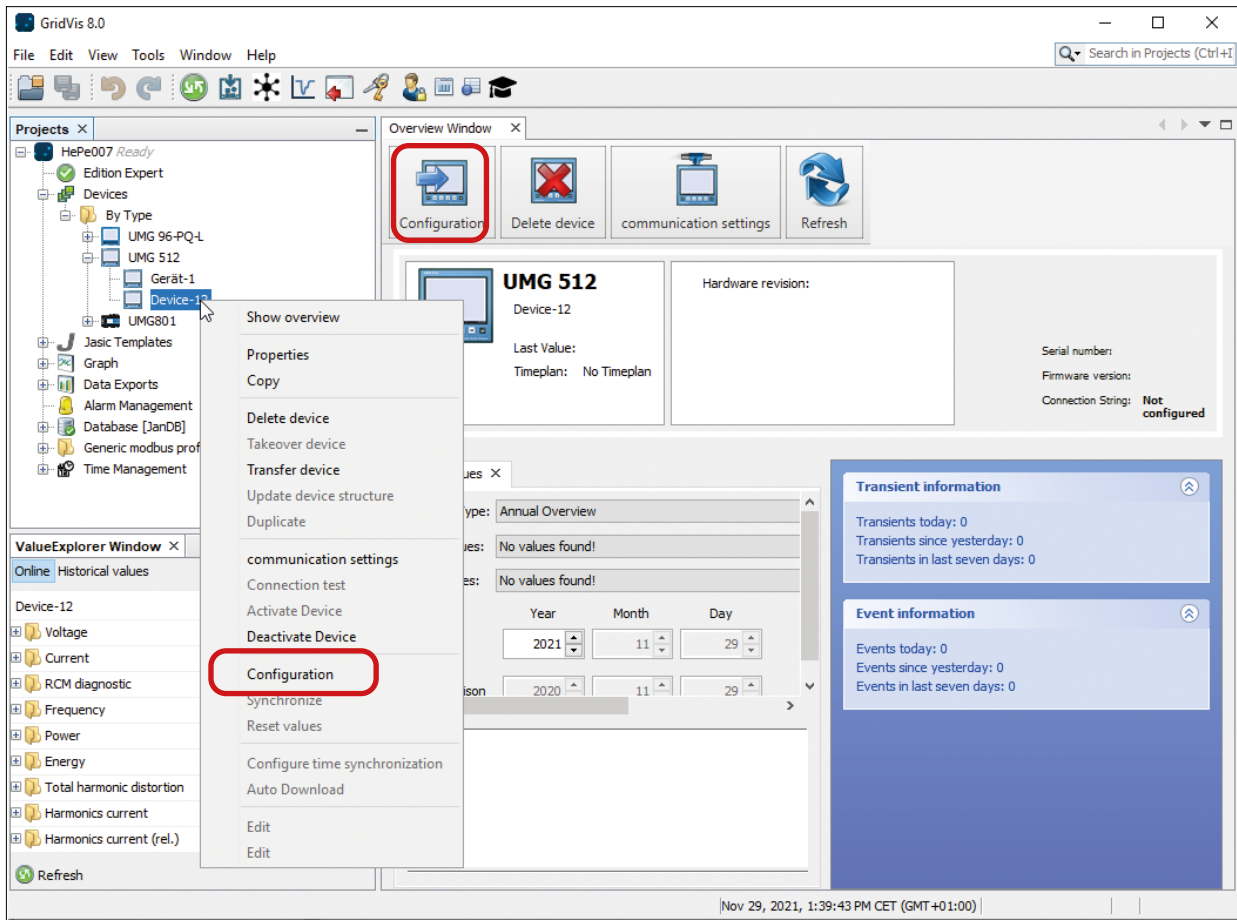
Esses dados e características formam a base de configuração do UMG 512-PRO e são importantes para o registro de eventos e transientes.

7.5.2 Configuração de valores nominais

A medição conforme norma (de acordo com a IEC 61000-4-30 - Classe A) com o UMG 512-PRO e o registro de eventos e transientes associado, assim como a medição de flicker, requer configurações básicas no software GridVis®. Deste modo, são afetados os seguintes parâmetros do item de menu *Valores nominais* na janela de configuração do dispositivo de medição no software GridVis®:

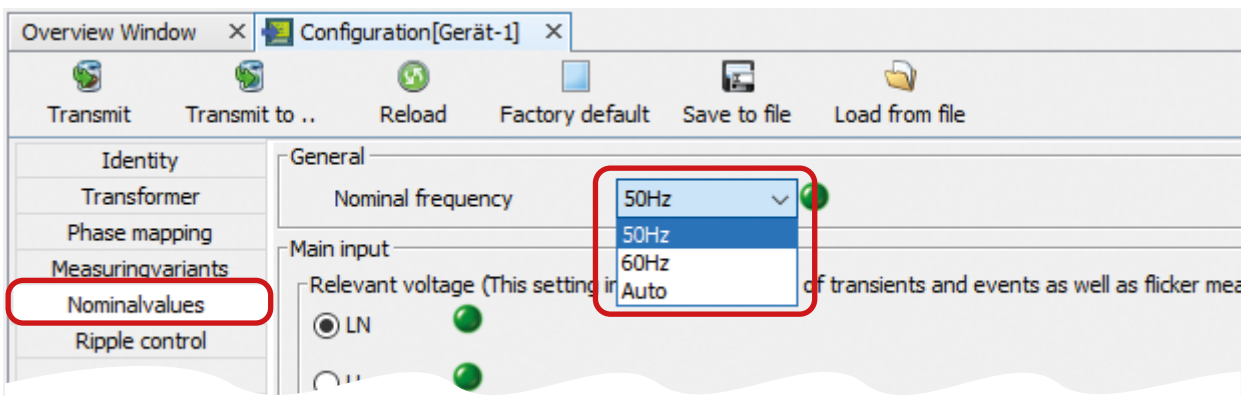
- Frequência nominal
 - 50 Hz
 - 60 Hz
 - Automático (Esta configuração para o registro de flickers, eventos e transientes está desativada no UMG 512-PRO)
- Medição principal
 - L-N
 - L-L
 - Tensão nominal
 - Corrente nominal

Os valores nominais são encontrados no software GridVis®, na janela de configuração de seu dispositivo de medição:



7.5.3 Frequência nominal

No campo de seleção da *frequência nominal* no menu de configuração dos *valores nominais* são feitas as configurações para detecção de flickers, eventos e transientes de acordo com a classe A “50 Hz” ou “60 Hz” (em “Automático” o dispositivo de medição não detecta flickers, eventos e transientes!)



A configuração da frequência nominal é necessária porque as faixas padronizadas de 50 Hz e 60 Hz se sobrepõem metrologicamente e o dispositivo de medição utiliza esta configuração para definir claramente o algoritmo de cálculo de flickers, eventos e transientes. Agora, o dispositivo de medição pode, a uma frequência nominal de, por exemplo, 55 Hz, calcular eventos e transientes de acordo com o respectivo algoritmo.

Faixas padronizadas da frequência nominal:

- **50 Hz:** O dispositivo de medição registra eventos e transientes para a frequência nominal na faixa padronizada de 42,5 a 57,5 Hz
- **60 Hz:** O dispositivo de medição registra eventos e transientes para a frequência nominal na faixa padronizada de 51 a 69 Hz
- **Automático:** Medição na faixa de 15 a 440 Hz, mas o UMG 512-PRO não registra eventos nem transientes com esta configuração!

7.5.4 Medição principal

Medição principal - L-N/L-L

No campo de grupos *Medição principal* do software GridVis®, configura-se para o UMG 512-PRO na rede de baixa tensão para realizar uma medição entre

- condutor de fase e condutor neutro **L-N**.
- dois condutores de fase **L-L**.

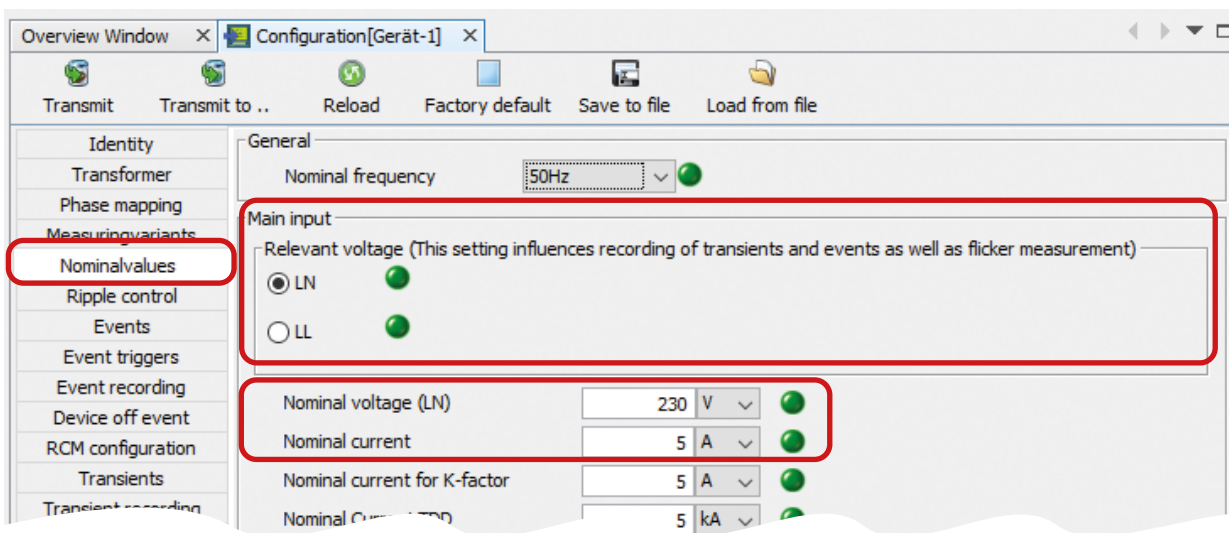
Assim, o dispositivo detecta eventos e transientes nos sistemas de rede mais comuns. Seu sistema de rede é configurado no menu de configuração *Variantes de conexão*.

Para o registro de eventos e transientes em redes de média e alta tensão configure L-L.

Exemplo de valores de tensão:

Na Europa a tensão de rede na rede de baixa tensão é de 230 V a uma frequência de rede de 50 Hz. Essas especificações se referem ao valor eficaz da tensão alternada senoidal de rede entre o condutor de fase e o condutor neutro (L-N). Para a tensão alternada de rede entre dois condutores de fase (L-L), isto resulta em aproximadamente 400 V.

Dependendo da configuração L-N ou L-L, são definidos outros parâmetros.



Informação:

Versões mais antigas do software GridVis® permitem a entrada de valores de tensão nominal do UMG 512-PRO, independentemente das configurações feitas anteriormente - *L-N* ou *L-L*!

Tensão nominal

- Dependendo da configuração *L-N* ou *L-L*
- *L-N*: valor de tensão entre condutor de fase e condutor neutro
- *L-L*: valor de tensão entre dois condutores de fase.
- Para medições em redes de média ou alta tensão, selecione previamente a configuração *L-L*!

Corrente nominal

- O valor da corrente nominal corresponde à concepção de sua distribuição de energia (ver o fusível de entrada).

Anotações

8. Glossário de termos

Canal (de medição)

Curso de medição individual de um dispositivo de medição.

U_c ... tensão de alimentação convencional

Normalmente a tensão nominal U_n da rede elétrica. Se uma tensão diferente da tensão nominal for convencionalizada entre o operador da rede e o cliente no ponto de conexão, esta será a tensão de alimentação convencionalizada U_c .

U_{din} ... tensão de entrada convencionalizada

Um valor derivado da corrente de alimentação convencionalizada com ajuda da relação de transmissão do transdutor de medição.

U_{rms} ... Valor RMS da tensão para cada período

Termo em inglês para valor RMS de tensão (root mean square, valor quadrático médio). O valor eficaz da tensão determinado ao longo de um período, que é renovado a cada período.

Observações:

- Diferentemente do $U_{rms(1/2)}$, esse procedimento não especifica quando um período é iniciado.
- Esse valor eficaz da tensão pode ser um valor entre dois condutores de fase ou entre um condutor de fase e o condutor neutro.

$U_{rms(1/2)}$... Valor RMS da tensão para cada meio período.

O valor eficaz da tensão determinado ao longo de um período entre as passagens por zero da frequência fundamental, que é renovado a cada meio período.

Observações:

- Esse procedimento é realizado independentemente de cada canal (de medição) individual. Em um sistema multifásico, ele fornece valores eficazes para os diversos canais em momentos sucessivos.
- Esses valores são usados apenas para a determinação e a verificação de quedas de tensão, sobrelevações de tensão e cortes de tensão na classe A.
- Esse valor eficaz da tensão pode ser um valor entre dois condutores de fase ou entre um condutor de fase e o condutor neutro.

U_{res} ... Tensão residual

O menor valor de $U_{rms(1/2)}$, determinado durante uma queda de tensão ou um corte de tensão.

Histerese

Diferença entre o valor limite de início e o valor limite de término.

Em **associação com as medições de qualidade da energia**, a histerese deve ser evitada, uma vez que os eventos são contados várias vezes se a variável medida oscilar em torno do valor limite ou o valor limiar.

Valor eficaz ou valor RMS (root mean square - valor quadrático médio)

Raiz quadrada positiva da média aritmética do quadrado da grandeza dentro de um determinado intervalo de tempo e uma largura de banda especificada.

Procedimento de medição da classe A

- A classe A é usada como procedimento de medição quando medições precisas são necessárias, por exemplo, para resolver divergências de opinião relacionadas a disposições contratuais, para comprovar o cumprimento de normas etc.
- Qualquer medição de uma grandeza (física) realizada com dois dispositivos de medição diferentes que atendam aos requisitos da classe A fornecerá resultados condizentes para o mesmo sinal de entrada dentro da incerteza de medição especificada para este parâmetro.
- Em adição à classe A, existe a classe S (EN 61000-4-30).
 - A classe S possui requisitos de medição menos rigorosos e é utilizada para aplicações estatísticas, por exemplo, levantamentos estatísticos ou avaliações de qualidade de tensão, possivelmente com menos características (parâmetros) se comparado com a classe A.

Intervalos de agregação

São valores de medição calculados ou reunidos em intervalos de medição e de acordo com métodos matemático-estatísticos.

Disparador

Um impulso que inicia um processo.

Ciclo

Uma curva completa de uma corrente alternada/uma tensão alternada.

Período

O tempo necessário para gerar um ciclo completo de um sinal.

Qualidade da energia - Qualidade da tensão de alimentação

Características da tensão elétrica em um determinado ponto de uma rede elétrica, expressas por uma série de valores técnicos de referência. Esses valores de referência podem, em alguns casos, se referir à compatibilidade entre a energia elétrica fornecida na rede e os consumidores conectados a essa rede.

Em inglês se utiliza o termo “power quality”. Em alemão geralmente se utiliza o termo “Energiequalität” (qualidade da energia) ao invés de “Spannungsqualität” (qualidade da tensão elétrica).

9. Índice remissivo

A

<i>Altas correntes de partida</i>	<i>Ver Correntes de conexão</i>
<i>Ambientes de servidores blade</i>	25
<i>Análise de dados de medição</i>	40
<i>APP</i>	44
<i>APPs padrão</i>	44
<i>Aumento de tensão</i>	10, 14, 24, 34

B

<i>Baixa tensão</i>	39, 50
---------------------------	--------

C

<i>Características de qualidade</i>	9, 10
<i>Cargas de partida</i>	17, 34
<i>Categoria de distúrbio</i>	<i>Ver Distúrbios</i>
<i>Ciclo</i>	13, 52, 60, 67
<i>circuitos de filtro passivo</i>	14
<i>Classe A</i>	37, 42, 50, 51, 61, 62, 66, 67, 75
<i>Compensação de partida do motor</i>	34
<i>Compensação dinâmica</i>	35
<i>Comunicação BACnet</i>	43
<i>Constant Voltage Transformer</i>	21
<i>controladores de tensão ativos</i>	34, 35
<i>controladores de tensão híbridos</i>	34
<i>Corrente absoluta</i>	56
<i>Correntes de conexão</i>	16, 23
<i>Correntes de partida</i>	16
<i>Corte de tensão</i>	12, 15, 16, 45, 49
<i>Curtas quedas de tensão</i>	29
<i>Curto-circuito</i>	15, 18, 19, 20
<i>Curva de envelope</i>	45, 56
<i>Curva ITIC-CBEMA</i>	11, 21, 22, 76

D

<i>D-A-CH-CZ</i>	11, 75
<i>Desequilíbrio</i>	32, 35
<i>Desequilíbrio de tensão</i>	59
<i>Deslocamento de corrente contínua</i>	26, 35
<i>DIN EN 50001</i>	38

<i>DIN EN 50160</i>	10, 15, 16, 36
<i>DIN EN 61000-4</i>	10, 31
<i>Disparador</i>	42, 45, 60, 67
<i>Disparador de eventos</i>	57
<i>Disparador de eventos > Desequilíbrio de tensão</i>	59
<i>Disparador de eventos > Potência aparente de soma L1..L3)</i>	58
<i>Disparador de eventos > Potência ativa de soma L1..L3</i>	58
<i>Disparador de eventos > THD da tensão</i>	58
<i>Disparador padrão</i>	45
<i>Distorção da forma de onda</i>	10, 26, 27, 28, 35
<i>Distorções de tensão</i>	9, 10, 26, 29, 30, 35, 38
<i>Distorções de tensão de alta frequência</i>	26, 29, 35
<i>Distúrbios</i>	9, 10, 12, 14, 15, 21, 33, 34, 36, 41, 45

E

<i>Eletrônica de potência</i>	36
<i>Energias renováveis</i>	38
<i>ENGINEERING RECOMMENDATION</i>	11, 76
<i>Equipamentos de TI</i>	21
<i>estabilizadores eletrônicos de tensão</i>	21, 23
<i>Evento de RVC</i>	Ver Rápidas variações de tensão
<i>Eventos de potência aparente</i>	58
<i>Eventos de potência ativa</i>	58

F

<i>filtros passivos</i>	34
<i>Flicker</i>	24, 31, 34, 35, 38, 42, 61, 62, 63
<i>Flutuações da frequência</i>	10, 33, 35
<i>Flutuações de tensão</i>	10, 31, 35, 38
<i>FNN</i>	10
<i>Fonte de alimentação ininterrupta</i>	Ver UPS
<i>Fontes alternativas de energia</i>	17
<i>Forma de onda</i>	10, 27, 28, 31, 34, 35, 42, 60, 75
<i>Forma de onda senoidal</i>	9, 10, 26
<i>Frequência</i>	9, 10, 33, 36, 54, 75
<i>Frequência nominal</i>	61, 62, 63

G

Gateway Modbus Ethernet	43
Gerenciamento de energia	38, 40
Gestão de alarmes	40

H

Harmônicas	11, 26, 27, 28, 35, 38, 42, 74, 75
Histerese	42, 46, 48, 49, 50, 54, 66

I

IEC 61000-2-2	10, 75
IEC 61000-2-4	10, 44, 75
IEC 61000-2-12	10, 75
IEC 61000-4-30	10, 12, 38, 42, 61, 75
IEC 61850	10, 75
IEC 62586-2	10, 75
IEEE	10, 37, 75
IEEE 519	Ver IEEE
Inclinação rápida dv/dt	45, 55
Inter-harmônicas	26, 28, 35
Interrupção da tensão de alimentação	Ver Interrupções
Interrupção de fornecimento	10
Interrupções	10, 15, 34, 49
Intervalos de agregação	67
Inversores de frequência	17, 36

J

Janela móvel	Ver sliding window
--------------------	--------------------

M

Medição da corrente residual	37, 43
Modo slope	Ver Inclinação rápida dv/dt
Monitoramento da qualidade da energia	36, 37, 41

N

Navegador de eventos	41
Nível de tensão	9, 10, 75
Normas	10, 31, 37, 42, 50, 67, 75

O

Oscilação	13
-----------------	----

P

Página inicial do dispositivo de medição	43, 44
Passagem por zero	13, 27
Período	13, 16, 66, 67
Ponto de conexão da rede	10, 61
PQDIF	10, 38, 75
Proteção por reatores	13
Público-alvo	8

Q

Qualidade da energia	9, 10, 12, 14, 28, 31, 34, 36, 37, 41, 42, 44, 45, 66, 67, 74, 75
Qualidade da rede	8, 10, 36, 74, 75
Qualidade do fornecimento	Ver Qualidade da energia
Queda de frequência	45, 54
Queda de tensão	10, 14, 16, 18, 19, 20, 22, 34, 45, 46, 51
Quedas	9

R

Rápidas variações de frequência	45, 55
Rápidas variações de tensão	45, 50
Rede de alta tensão	20
Rede de baixa tensão	18, 23, 31, 61, 63
Rede de média tensão	18, 19, 20, 23, 34
Registro de eventos	42, 47, 60
Residual Current Monitoring - RCM	Ver Medição da corrente residual
Retificadores e inversores autocontrolados	35

S

Sliding window (janela móvel)	45, 56
Sobrecorrente	45, 54, 56
Sobrecorrente rápida	45, 56
Sobrefrequência	Ver Sobrelevação de frequência
Sobrelevação de frequência	54
Sobrelevação de tensão	Ver Sobretensão
Sobrelevações	9
Sobreposições de alta frequência	29

Sobretensão	10, 14, 24, 34, 45, 48, 55
Sobretensão rápida “Modo absoluto”	55
Software de visualização de rede GridVis	Ver Software GridVis
Software GridVis	40, 45, 46, 48, 49, 50, 54, 55, 57, 60, 61
Soluções da Janitza	23, 36, 41
Subfrequência	45, 54
Subtensão	Ver Queda de tensão
Surtos de tensão	10, 12, 13, 34
Surtos de tensão impulsivos	12
Surtos de tensão oscilatórios	13

T

Tecnologia IGBT	35
Tempos de registro de disparos	60
THD da tensão	58
Tipos de distúrbio	8
Topologia de rede	37, 39
TOR D2	11, 75
Total Harmonic Distortion, THD.....	Ver THD da tensão
Transientes	8, 10, 12, 13, 14, 34, 38, 41, 42, 45, 55, 60, 61, 62, 63
Transientes impulsivos.....	Ver Surtos de tensão impulsivos
Transientes oscilatórios	Ver Surtos de tensão oscilatórios

U

UMG 512-PRO	37, 42, 43, 44, 45, 61, 63, 64, 75
UPS	14, 21, 23, 24, 25, 27, 28, 30, 31, 34, 35

V

Valor eficaz	45, 50, 57
Valores RMS de meias ondas	60
Valor limite	42, 46, 48, 49, 50, 51, 54, 55, 56, 66
Valor RMS	45, 57, 67
Visão geral “Distúrbios da qualidade da energia”	34

10. Livros e artigos especializados sobre qualidade da energia

Livros especializados

- Dirk Blume; Jürgen Schlabbach; Thomas Stephanblome: Qualidade da energia em redes elétricas: causas, medição, avaliação de distúrbios da rede e melhoria da qualidade da energia. VDE-Verlag, 1999, ISBN 3-8007-2265-8.
- Walter Hormann; Wolfgang Just; Jürgen Schlabbach: Distúrbios da rede. Editor: Rolf Rüdiger Cichowski. VDE-Verlag, 2008, ISBN 3-8007-3088-X.
- Schlabbach, Jürgen; Mombauer, Wilhelm: Power Quality. VDE-Schriftenreihe – Normen verständlich, Volume 127, 2008. ISBN 978-3-8007-2993-7, E-book: ISBN 978-3-8007-3700-0.
- Mombauer, Wilhelm: Distúrbios de rede dos dispositivos de baixa tensão. VDE-Schriftenreihe – Normen verständlich, Volume 111, 2006. ISBN 978-3-8007-2806-0, E-Book: ISBN 978-3-8007-3689-8.

Artigos especializados

- Hans de Keulenaer, guia Qualidade da rede: Guia de autoajuda para avaliação da qualidade de energia, Deutsches Kupferinstitut Leonardo Power Quality Initiative.
- David Chapman, guia Qualidade da rede: harmônicas – Causas e efeitos, Deutsches Kupferinstitut Leonardo Power Quality Initiative.
- Johan Driesen e Thierry van Croenenbroeck, guia Qualidade da rede: distúrbios de tensão – Introdução ao desequilíbrio, Deutsches Kupferinstitut Leonardo Power Quality Initiative.
- David Chapman, guia Qualidade da rede: quedas de tensão, Deutsches Kupferinstitut Leonardo Power Quality Initiative.
- David Chapman, guia Qualidade da rede: custos da má qualidade da rede, Deutsches Kupferinstitut Leonardo Power Quality Initiative.
- Angelo Boggini, Franco Buo, guia Qualidade da rede: análises de investimento para soluções de problemas de qualidade de energia, Deutsches Kupferinstitut Leonardo Power Quality Initiative.

11. Fontes - Literatura/impressos, normas, Internet

11.1 Fontes - Literatura/impressos

- **Livro prático - Qualidade da energia, segurança elétrica;** Série Geltec “Der rote Faden der Elektrosicherheit”; 2015.
- **Contribuição técnica - Relatório de aplicação: AN1018/V01;** Certificação Classe A (IEC 61000-4-30), Selo de qualidade para analisadores de qualidade de energia; Dr. Martin Witzsch; 02/2015.
- **Contribuição técnica - Detecção de quedas de tensão;** energy 4.0 - uma publicação on-line do portal Industr.com; Arjan Pit; 19.11.2013.
- **Guia Qualidade da rede: harmônicas – Causas e efeitos,** Deutsches Kupferinstitut Leonardo Power Quality Initiative; David Chapman; 03/2001.
- **Descrição funcional - IEC 61000-2-4 Watchdog;** para UMG 605, UMG 511, UMG 512(-PRO); Janitza electronics GmbH; 19.11.2013.
- **Guia “Custom Triggers” da Janitza UMG 512-PRO;** Janitza electronics GmbH; 01/2021.
- **White paper “Quedas de tensão” da Janitza;** Janitza electronics GmbH; ; Arjan Pit; 10/2020.
- **Outras fontes de literatura** estão disponíveis no capítulo „10. Livros e artigos especializados sobre qualidade da energia“ na página 74.

11.2 Fontes - Normas (ver também Página 10)

- **EN 50160:** Norma europeia que define e especifica as características da tensão nas redes públicas de fornecimento de eletricidade. Os valores característicos essenciais são a frequência, o nível de tensão, a forma de onda e a simetria das tensões compostas.
- **IEC 61000-4-30:** A norma define procedimentos de medição, precisão e interpretação dos parâmetros de qualidade da rede para dispositivos de classe A e S.
- **IEC 61000-2-2:** A norma faz afirmações sobre os níveis de compatibilidade para distúrbios por condução com baixa frequência e para sinais de sistemas de comunicação de rede em redes públicas de fornecimento de baixa tensão.
- **IEC 61000-2-4:** A norma faz afirmações sobre os níveis de compatibilidade para distúrbios por condução com baixa frequência em instalações industriais e redes não públicas.
- **IEC 61000-2-12:** A norma define os níveis de compatibilidade para distúrbios por condução com baixa frequência e distúrbios da transmissão de sinal em redes públicas de média tensão na faixa de frequências de 0 Hz a 9 kHz com uma expansão para 148,5 kHz para a transmissão de sinal de rede.
- **IEC 62586-2:** A norma define o teste funcional e os requisitos de incerteza para dispositivos de qualidade de energia (PQI).
- **IEC 61850:** A norma descreve como os dados e informações devem ser repassados.
- Formatos padronizados de dados para escrita de erros na forma da IEEE 1159 (PQDIF) e COMTRADE.
- **D-A-CH-CZ:** Regulamentações técnicas para a avaliação de distúrbios da rede na Alemanha, Áustria, Suíça e República Tcheca.
- **TOR D2:** Regulamentações técnicas e organizacionais para operadores e usuários de redes elétricas; parte D: Regulamentações técnicas especiais; seção principal D2: Diretriz para a avaliação de distúrbios da rede.
- **IEEE 519:** (Práticas e requisitos recomendados para o controle de harmônicas em sistemas de energia elétrica) norma como uma recomendação conjunta dos fornecedores de energia e operadores para limitar os efeitos de cargas não lineares, por meio da redução de harmônicas.

- **ENGINEERING RECOMMENDATION G5/5 (Antiga: G5/4-1)** (níveis de planejamento da distorção harmônica da tensão a ser usada no processo de conexão de equipamentos não lineares) como diretriz da Energy Networks Association (Reino Unido) para limitar os efeitos das cargas não lineares, por meio da redução das harmônicas no ponto de transmissão (PCC). Válida no Reino Unido e em Hong Kong.
- **ITIC-(CBEMA)**: A curva ITIC-CBEMA do Conselho do Setor de Tecnologia da Informação (ITIC) representa a capacidade de resistência dos computadores/fontes de alimentação em termos do nível e duração dos distúrbios de tensão.

11.3 Fontes - Internet

- www.janitza.de
- www.janitza.de/wissensdatenbank.html
- www.wikipedia.de
- www.voltus.de
- www.elektronik-kompodium.de
- www.electropedia.org
- www.electronics-tutorials.ws/de
- www.ihks-fachjournal.de
- www.elektriker-wissen.de
- www.energy-seeds.org
- www.pq-professionals.de
- www.nosswitz.de

Anotações

Anotações

Anotações

Janitza[®]

Janitza electronics GmbH
Vor dem Polstück 6
D-35633 Lahnau

Suporte Tel. +49 6441 9642-22
E-mail: info@janitza.de
www.janitza.de