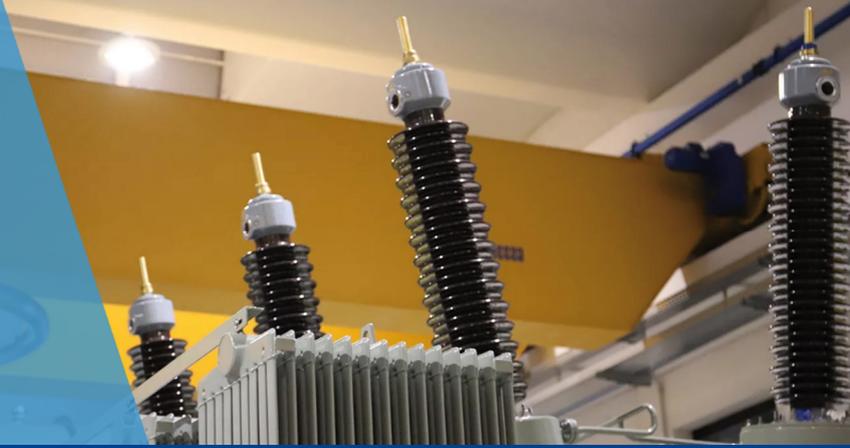


Série 2020

...simplesmente eficaz!

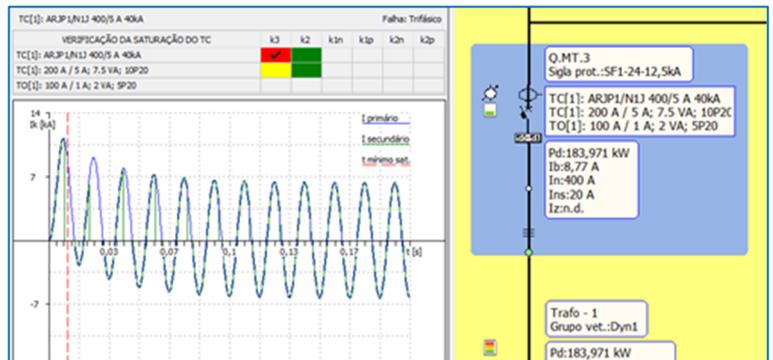


Transformadores TC, TP e TO e verificação da saturação

- Partida de motor síncrono na modalidade direta, estrela-triângulo ou com soft starter;
- Gerenciamento das características das soft starters;
- Definição dos elementos auxiliares para dispositivos de proteção com atribuição de esquemas funcionais;
- Geração dos esquemas funcionais associados aos elementos auxiliares dos dispositivos;
- **Transformadores de medição e proteção TC, TP e TO;**
- **Escolha dos TC, TP e TO com verificação da saturação para os TC e TO;**
- **Análise dinâmica de todos os tipos de corrente de falha (Ik, Ik', Ik'' e Io) com o objetivo de verificar a saturação do TC / TO;**
- Barramento em quadros de acordo com a norma CEI UNEL 01433;
- PE de usuários terminais conectados ao aterramento local;
- Impressões gerais do multiprojeto;
- ELink: configuração dos parâmetros de projeto;
- ELink: reconhecimento dos eletrodutos, canaletas e eletrocalhas definidas no Revit;
- ELink: atribuição dos parâmetros para o roteamento dos cabos;
- ELink: cálculo do percurso ideal dos cabos nos condutos e determinação do comprimento dos cabos;
- ELink: determinação da seção de ocupação dos cabos;
- ELink: cálculo do adensamento com o destacamento em cores no Revit;
- ELink: anotações dos percursos dos cabos no Revit;
- ELink: coeficiente de adensamento e dados dos usuários contidos em vários trechos.

O dimensionamento de sistemas em MT e AT estão cada vez mais complexos, com normas técnicas exigentes, cujo o objetivo é garantir ao usuário acesso à rede, com a continuidade do serviço e qualidade da tensão, considerando a eficiência e a segurança do sistema elétrico.

Para alcançar esse objetivo é necessário um dimensionamento correto do sistema que será conectado à rede, o desenvolvimento dos diagramas de conexão e a configuração do sistema de conexão (através das estrutura de conexão, dos dispositivos de manobra e dos sistemas de medição, proteção e controle) que devem garantir plena compatibilidade com a rede e com as exigências da distribuidora de energia elétrica.



Nesse cenário, entram em jogo os **transformadores de proteção/medição TC, TP e TO** cujo sinal para secundário deve ser interpretado corretamente pelo **relé de proteção** que atuará no **dispositivo geral (DG)**, com a finalidade de causar a interrupção da alimentação entre o sistema do usuário e a distribuidora de energia, em caso de falhas internas do sistema. O conjunto de transformadores de proteção/medição e o relé de proteção geral constituem o sistema de proteção geral.

O **Ampere Professional 2020** realiza o gerenciamento dos **TC, TP e TO**, para uma escolha correta dos mesmos com a **verificação da saturação** de acordo com a CEI 0-16, com uma **análise dinâmica** em todos os tipos de corrente de falha (Ik, Ik', ik' e Io) cujo o objetivo é obter a saturação do TC / TO.

Arquivo de transformadores de proteção/medição TC, TP e TO

No arquivo *Dispositivos*, foi definida uma nova seção dedicada aos *Transformadores de proteção/medição*: nele é organizado a guia características elétricas relacionadas aos transformadores de corrente e tensão que serão utilizados para o dimensionamento da rede elétrica no Ampère. Os dados de cada dispositivo podem ser editados na janela *Propriedades*, que permite a definição das características gerais, elétricas e do material.

A guia *Elétrico* permite inserir as características elétricas do transformador, e varia de acordo com o tipo de transformador TC, TP ou TO. Abaixo estão os parâmetros mais importantes.

TC e TP

Tensão de isolamento: valor de tensão suportada pelo transformador.

Tipo de uso: proteção, medição, proteção e medição (secundário duplo).

Tipo de construção: indutiva ou não indutiva; o primeiro caso inclui transformadores que têm um núcleo magnético, enquanto o segundo se refere a sensores de corrente e tensão, como a bobina de Rogowsky ou o divisor resistivo.

Secundário adicional: indica a presença de um secundário adicional, que pode ser proteção ou medição.

Desempenho nominal: em VA, indica o valor no qual as especificações relacionadas à precisão são baseadas.

Classe de precisão: define os valores máximos de erro de razão e ângulo garantidos dentro das faixas de corrente (tensão) e desempenho definidas pela norma. As classes 0.2, 0.5 e 1 são usadas para aplicações de medição, enquanto as classes 5P (3P) e 10P (6P) para proteção.

TC

Corrente do primário: corrente nominal que circula no enrolamento primário.

Fator de limite de precisão: para os TCs de proteção, representa a razão entre a corrente limite do primário (valor da corrente primária até o qual o TC está em conformidade aos requisitos para o erro composto) e a corrente do primário.

Fator de segurança: para os TCs de medição, representa a razão entre a corrente limite do primário e a corrente do primário.

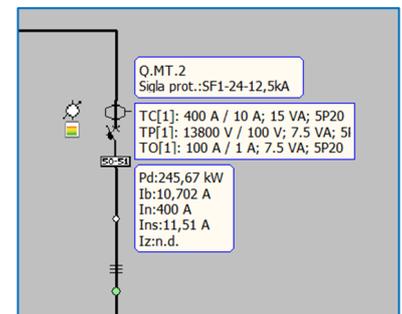
TP

Tensão nominal do primário: tensão nominal aplicada aos enrolamentos do primário.

Tensão do secundário nominal: tensão nominal aplicada aos enrolamentos secundários; os valores padrões são 100V ou 110V para os transformadores de tensão fase-fase, os mesmos valores divididos pela raiz de três representam o padrão para os transformadores de tensão fase-terra.

Fator de tensão: é o fator múltiplo da tensão primária nominal que determina a tensão operacional máxima na qual o transformador deve respeitar aos limites de aquecimento e precisão prescritos.

Transformador	Elétrico	Material
Geral		
Tensão de isolamento	24 kV	
Tipo de uso	Proteção	
Tipologia de construção	Indutivo	
Frequência	60 Hz	
Secundário adicional	<input type="checkbox"/>	
Corrente do primário e secundário		
Corrente do primário	200 A	
Corrente do secundário de proteção	5 A	
Características de proteção		
Desempenho nominal do secundário de proteção	7,5 VA	
Classe de precisão do secundário de proteção	5P	
Fator limite de precisão do secundário de proteção	20	
Resistência do secundário da proteção (R??)	0,192 ohm	
Características de curto-circuito		
Corrente térmica de curta duração	12,5 kA	
Corrente dinâmica nominal	31,3 kA	
Corrente térmica nominal permanente	240 A	



Sistema de proteção geral

O sistema de proteção geral (SPG), pode ser criado com um dos métodos de construção mencionados abaixo:

- *SPG não integrado*, ou SPG que fornece PG, TC, TO, TP individual, cada um em conformidade com as respectivas normas de referência, combinados de várias maneiras após a verificação do correto funcionamento das combinações;
- *SPG integrado (SPGI)*, ou SPG que fornece um único equipamento integrado que desempenha as funções de PG, TC, TO, TP, cada um atendendo as respectivas normas de referência, conforme cada caso.

A *CEI 0-16* também apresenta algumas verificações a serem realizadas, que envolvem transformadores/transdutores com o objetivo de garantir o funcionamento do SPG no campo de interesse das grandezas de falha.

Para usuários em média tensão, até 5 tipos diferentes de dispositivos TC, TP e TO podem ser inseridos na janela *Editar usuários*, útil para converter as grandezas de entrada (tensão ou corrente) em um sinal adequado para proteção geral (PG).

Ativando a caixa de seleção, as seções dedicadas ao respectivo transformador de proteção/medição são ativadas. Ao clicar no ícone [...], a janela de propriedades do TC/TP é aberta, onde é possível editar e alterar os parâmetros do transdutor ou importar o transdutor do arquivo. A presença e a

Transformadores de corrente e potencial	Nº:	SNR:	Carga efetiva do TC
<input checked="" type="checkbox"/> TC	3	SNR: ARJP1/N1J 400/5 A 40kA; 400 A / 5 A; 15 VA; SP10	5m x 4mm²; 1 VA
<input type="checkbox"/> TC	0		
<input type="checkbox"/> TP fase-fase	0		
<input checked="" type="checkbox"/> TP fase-terra	3	SNR: VRQ1/S2 13800/√3 V 17.5 kW; 13800/√3 V / 110/3 V-110	
<input checked="" type="checkbox"/> TO	1	100 A / 1 A; 7.5 VA; 5P20	5m x 4mm²; 1 VA

quantidade de transformadores de proteção/medição associados ao usuário são indicadas através de sua designação na malha do projeto. No caso de uma falha, os transformadores de corrente inseridos devem ser capazes de gerar um sinal proporcional ao sinal de entrada que seja confiável e possa ser processado pela proteção. Os respectivos transformadores podem ser caracterizados por saturação no caso de um dimensionamento incorreto do sistema de proteção geral (SPG), causando assim um gerenciamento incorreto das intervenções nos casos mencionados. Para transformadores de corrente, existe a possibilidade de especificar o tamanho da carga conectada aos terminais do secundário, constituído pelo consumo do relé e nos cabos de conexão deste último. Dessa forma, as verificações mencionadas pela CEI 0-16 podem ser implementadas corretamente, dada a integridade dos dados fornecidos.

Controle da linearidade dos TCs de proteção

Duas verificações foram implementadas para verificar se a saída do sinal dos TCs e/ou TOs indutivos estão de acordo com norma. Na primeira seção do painel é exibido o cálculo do *Fator limite de precisão efetivo* (F'_1), através do qual é possível determinar a corrente limite do primário, sobre o qual o TC não garante mais o comportamento linear. O cálculo é repetido para cada transformador de proteção presente no projeto; no caso de um resultado negativo dessa verificação é indicado em vermelho, referente ao TC selecionado.

Na segunda seção do painel, por outro lado, foi introduzido a verificação do *fluxo de saturação*.

Para cada TC e para todas as falhas que podem ocorrer (dependendo do tipo de circuito) no usuário selecionado, o software realiza a análise mencionada acima. Uma vez calculado o fluxo funcionamento nos momentos próximos ao curto-circuito, é avaliado, a cada momento, se for maior ou menor que o fluxo de saturação (característica do TC em questão). Quando isso acontece, a corrente lida no secundário é igual a zero e, portanto, o sinal de saída do TC é distorcido. Como pode ser visto no gráfico da figura, a corrente de entrada é representada em azul enquanto a corrente no secundário é representada em verde (isto é, sem levar em consideração a relação de transformação). Em

relação aos TO, por outro lado, a verificação do fluxo se aplica apenas à falta de fase-terra.

As informações apresentadas na figura levam em consideração os resultados das verificações individuais. Resultados positivos, erros e avisos são relatados em verde, vermelho e amarelo.

De acordo com a CEI 0-16, os *TCs lineares* podem ser distinguidos dos *TCs não lineares*. No caso de *TCs lineares* (Classe 5P), se a saturação ocorrer dentro de *10 ms* da falha, a confiabilidade do acoplamento entre o TC-PG é perdida, o resultado da análise é negativo e, portanto, é relatado um erro (VERMELHO). Pelo contrário, se o TC sempre trabalha no campo linear ou saturado após *10 ms*, o resultado é positivo (VERDE).

Essas considerações também se aplicam aos TCs automaticamente adequados mencionados na norma. Na hipótese de TCs não lineares, no entanto, no caso de um resultado negativo da verificação, um aviso (AMARELO) é gerado em vez de um erro. De fato, seguindo o proposto pela CEI 0-16, para TCs não lineares, as verificações descritas acima não são suficientes para garantir o uso correto do transformador de proteção; também são fornecidos testes funcionais para certificar e garantir a qualidade do acoplamento entre TC-PG.

Similar ao que foi mencionado para o TC, a CEI 0-16 define *TO automaticamente adequado* e *TO automaticamente não adequado*. A verificação de saturação verifica se, para faltas à terra monofásicas, o núcleo ferromagnético não é saturado após *100 ms* (valor configurável). O sinal de saída dos transformadores de corrente toroidal pode, portanto, ser considerado confiável para as proteções (VERDE). Caso contrário, como para TCs não lineares, um aviso (AMARELO) é gerado. De fato, a normativa, mesmo sob essas hipóteses, prevê que testes funcionais sejam realizados para garantir o uso correto do TO.

Determinação limite de linearidade do TC-Indutivo

TC[1]: ARJP1/N1J 400/5 A 40kA
 TC[1]: ARJP2/N2J 100/5-5 A 40kA
 TO[1]: 100 A / 1 A; 2 VA; 5P20

Proteção

Potência dissipada secundário TC: 9,116 VA

Eficiência nominal 7,5 VA

Carga efetiva: 1,752 VA

Fator limite de precisão nominal: 20

Fator limite de precisão efetiva: F'_1

$$F'_1 = 20 \times \frac{9,116 + 7,5}{9,116 + 1,752} = 31$$

$F'_1 \times I_1 \geq I_{km \max}$

$31 \times 400 \text{ A} = 12,4 \text{ kA} \geq 4,55 \text{ kA}$

