

DESENVOLVIMENTO DE UM SOFTWARE PARA APOIO NA PARAMETRIZAÇÃO DE RELÉS E CRIAÇÃO DE COORDENOGRAMA

Gabriela Santos Martins Soares Souto¹; Jociene dos Santos Rangel²; Adan Lucio Pereira³

1. Engenheira Eletricista pela Faculdade Brasileira – Multivix Vitória.
2. Técnica em Eletrotécnica; Engenheira Eletricista pela Faculdade Brasileira – Multivix Vitória.
3. Engenheiro de Computação, Mestre em Energia; Docente das Engenharias na Faculdade Brasileira – Multivix Vitória.

RESUMO

Os sistemas elétricos possuem como premissa a utilização eficiente dos recursos energéticos e da infraestrutura de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Neste sentido, a função de uma subestação de energia elétrica (SEE) é acomodar os condutores e equipamentos necessários para transformação dos níveis de tensão, permitir manobras no fluxo de energia, e proteção à instalação e às pessoas em caso de falhas. Motivado pela importância do dimensionamento adequado de uma SEE, o presente trabalho tem como objetivo principal, apresentar o desenvolvimento de um programa para parametrização das funções 50/50N Sobrecorrente Instantânea de Fase e Neutro, e 51/51N Sobrecorrente Temporizada de Fase e Neutro. Para isso, foi implementada uma planilha que servirá de entrada para dos parâmetros específicos da instalação, os quais são fornecidos pela concessionária e escolhidos pelo projetista responsável, o produto gerado pela inserção desses elementos consiste nos parâmetros de coordenação dos relés e um gráfico de coordenograma. No memorial descritivo final também é disponibilizado o gráfico de coordenograma, em escala logarítmica, que facilita a visualização das curvas IEC, os pontos ANSI que foram definidos e o gráfico da corrente de curto-circuito trifásica assimétrica, garantindo a seletividade e proteção da instalação. Desta forma, a apresentação deste programa pode ser vista como um mecanismo útil para a tomada de decisão a respeito da elaboração de projetos vinculados ao dimensionamento de uma SSE. O programa foi validado com testes em diversos cenários e obteve êxito na execução e elaboração dos parâmetros de saída.

Palavras-chave: Subestação; Parametrização; Coordenograma.

ABSTRACT

The electric systems are based on the efficient use of energy resources and the infrastructure for the electrical energy generation, transmission and distribution. In this sense, the function of an electrical power substation (EPS) is to accommodate the conductors and necessary equipment to transform the voltage levels, to allow maneuvers into the energy flow, and to protect the installation and the people in case of failures. Motivated by the importance of the proper dimensioning of an ESE, the present work has as main objective, to present the development of a program for parameterization of the functions 50/50N Phase and Neutral Instantaneous Overcurrent and 51/51N Phase and Neutral Temporized Overcurrent. For that, a spreadsheet was implemented that will serve as input for the specific parameters of the installation, which are provided by the energy dealership and chosen by the responsible designer, the product generated by the insertion of these elements consists of the coordination parameters of the relays and a coordinogram chart. In the final descriptive memo, the coordinogram chart is also available, on a logarithmic scale, which facilitates the visualization of the IEC curves, the ANSI points which were defined and the asymmetric three-phase short-circuit current, assuring the selectivity and protection of the installation. In this way, the presentation of this program can be seen as a useful mechanism for the decision making regarding the elaboration of projects related to the dimensioning of an SSE. The program was validated with tests in several scenarios and was successful in the execution and elaboration of the output parameters.

Keywords: Substation; Parameterization; Coordinogram.

1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica é considerada como um ingrediente fundamental para a economia e inserção social. Tratar a energia como um bem público e determinar a entrega de um serviço de qualidade ao consumidor final são fatores relevantes quando se discute o desenvolvimento do setor energético de qualquer país. O desenvolvimento na matriz energética de um país, é fundamental para seu desenvolvimento econômico e social (CHAVES et al, 2016).

O Brasil possui uma malha energética com aproximadamente 160 milhões de kW, composta em sua maioria de centrais hidrelétricas, centrais termoelétricas e outras formas de geração de energia, onde ainda possui aproximadamente 10 milhões de kW em 216 empreendimentos de geração de energia em construção e mais 10 milhões de kW em 385 empreendimentos previstos para a construção nos próximos anos (ANEEL, 2016).

De maneira geral, os sistemas elétricos têm por finalidade básica entregar a energia elétrica aos consumidores finais, sendo assim, os três principais seguimentos, geração, transmissão e distribuição, operam de forma interligada e o planejamento de uma dessas áreas gera consequências para as demais. Dentre os componentes associados a esses sistemas, merecem destaques, quanto ao planejamento energético, as linhas de transmissão e as subestações. Uma subestação consiste em uma instalação que envolve um conjunto de equipamentos responsáveis por distribuir uma capacidade de energia elétrica a determinados circuitos e equipamentos, além de monitorar as cargas alimentadas com a finalidade de fornecer controle e proteção dessas cargas (KAGAN; OLIVEIRA; ROBBA, 2010).

As subestações são divididas em 3 sistemas, sistema de proteção, sistema de controle e supervisão e o sistema de telecomunicações, responsável por conectar os outros dois sistemas bem como interligar a subestação à outras subestações e ao centro de comando, e normalmente, os sistemas de proteção se resumem aos relés (HENRIQUE; BARRETO, 2013).

Segundo a normativa da Energias de Portugal (EDP; antiga denominação

Electricidade de Portugal) que rege padrões técnicos para o fornecimento de energia elétrica em tensão primária de distribuição, para o projeto de uma subestação ser aceito o mesmo precisa contemplar relés de proteção, afim de promover o desligamento das cargas ao menor sinal de sobrecorrente de fase instantânea, fase temporizada, residual instantânea, residual temporizada (EDP, 2018). Uma resolução técnica da *edp* que entrou em vigor no dia 16/03/2018 informa que a partir da data da mesma, o relé de proteção deve ser comissionado de forma que seja impossível a alteração de sua parametrização local ou remota e que a concessionária poderá realizar inspeções, bem como, solicitar laudo técnico de ajuste e lacração dos relés nos valores determinados (EDP, 2018).

Inserindo-se nesta problemática, o presente projeto se objetiva em desenvolver um sistema que forneça como produto final, um memorial de cálculo com a parametrização do relé de proteção com a finalidade de garantir qualidade, estabilidade ao circuito e equipamentos, bem como atender a normatização referente ao dimensionamento de subestações.

2 SUBESTAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

No Brasil, com o objetivo de normatizar e padronizar as atividades técnicas relacionadas ao funcionamento e desempenho dos sistemas de distribuição de energia elétrica, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), por meio da Resolução Normativa nº 345, de 16 de dezembro de 2008 (ANEEL, 2008), aprovou os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST, em 2015 os procedimentos foram revisados conforme a Resolução Normativa nº 664, de 16 de junho de 2015 (ANEEL, 2015).

O PRODIST tem como objetivo principal reunir as normas de funcionamento da distribuição de energia, abrangendo assuntos relativos às redes, em módulos de estudo. A regulamentação da qualidade do serviço de fornecimento de energia elétrica estabelecido pela ANEEL está contida no Módulo 8 do PRODIST e o Planejamento da Expansão do Sistema de Distribuição está no Módulo 2. Neste sentido, uma Subestação de Energia Elétrica (SEE) pode ser definida, segundo o módulo um PRODIST, como uma instalação que contém um conjunto de equipamentos elétricos

de transformação, proteção, medição e manobra, para transformação de grandezas elétricas em média e alta tensão.

Uma SSE é composta por Transformadores de Potência (TP), que assegura a transformação da alta tensão para média tensão, além de ser o mais dispendioso. Há o Transformador de Tensão (TT), que transforma a tensão real em tensão medida, e dá a imagem da tensão que existe no enrolamento primário e esse valor é monitorado pelas unidades de proteção. O Transformador de Corrente reproduz no seu secundário uma amostra da corrente que circula no primário, com proporções definidas, sem alterar sua posição vetorial, de forma a viabilizar o sistema de medição. (QUEIRÓS, 2013)

Os Relés são dispositivos micro processados utilizados para fazer a proteção do sistema, percebem perturbações na rede e mandam alertas para os operadores e sinais para abertura dos disjuntores, isolando a falta e garantindo a estabilidade, confiabilidade e segurança da subestação, são considerados os equipamentos mais importantes para proteção de uma SEE. (MIRANDA et al., 2017)

Também são equipamentos principais numa SEE os Disjuntores, que protegem de curto-circuito ou sobrecargas; os Seccionadores, que são equipamentos de abertura de linha visíveis, mas que não possuem poder de corte de carga; os Isoladores, que afastam eletricamente os barramentos de alta tensão, linhas, e outros equipamentos que carregam tensão das estruturas que os suportam; além dos condutores e equipamentos de comando que controlam a subestação, composto de comando local, unidades de proteção e equipamentos auxiliares ao funcionamento da SEE. (QUEIRÓS, 2013). Neste contexto, as SEEs podem ser classificadas quanto a função e quanto ao tipo construtivo.

2.1 Classificação das Subestações Quanto à Função

Mamede Filho (2007) em seu livro Instalações Elétricas Industriais classifica as subestações quanto a sua função:

a) Subestação Central de Transmissão: Eleva os níveis de tensão na geração para

transmitir a energia gerada nas linhas de transmissão por grandes distâncias.

b) Subestação Receptora de Transmissão: Existe próxima a centros de cargas e está conectada às subestações intermediárias ou subestações centrais através das linhas de transmissão.

c) Subestação de Subtransmissão: Supre diretamente os transformadores de distribuição e as subestações consumidoras.

d) Subestação Consumidora: Está localizada dentro de propriedade particular e recebe energia advinda das subestações de subtransmissão em seus condutores primários, e supre o ponto final de consumo.

2.2 Classificação quanto ao Tipo Construtivo

a) Subestação em Alvenaria: Mais comum na indústria, apresenta custo construtivo baixo, embora seja necessária uma área construtiva grande. Mais comuns são as que possuem ramal de entrada subterrânea, por torná-la menor, porém é possível usar a altura da construção existente para projetar um ramal aéreo, se esta for maior que 6 metros. Sua cobertura deve ser em placa de concreto armado, resistente a infiltração de água e intempéries.

b) Subestação Externa ou a Céu Aberto: São construídas ao ar livre, com equipamentos e máquinas próprios para funcionamento em condições atmosféricas adversas e tem ar como meio isolante entre os equipamentos.

c) Subestação em Cabine Metálica ou Blindada: Todos os equipamentos estão em invólucro metálico, em que o isolamento pode ser feito à óleo ou gás hexafluoreto de enxofre (SF₆). A subestação blindada requer equipamentos capazes de manusear o SF₆, além de uma equipe especializada em manobras supervisionadas apenas por instrumentos.

3 REGULAMENTAÇÃO DAS SUBESTAÇÕES

As normas consultadas para confecção da planilha de parametrização seguem listadas no Quadro 01.

NORMA/PADRÃO	TÍTULO	DESCRIÇÃO
--------------	--------	-----------

TÉCNICO		
ABNT NBR 5410	Instalações Elétricas de Baixa Tensão	Estabelece as condições que devem satisfazer as instalações de baixa tensão a fim de garantir a segurança de pessoas e animais, o funcionamento adequado da instalação e a conservação dos bens
ABNT NBR 14039	Instalações Elétricas de Média Tensão de 1kV a 36,2 kV	Estabelece um sistema para o projeto e execução de instalações elétricas de média tensão, com tensão nominal de 1,0 kV a 36,2 kV, à frequência industrial, de modo a garantir a segurança e continuidade de serviço.
NR 10	Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade	Estabelece requisitos e condições mínimas de implementação de medidas e sistemas de controle preventivo de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade.
PT.DT.PDN.03.14.001	Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Primária de Distribuição	Estabelece critérios, condições gerais e limites de fornecimento de energia elétrica em tensão de distribuição primária na área de concessão da <i>edp</i> Espírito Santo para instalações novas, bem como em reformas e ampliações de unidades existentes.

Quadro 1 - Consumo de Energia Elétrica no Brasil

Fonte: Elaborado pelos Autores

4 PARAMETRIZAÇÃO DE RELÉS EM SUBESTAÇÕES CONSUMIDORAS

Segundo o Padrão Técnico *edp* Espírito Santo para Fornecimento em Tensão Primária (2018), a escolha do tipo de SEE deve ser feita baseada na quantidade e potência dos transformadores a serem instalados e de acordo com as opções do cliente. Este padrão técnico foi reformulado em 2018 e na sua quarta versão prevê que as subestações de alvenaria serão aceitas somente até primeiro de março de 2019, e após esta data, somente conjuntos blindados ou subestações simplificadas em postes únicos serão aceitas.

A NBR 14039 (2005) afirma que o dispositivo de proteção geral situado entre o ponto de entrega e a origem da instalação com capacidade de potência instalada menor ou igual a 300 kVA, deve ser realizada por meio de um disjuntor acionada por meio de

relés secundários com as funções 50 e 51 de sobrecorrente fase e neutro, ou por meio de chave seccionadora ou fusível, sendo neste caso a proteção da baixa tensão será realizada por meio de um disjuntor. Caso a capacidade instalada seja maior do que 300 kVA, a proteção geral deverá ser feita exclusivamente por disjuntor acionado por relé secundário descrito acima.

Os dispositivos de proteção devem ser capazes de interromper qualquer sobrecorrente menor ou igual a corrente de curto-circuito introduzida nos parâmetros dos relés. Se forem usados relés micro processados, digitais ou autoalimentados, uma fonte de energia secundária com autonomia de duas horas deve estar disponível no caso de falta de energia. O sistema de proteção deve sempre permitir coordenação com a proteção da concessionária de energia de modo a permitir a seletividade. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005)

Para o Padrão Técnico de Fornecimento de Tensão Primária (2018), o relé de sobrecorrente deve possuir dispositivo para lacração, e estes devem possuir meios que impeçam a alteração da sua parametrização em caso de inspeção da instalação consumidora, e a concessionária exigirá um laudo técnico e Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) contendo os dados de parametrização, e no momento da inspeção de ligação lacrará os relés nestes valores pré-determinados.

Por conta de todos esses fatores, se mostra necessário ao projetista de uma subestação consumidora uma ferramenta que permita a parametrização das funções exigidas com assertividade e confiabilidade, de modo a evitar transtornos futuros que causem defeitos aos equipamentos da instalação, trabalhadores envolvidos e ao cliente.

5 METODOLOGIA

A definição dos passos necessários para sintetizar as informações da literatura e então apresentar argumentos válidos para o desenvolvimento dos sistemas de energia, frente a parametrização das funções necessárias para gerar um memorial descritivo de cálculos associados ao dimensionamento de uma subestação, necessita de ser organizada segundo os termos técnicos da metodologia científica. Dessa

forma, a natureza da pesquisa deste trabalho pode ser classificada como aplicada ou prática, pois, segundo Gil (2002) essa categoria de pesquisa busca gerar conhecimentos para aplicação prática dirigida à solução de problemas específicos, que no caso deste trabalho consiste em mapear, categorizar e desenvolver um sistema que permita gerar soluções de tomada de decisão quanto aos sistemas vinculados a configuração de subestações. Já os procedimentos metodológicos, seguem os princípios de uma abordagem qualitativa, com um método científico indutivo e um objeto de estudo exploratório.

Os parâmetros introduzidos, a respeito da instalação, são a demanda contratada, a relação de transformação do transformador de corrente (TC), o fator de potência da instalação que é definido por normas da concessionária, e a corrente nominal da instalação (I_n), vistos na Figura 1.

Dados do Fornecimento		
Demanda Contratada	0	kW
T.C	0	
Fator de Potência	0,00	
Tensão	11,40	kV
Corrente Nominal (I_n)	#DIV/0!	A

Figura 1 - Dados de Fornecimento

Fonte: Elaborado pelos Autores

Os parâmetros fornecidos pela concessionária são referentes à rede principal, e a corrente de curto-circuito (I_{cc}) trifásico simétrica no ponto de entrega, estes podem ser vistos nas Figura 2 e Figura 3.

TIPO	I	
I_{CC-FTI} :	163 A	CORRENTE CC FASE-TERRA COM IMPEDÂNCIA
I_{CC-FT} :	4.801 A	CORRENTE CC FASE-TERRA
I_{CC-FF} :	5.157 A	CORRENTE CC FASE-FASE
I_{CC-3FS} :	5.955 A	CORRENTE CC TRIFÁSICA SIMÉTRICA
I_{CC-3FA}	7563 A	CORRENTE CC TRIFÁSICA ASIMÉTRICA
$I_{CC-3FA} = 7563 A$		

Figura 2 - Dados Fornecidos Referentes À Rede Para Uma Instalação em Jardim Camburi, Vitória-ES

Fonte: Elaborado pelos Autores

Dados fornecidos pela Concessionária		
Alimentador	CAB03	
Equipamento		
Modelo		
Tipo		
Curva a ser Utilizada	MI	
CC no ponto de entrega Fase	5955	A
CC no ponto de entrega Neutro	4801	A

Figura 3 - Dados fornecidos pela Concessionária

Fonte: Elaborado pelos Autores

A critério do projetista será escolhida a curva IEC do relé, onde numa tabela auxiliar serão mostrados os tempos de disparo para a curva escolhida. Em um quadro auxiliar devem ser introduzidas as potências instaladas nos transformadores, onde são calculadas sua I_n , I_{rush} a impedância porcentual e o ponto ANSI. O quadro é apresentado na Figura 4.

Características dos transformadores					
Trafos	Pot.	I_n	I_{rush}	Z%	ANSI
T1	0	0,00	0,00	5,00	0,00
T2		0,00	0		0
T3		0,00	0		0
Total	0				0,00
	I_{max}	0,00			
	I_{rush}		0,00		

Figura 4 - Características dos Transformadores

Fonte: Elaborado pelos Autores

As somas de todos os transformadores da instalação devem ser inseridas no programa, o qual fornece a corrente de magnetização (I_{mag}), o ponto ANSI de fase e neutro que são a máxima corrente que o transformador pode suportar por um determinado período de tempo e a I_n do transformador, como é apresentado na Figura 5.

Corrente de partida de Fase (ip)		
Ip	#DIV/0!	A
Imag na partida	0	A
Corrente Partida de Neutro(Ipn)		
Ipn	#DIV/0!	A
Imag na partida	0,00	A
Parâmetros de Relé		
Função 50-Sobrec. Inst.Fase		0
Função 51-Sobrec.Temp.Fase		####
Função 50N-Sobrec. Instant. Neutro		0,00
Função 51N-Sobrec.Temp.Neutro		####

Figura 5 - Dados das Funções 50/51 e 50N/51N

Fonte: Elaborado pelos Autores

Como em algumas células são utilizadas fórmulas com parâmetros que no momento estão zerados, o Excel sinaliza a divisão por zero. Essas fórmulas utilizadas são descritas no Anexo D do Padrão Técnico *edp*, onde é apresentado o modelo de estudo de proteção para o relé secundário, também aparecem no Apêndice A deste trabalho, que apresenta o memorial final do programa. A corrente I_p identifica o ponto em que o relé começará a se sensibilizar para sobrecorrente e começará a contar tempo de acordo com a curva IEC escolhida e atuará se o tempo for superior ao indicado na curva no ponto de operação, caracterizando a função temporizada 51. A função instantânea de fase deverá ser escolhida levando em consideração o menor valor que não provoque a atuação indevida do relé, sendo superior no máximo 10% de I_{mag} . No coordenograma o ajuste instantâneo não pode ser superior ao menor valor de curto-circuito, e ao ponto ANSI do menor transformador. Estes ajustes deverão ser feitos para fase, e para neutro com as funções 50N/51N considerando os valores relativos à proteção do neutro.

No memorial descritivo final também é disponibilizado o gráfico de coordenograma, em escala logarítmica, que facilita a visualização das curvas IEC, os pontos ANSI que foram definidos e o gráfico da corrente de curto-circuito trifásica assimétrica, garantindo a seletividade e proteção da instalação.

Desta forma, a apresentação deste programa pode ser vista como um mecanismo útil para a tomada de decisão a respeito da elaboração de projetos vinculados ao dimensionamento de uma SSE.

6 RESULTADOS

Foram realizadas duas simulações no sistema desenvolvido, com uma demanda desejada, fator de potência e o transformador especificado para aquela demanda com parâmetros de acordo com as definições da *edp*.

Na primeira simulação a partir da demanda desejada (P_d) de 410 kW e utilizando o fator de potência (F_p) 0.92, foi definido um Transformador de 500kva. A partir dos dados do transformador, tensão de alimentação e parâmetros da rede, foram calculados e obtidos os parâmetros de acordo com a tabela apresentada na Figura 6. A curva do ponto ANSI do relé está definida na Figura 7.

RELÉ:	URPE 7104	MARCA:	PEXTRON
TC		GRÁFICO	
PARÂMETRO	VALOR	PARÂMETRO	VALOR
01 - ESPECIFICAÇÃO	400/5	03 - Iamostragem (A)	10.000
02 - RTC	80	04 - Tamostragem (s)	30
FASE		NEUTRO	
05 - Ipf	24	09 - Ipn	4,80
06 - CURVA	MI	10 - CURVA	MI
07 - dt	0,1	11 - dt	0,1
08 - Iif	278	12 - Iin	42

Figura 6 - Tabela de Ajuste do Relé de Proteção

Fonte: Elaborado pelos Autores

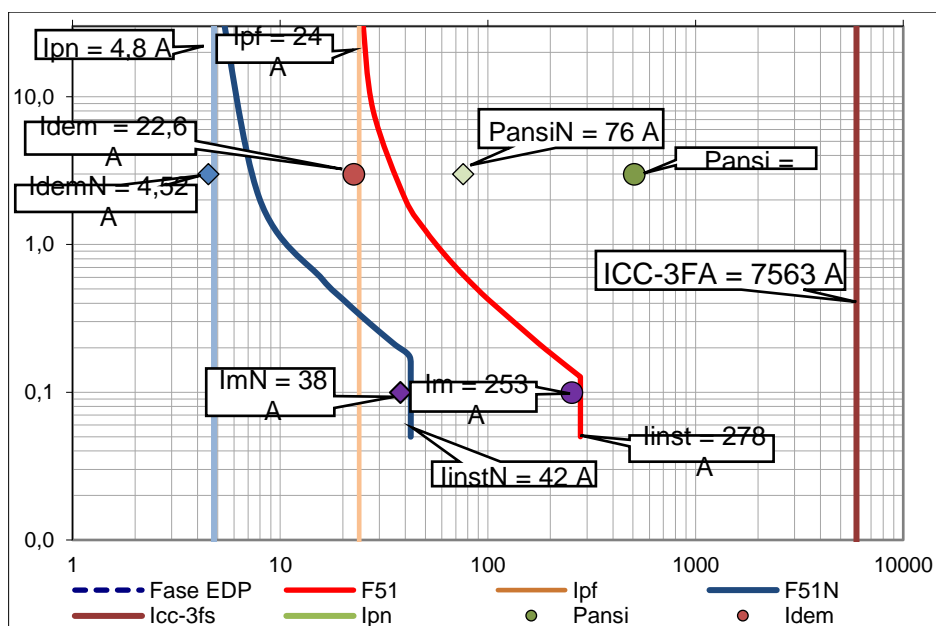


Figura 7 - Coordenograma referente a Simulação 1

Fonte: Elaborado pelos Autores

Em uma segunda simulação usando-se uma demanda desejada (P_d) de 715 kW e mantendo-se o fator de potência (F_p) 0.92, desta vez ficou definido um transformador de 750kVA, assim como no primeiro caso mantendo suas correntes CC de acordo com os valores pré-definidos pela concessionária. Os valores calculados para as parametrizações estão apresentados na tabela apresentada na Figura 8. A curva do ponto ANSI do relé para essa nova simulação está definida na Figura 9.

RELÉ:	URPE 7104	MARCA:	PEXTRON
TC	GRÁFICO		
PARÂMETRO	VALOR	PARÂMETRO	VALOR
01 - ESPECIFICAÇÃO	400/5	03 - amostragem (A)	10.000
02 - RTC	80	04 - Tamostragem (s)	30
FASE	NEUTRO		
05 - I_{pf}	43	09 - I_{pn}	8,60
06 - CURVA	EI	10 - CURVA	EI
07 - dt	0,1	11 - dt	0,1
08 - I_{lif}	418	12 - I_{lin}	63

Figura 8 - Tabela de Ajuste do Relé de Proteção

Fonte: Elaborado pelos Autores

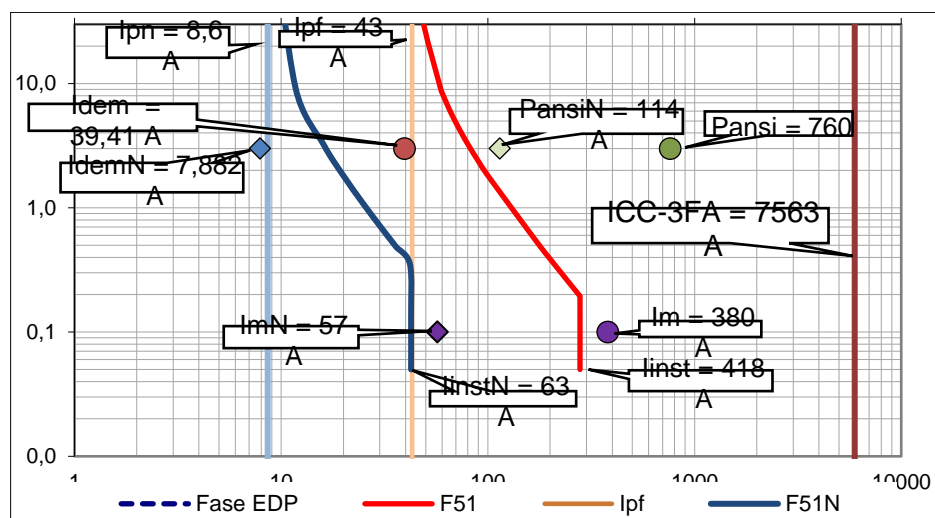


Figura 9 - Coordenograma referente a Simulação 2

Fonte: Elaborado pelos Autores

O sistema também gera automaticamente um memorial para a parametrização do relé de proteção com as informações de dados preliminares, cálculos das correntes e Ponto ANSI, cálculo do TC, ajustes das funções para o relé de proteção, o qual pode ser verificado no Apêndice A referente a primeira simulação descrita nos resultados.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento aqui proposto do programa para parametrização das funções 50/50N Sobrecorrente Instantânea de Fase e Neutro, e 51/51N Sobrecorrente Temporizada de Fase e Neutro se mostrou viável, oferecendo como resultado um Memorial de Cálculo incluindo o Coordenograma, a partir dos parâmetros específicos da instalação, fornecidos pela concessionária e escolhidos pelo projetista responsável, conforme foi apresentado na seção Resultados, baseado em duas simulações distintas.

Com a falta de programas similares com um custo acessível no mercado, tal programa é importante no dimensionamento de relés de proteção e geração de coordenogramas, uma vez que automatiza todo processo de cálculo, facilitando o trabalho do profissional da área e evitando erros de cálculo no processo, aumentando, portanto, a confiabilidade dos resultados.

Sendo assim, o presente trabalho alcançou os resultados esperados, podendo inclusive ser aperfeiçoado em trabalhos futuros, como inserção de uma base de dados com parâmetros de transformadores da concessionária, ou até mesmo um sistema que funcione independentemente de um programa de planilhas eletrônicas (Excel).

REFERÊNCIAS

ANEEL. Capacidade de Geração do Brasil [Generation Capacity of Brazil].

Disponível em:

<<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>.

Acesso em: 10 out. 2018.

- CHAVES, G. L. D.; TOSTA, M. de C. R. et al. **Gestão de Sistemas de Energia**. 1. ed. Curitiba: Editora CRV, 2016. v. 1. 350p.
- EDP. **PADRÃO TÉCNICO - FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA EM TENSÃO PRIMÁRIA DE DISTRIBUIÇÃO**. p. 181, 2018.
- HENRIQUE, L.; BARRETO, B. **Sistemas De Proteção, Controle E Supervisão Em Subestações De Energia Elétrica**. Rio de Janeiro, 2013. 62 p.
- KAGAN, N.; OLIVEIRA, C. C. B. DE; ROBBA, E. J. **Introdução aos Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica**. 2. Ed. São Paulo: Blucher, 2010.
- MIRANDA, T. et al. **ANÁLISE DE UMA SUBESTAÇÃO ELÉTRICA FRENTE ÀS NORMAS REGULAMENTADORAS**. Vitória, 2017. 16 p.
- QUEIRÓS, M. **Eficiência Energética na Iluminação Pública**. Porto, 2013.
- Disponível em:
<http://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/6149/1/DM_MariaJoaoQueiros_2013_MES.pdf>. Acesso em: 10 out. 2018.
- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 345, de 16 de dezembro de 2008**. Aprova os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional - PRODIST, e dá outras providências. Disponível em <<http://www2.aneel.gov.br>> Acesso em out 10, 2018.
- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 664, de 16 de junho de 2015**. Aprova alteração dos Módulos 1, 6 e 8 dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST. Disponível em <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2014/052/resultado/ren_2015_664.pdf> Acesso em out 10, 2018.
- GIL, A. C. **Como elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR-5410- Instalações Elétricas em Baixa Tensão**. Rio de Janeiro ABNT, 2001
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR-14039- Instalações Elétricas de Média Tensão de 1,0 kV a 36,2 kV**. Rio de Janeiro ABNT, 2005
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Nr-10 - Segurança Em Instalações E Serviços Em Eletricidade**. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, Disponível em <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR10.pdf>>. Acessado em 20 de maio de 2018.
- MAMEDE FILHO, J. **Instalações Elétricas Industriais**. 9. ed. LTC: Atlas, 2017.

APÊNDICE

APÊNDICE A - MEMORIAL DE CÁLCULO SIMULAÇÃO 1

MÉMORIAL DE CÁLCULO - PARAMETRIZAÇÃO DO RELÉ DE PROTEÇÃO

1 DADOS DA UNIDADE CONSUMIDORA

CLIENTE:

CNPJ:

INSC. ESTADUAL:

INSTALAÇÃO:

ALIMENTADOR:

VIABILIDADE:

ENDEREÇO:

BAIRRO:

CIDADE:

CEP:

UF:

COMP.:

2 DADOS PRELIMINARES

DEMANDA
$P_d = 410 \text{ kW}$
$F_p = 0,92$

TRANSFORMADORES		
TRAFO	POT. (kVA)	Z%
T1	500	5,00

CORRENTES CC	
TIPO	I(A)
ICC-FTI:	163
ICC-FT:	4801
ICC-FF:	5157
ICC-3FS:	5955
ICC-3FA	7563

TENSÃO
$V = 11,4 \text{ kV}$

3 CÁLCULOS

3.1 CORRENTE DEMANDADA (I_d)

$$I_d = \frac{P_d}{\sqrt{3} \cdot V \cdot F_p} = \frac{410}{1,732 \cdot 11,4 \cdot 0,92} = \mathbf{22,60 \text{ A}}$$

3.2 CORRENTE NOMINAL DO TRANSFORMADOR (I_n)

$$T1: I_n = \frac{P_{traf}}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{500}{1,732 \cdot 11,4} = \mathbf{25,35 \text{ A}}$$

3.3 CORRENTE DE MAGNETIZAÇÃO (I_{mag})

$$I_{mag} = 10 \cdot I_n = 10 \cdot 25,35 = \mathbf{253,52 \text{ A}}$$

3.4 PONTO ANSI (P_{ansi})

$$P_{ansi} = \frac{100 \cdot I_n}{Z_{\%}} = \frac{100 \cdot 25,35}{5,00} = \mathbf{507,05 \text{ A}}$$

3.5 TEMPO ANSI (T_{ansi})

$$T_{ansi} = \frac{Z_{\%}^2}{8} = \frac{5^2}{8} = 3,125 \text{ s}$$

3.6 CÁLCULO DO TC (RTC)

O transformador de corrente (TC) deve ser capaz de medir a máxima corrente de curto circuito da barra do alimentador. Sabendo que a corrente de saturação do TC é de aproximadamente 20 vezes a relação de transformação no primário (R_p), para a relação de 5A no secundário, temos:

$$R_p = \frac{I_{cc-3fa}}{20} = \frac{7563}{20} = 378,15$$

$$R_p \text{ adotado} = 400$$

$$I_{sat} = 20 \cdot R_p = 8000 \text{ A} > 7563 \text{ A}$$

TC
400/5

RTC
80

4 AJUSTES

4.1 FUNÇÃO 51 - SOBRECORRENTE TEMPORIZADA DE FASE ($I_{pick \text{ up fase}}$ OU I_{pf})

$$I_{pf} = 1,1 \cdot I_d = 1,1 \cdot 22,6 = 24,86 \text{ A}$$

CURVA: MI
dt= 0,1

$$I_{pf} \text{ adotado} = 24,00 \text{ A}$$

4.1 FUNÇÃO 51N - SOBRECORRENTE TEMPORIZADA DE NEUTRO ($I_{pick \text{ up neutro}}$ OU I_{pn})

$$I_{pn} = 0,2 \cdot I_{pf} = 0,2 \cdot 24 = 4,80 \text{ A}$$

CURVA: MI
dt= 0,1

$$I_{pn} \text{ adotado} = 4,80 \text{ A}$$

4.1 FUNÇÃO 50 - SOBRECORRENTE INSTANTÂNEA DE FASE ($I_{inst \text{ fase}}$ OU I_{if})

$$I_{if} = 1,1 \cdot I_{mag} = 1,1 \cdot 507,05 = 278,88 \text{ A}$$

$$I_{if} \text{ adotado} = 278,00 \text{ A}$$

4.1 FUNÇÃO 50 - SOBRECORRENTE INSTANTÂNEA DE NEUTRO ($I_{inst \text{ neutro}}$ OU I_{in})

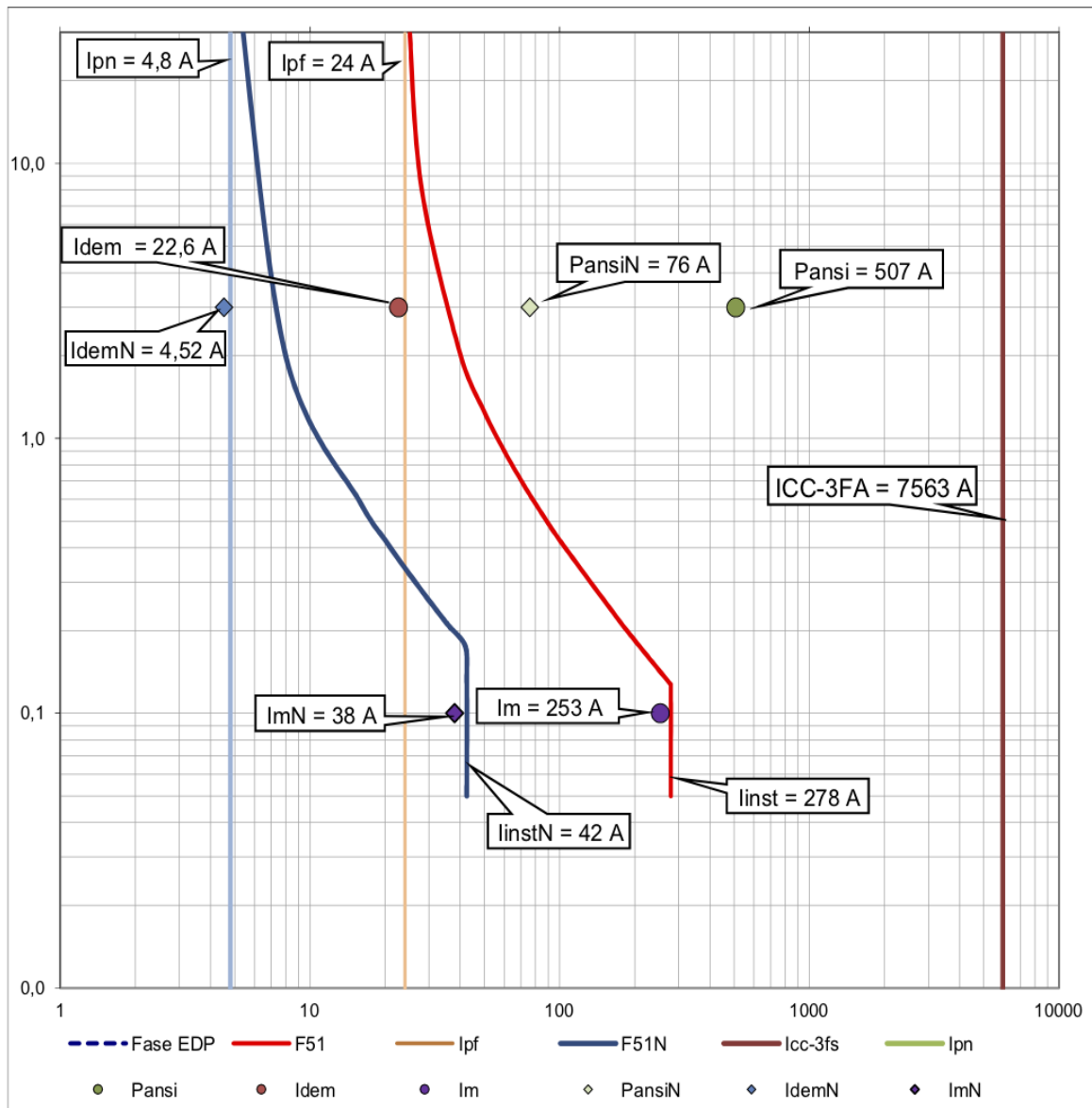
$$I_{in} = 0,15 \cdot I_{if} = 0,15 \cdot 278 = 41,70 \text{ A}$$

$$I_{in} \text{ adotado} = 41,70 \text{ A}$$

5 TABELA DE AJUSTES

RELÉ:	URPE 7104	MARCA:	PEXTRON
TC		GRÁFICO	
PARÂMETRO	VALOR	PARÂMETRO	VALOR
01 - ESPECIFICAÇÃO	400/5	03 - Iamostragem (A)	10.000
02 - RTC	80	04 - Tamostragem (s)	30
FASE		NEUTRO	
05 - I _{pf}	24	09 - I _{pn}	4,80
06 - CURVA	MI	10 - CURVA	MI
07 - dt	0,1	11 - dt	0,1
08 - I _{if}	278	12 - I _{in}	42

6 COORDENOGRAMA



Vitória, 22 de outubro de 2018

AUTOR

CREA-ES XXXXXXXX/X