

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA / ENGENHARIA ELÉTRICA
Trabalho Final de Curso II

Juarez Gomes Bucar Júnior

**IMPACTOS PROPORCIONADOS PELA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NAS
PROTEÇÕES DAS REDES DE DISTRIBUIÇÕES**

Trabalho Final de Curso como parte dos requisitos para
obtenção do título de bacharel em Engenharia Elétrica
apresentado à Pontifícia Universidade Católica de Goiás.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Carlos Augusto Guimarães Medeiros – Orientador. PUC Goiás.

Prof. Alair Gomes Camargo – Coorientador. PUC Goiás.

Prof. Luís Fernando Pagotti. PUC Goiás.

Eng. Eletricista Moacir Santos Mendes. FAM Engenharia e Projetos

Goiânia, 30 de novembro de 2020.

Impactos Proporcionados pela Geração Distribuída nas Proteções das Redes de Distribuições

Juarez Gomes Bucar Júnior, *orientando, Eng. Elétrica, PUC Goiás*

Resumo — Os dispositivos de proteção, principais equipamentos utilizados em atuações corretivas nas falhas operacionais do sistema elétrico, possuem desafios ligados sobretudo à adição de sistemas geradores conectados à rede de distribuição, visto que, essa adição implica em eventuais alterações nos parâmetros nominais e operacionais do sistema. A partir disso, foi analisado as implicações proporcionadas pela inclusão de geração distribuída, sendo feita comparações entre as medidas de proteção exigidas pelo Módulo 3 do PRODIST/ANEEL que aborda a conexão ao sistema de distribuição. Ademais, foi apresentado os impactos relativos ao aumento da corrente de curto-circuito nos dispositivos de proteção.

Palavras-chave — Geração Distribuída, Proteção de Redes de Distribuição, Impactos na Proteção.

I. INTRODUÇÃO

As concessionárias de energia elétrica, setor encarregado pela administração das redes de distribuição, são responsáveis pelo abastecimento de energia elétrica ao consumidor final. Em razão das topologias de rede empregada pelas concessionárias, ocorrências que provoquem perturbações do seu estado normal são mais habituais, ocasionando assim, em restrições no fornecimento de energia que colocam em risco a integridade dos equipamentos e instalações [1].

Interrupções no fornecimento de energia elétrica são quantificados em Variações de Tensão de Curta Duração (VTCD) e Variações Tensão de Longa Duração (VTLD), possibilitando, assim, uma análise mais profunda do nível de qualidade do serviço prestado pelo provedor de energia elétrica.

No decorrer de interrupções de curta duração (VTCD) os consumidores estão sujeitos aos custos diretos, que implicam essencialmente na diminuição da produtividade e na realização de serviços. De maneira análoga, as interrupções de longa duração (VTLD) agregam ainda ao consumidor custos indiretos, que podem implicar em perdas financeiras entre dois ou mais consumidores, devido ao setor econômico estar intimamente vinculado aos consumidores afetados [2].

A Fig. 1 mostra os resultados referentes ao estudo realizado pela *Pacific Gas and Electric Company* (PG&E) em 2012. Esse estudo coletou informações dos custos causados por interrupções no fornecimento de energia entre os consumidores residenciais (*Residential*), pequenos e médios

negócios (*Small and Medium Business - SMB*), grandes negócios (*Large Business*) e setor agrícola (*Agricultural*) no estado da Califórnia nos Estados Unidos.

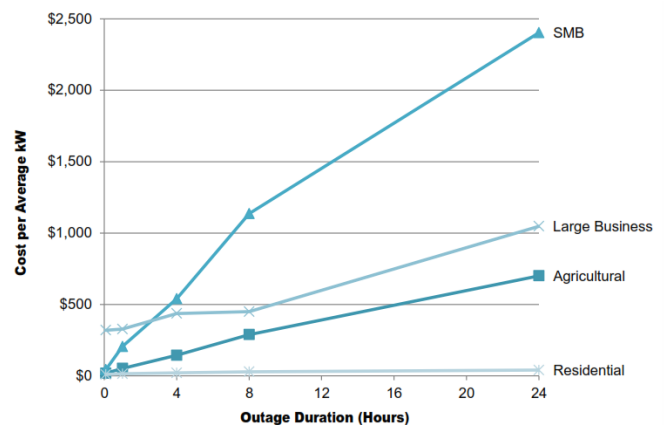


Fig. 1. Custo de 2012 por Estimativa Média de kW [2].

Exemplificando, assim, a importância das concessionárias de energia implementarem medidas que visem minimizar o tempo de interdição no fornecimento de energia elétrica. Para tal, investimentos em dispositivos de proteção, seccionadores e topologias de redes interligadas são fundamentais para a diminuição do tempo e frequência de exposição do consumidor à falha, aumentando assim a confiabilidade do sistema de distribuição.

Através da resolução normativa 482/2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), o consumidor é concebido ao direito de gerar sua própria energia elétrica e incorporar o excedente ao sistema de compensação tarifária, conectando à rede de distribuição na forma de geração distribuída. Com isso, nos últimos anos vivenciou-se um acréscimo significativo na conexão de sistema micro/minigeradores inseridos à rede de distribuição.

Dentro desse panorama, este trabalho visa identificar os impactos proporcionados pela adição de sistemas de geração distribuída nos dispositivos de proteção em uma rede de distribuição, confrontando as medidas de proteção exigidas pela ANEEL para implantação de micro/minigeradores e aferindo a repercussão do aumento da corrente de curto-circuito nos equipamentos destinados à proteção.

II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A especificação técnica n°122 estabelece os procedimentos necessários para conexão da geração distribuída à rede de distribuição da concessionária, sendo a mesma normatizada pela ANEEL através do Modulo 3 referenciado no Procedimento de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST) [3].

A Tabela I apresenta os requisitos mínimos de proteção normatizados necessários para conexão da geração distribuída.

TABELA I
REQUISITOS MÍNIMOS DE PROTEÇÃO

Equipamento	Potência Instalada Inferior a 75 kW	Potência Instalada entre a 75 kW e 500 kW	Potência Instalada entre 75 kW e 5 MW
Elemento de Desconexão	Sim	Sim	Sim
Elemento de Interrupção	Sim	Sim	Sim
Transformador de Acoplamento	Não	Sim	Sim
Proteção de sub e sobretensão	Sim	Sim	Sim
Proteção de sub e sobrefrequência	Sim	Sim	Sim
Proteção contra desequilíbrio de corrente	Não	Não	Sim
Proteção contra desequilíbrio de tensão	Não	Não	Sim
Sobrecorrente direcional	Não	Sim	Sim
Sobrecorrente com restrição de tensão	Não	Não	Sim
Relé de Sincronismo	Sim	Sim	Sim
Anti-Ilhamento	Sim	Sim	Sim

Os itens A e B, na sequência abaixo, introduzem os conceitos básicos dos dispositivos de proteção requeridos para a conexão de geração distribuída ao sistema de distribuição, os quais foram referenciados na Tabela 1.

A. Relé Microprocessados

Atualmente, devido à versatilidade imposta aos dispositivos de proteção, os relés microprocessados dominam o mercado, possibilitando, assim, a utilização de apenas um equipamento na aplicação dos requerimentos solicitados.

Conforme Fig.2, os relés microprocessados, apresentam três características fundamentais quando sensibilizados à falha, tornando-os capazes de atuar no comando de abertura do dispositivo de desconexão de forma instantânea, através de um tempo definido ou uma condição temporizada.

A unidade temporizada possibilita ao dispositivo a capacidade de interromper o fornecimento de energia de forma proporcional a corrente sensibilizada. Essa

funcionalidade aplica-se em defeitos ligados sobretudo às correntes de sobrecarga. De maneira análoga, a unidade instantânea ou de tempo definido, propicia ao dispositivo a capacidade de interromper o fornecimento de energia em um tempo pré-definido. Dessa forma, aplica-se essa funcionalidade em defeitos ligados sobretudo às correntes de curto-circuito, sub e sobretensão e sub e sobrefrequência.

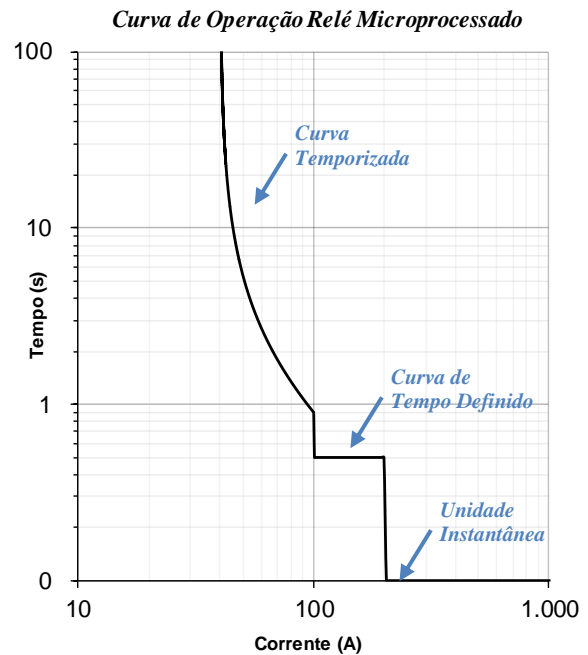


Fig. 2. Curva de Operação Genérica do Relé Microprocessado.

Sobrecorrente (ANSI 50/51): Os relés de sobrecorrente são amplamente utilizados em sistemas de energia elétrica, por se tratar de um requisito mínimo de proteção. Normalmente, esses dispositivos analisam as correntes em um sistema e operam em situações em que a corrente sensibilizada ultrapassa o valor previamente parametrizado [4].

Dessa forma, o dispositivo é capaz de prevenir o sistema de operar em sobrecarga e falhas à terra (curto-circuito).

Sub e Sobretensão (ANSI 27/59): Os relés de subtensão são dispositivos que devem atuar em condições nas quais os níveis de tensões sejam inferiores ou superiores aos valores parametrizados, garantindo assim, o bom funcionamento dos equipamentos elétricos. As proteções ANSI 27 e ANSI 59 suportam características temporizadas, embora adota-se a filosofia de atuação para tempo definido.

Sub e Sobrefrequência (ANSI 81U/O): Os relés de frequência, de maneira semelhante às proteções ANSI 27 e 59, são dispositivos que aferem o parâmetro de frequência atuando para valores divergentes ao almejado, podendo operar em situações de subfrequência e sobrefrequência. São projetados para operarem em curvas de tempo definido [4].

Desequilíbrio de Corrente (ANSI 46): A proteção contra desequilíbrio de corrente avalia a sequência negativa e opera em situações que, pelo menos, uma das correntes ultrapassem o valor parametrizado. Dessa forma, o dispositivo é capaz de identificar falhas assimétricas, proporcionadas por curto-circuito e sobrecargas.

Desequilíbrio de Tensão (ANSI 47): A proteção contra desequilíbrio de tensão avalia a sequência zero e opera em situações em que a tensão ultrapassa o valor parametrizado. Assim, previne-se o sistema de falhas assimétricas e sequência errônea de conexão.

Ressalta-se, ainda, que essa funcionalidade é garantida através do relé de sub e sobretensão de neutro ANSI 27N e 59N, uma vez que o desbalanço nas respectivas fases proporcionam correntes e tensões no neutro.

Sobrecorrente Direcional (ANSI 67): Os relés direcionais apresentam características análogas às proteções de sobrecorrente ANSI 50/51, diferenciando-se pela forma de atuação, cuja a qual são sensibilizadas por apenas um sentido de fluxo de corrente.

As proteções diferenciam em redes de distribuição tipicamente assumem o sentido do consumidor para a rede, conforme Fig. 3, assim, essa proteção deve atuar primeiro que a proteção de ANSI 50/51. Isso ocorre devido as contribuições da geração distribuída implicarem em correntes de falha inferiores às correntes de curto-circuito alimentadas pela concessionária.

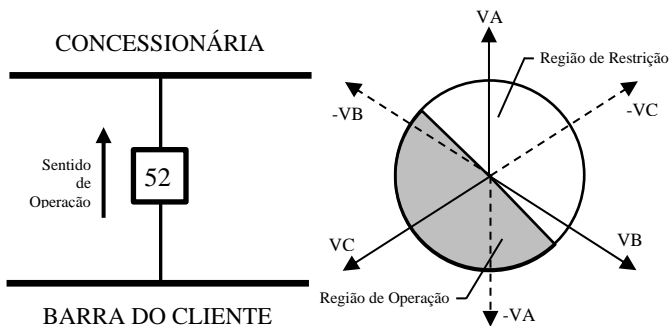


Fig. 3. Sentido da Proteção Diferencial aplicada em Geração Distribuída.

Sobrecorrente com Restrição de Tensão (ANSI 51V): A proteção de sobrecorrente pode admitir restrições de tensão e, sua aplicação, é indicada para sistemas onde a corrente de curto-circuito evolua, após alguns ciclos, para valores inferiores à corrente nominal. Consequentemente, a detecção dessa falha é garantida através da queda de tensão provocada pelo defeito, logo, a proteção de sobrecorrente atuará somente quando a tensão decair para um valor inferior à nominal previamente parametrizada [4].

Sincronismo (ANSI 25): Os relés de sincronismo são dispositivos comparadores, que analisam os parâmetros de frequência, amplitude e ângulo da tensão entre duas fontes, devendo bloquear o processo de conexão quando a diferença entre os valores mensurados ultrapassar o valor previamente determinado.

Anti-Ilhamento (ANSI 13): As proteções que previnem a operação dos sistemas de forma isolada são denominadas de relés de anti-ilhamento, dessa forma garante-se a desconexão da geração distribuída em situações onde a fonte da concessionária não injeta potência no sistema.

B. Elemento de Desconexão/Interrupção

Os relés microprocessados impõem ao sistema apenas análises das variáveis operacionais sensibilizadas pelos transformadores de corrente e potencial. A detecção de avarias resulta em uma saída digital, denominada TRIP, que proporcionará a abertura do dispositivo de desconexão. O processo de proteção, portanto, é efetivado através de um conjunto de equipamentos que devem estar corretamente coordenados.

Além dos relés microprocessados e disjuntores, em uma rede de distribuição, utiliza-se ainda, os elos fusíveis para

proteção de linha e de transformadores. A interrupção do circuito em falha ocorre através da fusão de um elemento metálico constituído por características físicas, cuja corrente é inversamente proporcional ao tempo [4].

III. DESENVOLVIMENTO

Com o objetivo de analisar todas as proteções exigidas na conexão de geração distribuída ao sistema de distribuição, o trabalho foi dividido em duas etapas.

Na primeira parte, foi apresentado o dimensionamento dos dispositivos de proteção para um consumidor do grupo A4 conectado à rede de distribuição sem geração distribuída.

De maneira análoga, na segunda parte, foi apresentado o dimensionamento dos dispositivos de proteção para um consumidor do grupo A4 conectado à rede de distribuição com geração distribuída. Definiu-se uma potência instalada do gerador fotovoltaico superior a 500 kW, uma vez que, ela apresenta todos os requerimentos de proteção evidenciados no Módulo 3 – PRODIST/ANEEL (Tabela I).

A. Acesso à Rede – Sem Geração Distribuída.

Para determinar o conjunto de proteção necessário em unidades consumidoras conectadas na rede de média tensão, utilizou-se o modelo apresentado na Fig. 4.

Segundo a NTC-05 Revisão 3, para subestações com potências superiores a 300 kVA, torna-se obrigatório a utilização de disjuntor de acionamento automático, cuja a operação é realizada por intermédio de relés secundários de sobrecorrente [5].

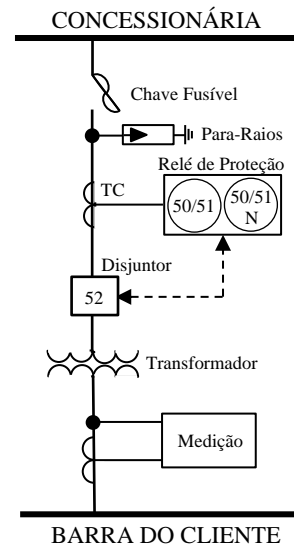


Fig. 4. Detalhamento do Conjunto de Proteção – Sem Geração Distribuída.

Ressalta-se que a alimentação auxiliar dos dispositivos de proteção (Bobina de abertura/fechamento e relé microprocessado) deverão ser provenientes de um *nobreak* cuja autonomia mínima é de 2 horas. O relé deverá ser equipado com um dispositivo capacitivo o qual assegure a energização da bobina de abertura do disjuntor. Para além, os transformadores de corrente (TC) devem estar posicionados sempre a montante do disjuntor, garantindo assim, a proteção contra falhas do próprio equipamento.

B. Acesso à Rede – Com Geração Distribuída.

O conjunto de proteção necessário para a adesão de geração distribuída a uma unidade consumidora na rede de média tensão é apresentado na Fig. 5. Tendo sido estabelecido uma geração distribuída com potência instalada superior a 500 kW, constituído de gerador fotovoltaico e inversor c.c/c.a.

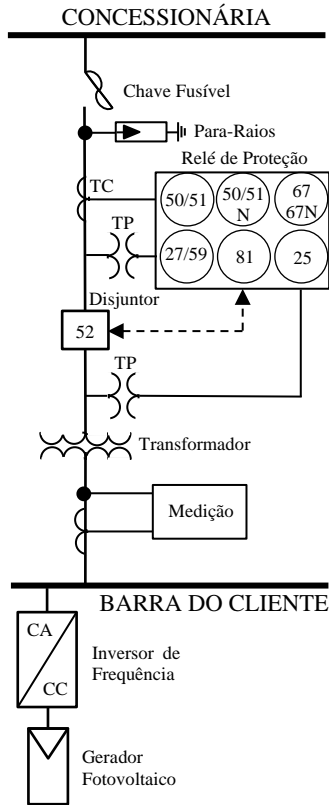


Fig. 5. Detalhamento do Conjunto de Proteção – Com Geração Distribuída.

Ressalta-se que, a utilização de transformadores de potencial (TP) é necessária para a sensibilização das funcionalidades relacionadas a tensão e frequência. Sendo que, a instalação de TP a jusante remete-se a proteção de sincronismo e anti-ilhamento (ANSI 25 e ANSI 13), que podem ser suprimidas devido as características construtivas e operacionais dos inversores de frequência.

C. Aumento da Corrente de Curto-Circuito.

O aumento da corrente de curto-circuito está intimamente relacionado a dependência do sistema à fonte da concessionária. Entretanto, conforme evidenciado na Fig. 6, a posição do dispositivo de proteção em relação ao sistema gerador estabelecerá a razão entre a corrente detectada pelo equipamento e a corrente de curto-circuito no ponto em falha.

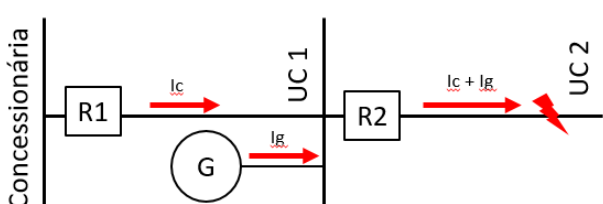


Fig. 6. Sistema de Distribuição com Geração Distribuída em Falha.

A contribuição da geração distribuída à corrente sensibilizada pelos dispositivos de proteção, poderá ocasionar na ultrapassagem da capacidade de seccionamento dos dispositivos de proteção [6]. Isso ocorre devido a característica construtiva desses equipamentos possuem um espaço imersos sob um meio isolante limitado, os quais propiciam a dissipação do arco elétrico durante o processo de interrupção.

Dissipação do Arco Elétrico: O processo de abertura dos dispositivos de seccionamento, demonstrado na Fig. 7, estão sujeitos sobretudo à fenômenos transitórios que envolvem inicialmente um arco de elétrico. O mesmo será sustentado através de acoplamentos eletromagnéticos entre os polos seccionados mesmo após a separação física dos terminais [7].

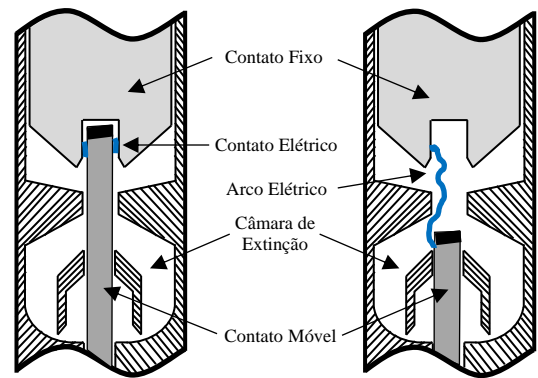


Fig. 7. Representação Simplificada do Interior de um Disjuntor

A extinção dos arcos elétricos está intimamente relacionada ao meio onde os polos seccionadores estão submersos, à distância física entre os contatos elétricos, ao valor eficaz da tensão no momento da abertura e da amplitude da corrente de curto-circuito. Dessa maneira, o aumento da corrente de falha no sistema, bem como o aumento dos níveis de tensão proporcionados pela geração distribuída, eventualmente dificultará o desacoplamento magnético induzido entre os terminais, implicando em um processo de interrupção mais demorado ou na incapacidade da dissipação do arco elétrico.

Processo de Religamento: Devido ao princípio de funcionamento dos religadores automáticos, a difusão da geração distribuída torna o processo de religamento mais complexo, uma vez que o primeiro processo de abertura não garante o isolamento da avaria, devido ao aumento do tempo necessário para dissipação do arco elétrico.

Saturação do TC: Devido as características construtivas e elétricas dos TCs, elevadas correntes mensuradas podem levar a saturação do dispositivo, propiciando assim, correntes no secundário desproporcionais à corrente no primário, conforme evidenciado na Fig. 8. Dessa forma, a saturação do TC, poderá ocasionar nos dispositivos de proteção uma atuação intermitente.

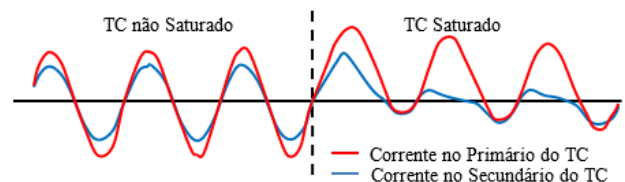


Fig. 8. Correntes Antes e Depois da Saturação de um TC.

IV. RESULTADOS

Com o objetivo de analisar a repercussão da adição de geração distribuída nos dispositivos de proteção, subdividiu-se os resultados em duas etapas.

Na primeira parte, foram apresentados os impactos relacionados ao aumento da corrente de curto-circuito, evidenciando a dissipação do arco elétrico e a saturação do transformador de corrente.

Na segunda parte, foram apresentados os impactos relacionados a adesão dos dispositivos de proteção ao sistema, analisando a real necessidade da aplicação das funcionalidades exigidas.

A. Análise do Aumento da Corrente de Curto-Circuito

Embora o aumento da corrente de curto-circuito detectada pelos dispositivos de proteção esteja relacionado com a localização da geração distribuída e a característica do sistema, sendo necessário que a corrente de falha seja próxima à nominal. Os impactos na atuação dos dispositivos de proteção são minimizados devido a característica de tempo inverso (ANSI 51), onde correntes maiores proporcionaram atuações mais rápidas, fazendo com que os dispositivos a jusante atuem primeiro que os a montante, garantindo assim a operação do dispositivo mais próximo ao defeito.

Uma vez que, os equipamentos instalados no sistema de distribuição apresentam capacidades de interrupção relativamente superiores as correntes de curto-circuito, os impactos relacionados ao aumento no tempo de dissipação do arco elétrico não serão evidentes.

Para além, as concessionárias de energia, dimensionam os transformadores de corrente com classes de exatidão superdimensionadas, em razão da crescente expansão do sistema, visando apenas a reconfiguração dos parâmetros do relé microprocessado após a adesão de novas cargas. Dessa forma, a saturação do transformador de corrente nesse cenário é inconcebível apenas pelo aumento da corrente de curto-circuito.

Ressalta-se ainda, que o curto-circuito alimentado por inversores de frequência instalado em uma geração fotovoltaica, fornecerá correntes ao sistema durante um período entre 5 a 20 ciclos. Isso ocorre devido à perda da referência propiciada pela avaria, resultando assim na desconexão do gerador fotovoltaico da rede de distribuição.

B. Análise das Proteções

A análise dos dispositivos de proteções, neste trabalho, busca elucidar a aplicação dessas funcionalidades exigidas pela concessionária de energia no sistema de distribuição incorporado com geração distribuída.

Sobrecorrente (ANSI 50/51): Embora a proteção de sobrecorrente não seja evidenciada na Tabela 1, sua aplicação é obrigatória e prevista na NTC-05. Conforme exposto no tópico anterior, a adição de geração distribuída proporciona à essa funcionalidade, atuações mais rápidas.

Sub e Sobretensão (ANSI 27/59): As proteções que remetem a análise dos níveis de tensão são fundamentais em unidades geradoras de energia, em virtude da necessidade do sistema em prover faixas de valores que garantam a integridade dos equipamentos elétricos.

Dessa forma, a utilização da proteção de sub e sobretensão é indispensável, especialmente em sistemas fracos (Correntes

de curto-circuito próximas à nominal), onde a geração distribuída apresentará maiores contribuições nos níveis de tensão do sistema.

Sub e Sobrefrequência (ANSI 81U/O): A frequência, em sistemas elétricos de energia, são indicativos recorrentes ao equilíbrio entre a carga e a geração. Dessa maneira, proteções que remetem a análise dos níveis de frequência são requeridas em virtude da viabilidade no fornecimento de energia, garantido assim o equilíbrio entre geração e consumo. Sendo assim, torna-se obrigatório a sua utilização em gerações distribuídas, conforme Modulo 3 do PRODIST.

Para além, a variação dos níveis de frequência apresenta impacto direto no conjugado dos motores elétricos, implicando assim, no aumento das perdas elétricas, mecânicas e térmicas nesses equipamentos.

Desequilíbrio de Corrente (ANSI 46): A proteção contra o desequilíbrio de corrente é recorrente devido a sistemas desequilibrados propiciarem problemas em máquinas síncronas, sobretudo relacionadas ao sobreaquecimento e vibrações nos motores. Portanto, devido a injeção de potência proporcionada pela geração distribuída, faz-se necessária, proteção que detecta correntes de sequência negativa evitando, assim, sistemas desequilibrados.

Desequilíbrio de Tensão (ANSI 47/59N): A proteção contra o desequilíbrio de tensão é garantida, na maioria dos relés microprocessados, pela funcionalidade sobretensão de neutro (ANSI 59N), uma vez que o desequilíbrio entre as fases de um sistema em estrela aterrado eventualmente proporcionará tensões e corrente no neutro. A proteção contra a perda da sequência ou sequência errônea entre as fases, é garantida pela funcionalidade (ANSI 47).

A funcionalidade ANSI 59N é essencial em sistemas com geração distribuída, uma vez que os transformadores empregados nas redes de distribuição são do tipo Delta – Estrela, fazendo com que falhas assimétricas na baixa tensão (Estrela) eventualmente não serão sensibilizadas pela funcionalidade ANSI 50/51, posto que o TC está na alta tensão (Delta).

Isso ocorre devido ao transformador Delta – Estrela operar como um filtro para as componentes de sequência zero. Ocasionalmente, assim, em correntes sensibilizadas pelo relé inferiores ao valor real, posto que a leitura será remetente apenas as componentes de sequência positiva e negativa.

Sobrecorrente com Restrição de Tensão (ANSI 51V): A proteção de sobrecorrente com restrição de tensão é recorrente em sistemas cuja correntes de curto-circuito são próximas a nominal, uma vez que as falhas à terra propiciam diminuições nos níveis de tensão. Dessa forma, a corrente de partida da proteção será definida pelo nível de tensão do sistema, permitindo, assim, que a corrente nominal não proporcione a atuação do relé de proteção, aumentando a sensibilidade do sistema.

Ressalta-se ainda, que sua utilização pode ser suprimida em casos onde corrente de curto-circuito é muito superior à corrente nominal (Sistemas Fortes), posto que as correntes de falha sensibilizadas pelo relé não serão interpretadas como correntes de sobrecarga ou correntes nominais.

Sincronismo (ANSI 25): Os relés de sincronismo são dispositivos comparadores, que analisam os parâmetros de frequência, amplitude e ângulo da tensão entre duas fontes, devendo bloquear o processo de conexão quando a diferença entre os valores mensurados ultrapassarem o valor previamente determinado.

Sendo assim, essa funcionalidade previne a conexão da geração distribuída (GD) dessincronizada com a rede da concessionária, que em sistemas fracos os parâmetros operacionais podem assumir os valores da GD. Implicando assim, em sistema com os valores de tensão e frequência divergentes dos operacionais da rede.

Anti-Ilhamento (ANSI 13): Proteções que previnem a permanência do fornecimento de energia oriundo das gerações distribuídas, em ocasiões em que a rede de distribuição não injeta potência no sistema, são denominadas proteções anti-ilhamento.

Sua utilização é imprescindível, posto que, eventuais procedimentos de manutenção ou avaria da rede de distribuição proporcionaram riscos, devido ao sistema permanecer energizado.

V. CONCLUSÃO

Este Trabalho Final de Curso II apresenta um estudo qualitativo a respeito dos dispositivos de proteção empregados em sistemas de geração inseridos na rede de distribuição. Em conjunto com o TFC I, o qual abordou conceitos de dimensionamento dos equipamentos de proteção aplicados nas redes de distribuição e unidades consumidora, oferece uma boa referência para estudantes de Engenharia Elétrica compreenderem a utilização e parametrização dos dispositivos de proteção necessários em um sistema micro/minigeradores conectados à rede de distribuição.

Após a realização deste estudo, conclui-se que, os dispositivos de proteção especificados no Módulo 3 do PRODIST/ANEEL, necessários para conexões de geração distribuída, possuem extrema importância para um bom desempenho do sistema de distribuição. Para além, a implementação de sistemas geradores podem impulsionar a substituição prematura dos equipamentos de proteção da rede de distribuição, adaptando assim, os dispositivos aos novos níveis de tensão e corrente do sistema.

Ressalta-se ainda, que em gerações fotovoltaicas a contribuição a falhas além de ser próxima a nominal, devido as características elétricas dos módulos fotovoltaicos, possuem tempo de permanência pequenos. Isso ocorre em razão dos inversores de frequência c.c./c.a. empregados em gerações fotovoltaicas possuem sistemas de proteção próprio contra sobrecarga, sub/sobretensão, sincronismo e anti-ilhamento.

VI. AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado saúde e forças para superar as dificuldades, aos meus pais, irmã e familiares que sempre me apoiaram e incentivaram a dar o meu melhor, aos professores orientadores, pelo suporte no pouco tempo que lhes coube, pelas suas correções e incentivos.

VII. REFERÊNCIAS

- [1] SATO, F. *Análise de curto-circuito e princípios de proteção em sistemas de energia elétrica*. 1ª ed. Rio de Janeiro-RJ, Elsevier, 2015.
- [2] SULLIVA, M. *Estimating Power System Interruption Costs: A Guidebook for Electric Utilities*. San Francisco-CA, Berkeley Lab, 2018.

- [3] Especificação Técnica nº122. *Conexão de Micro e Minigeração Distribuída ao Sistema Elétrico da Enel Distribuição Ceará / Enel Distribuição Goiás/ Enel Distribuição Rio*. Concessionária ENEL-GO, Revisão 2, 2018.
- [4] MAMEDE, J. F. *Proteção de sistemas elétricos de potência*. Rio de Janeiro-RJ, LTC, 2013. ANEEL, Resolução Normativa nº 482, 2012.
- [5] NTC 05. *Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Primária de Distribuição*. Concessionária ENEL-GO, Revisão 3, 2019.
- [6] CARVALHO, E. S. J. *Geração Distribuída: Uma Revisão Bibliográfica das Formas de Acesso e dos Impactos na Proteção*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Programa Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Vale de São Francisco (UNIVASF), Juazeiro-BA, 2017.
- [7] DE SÁ E CÂMARA, A. B. *Modelagem De Arco Elétrico No Ar: Aplicações Em Sistemas De Potência*. Dissertação (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro-RJ, 2010.

RESOLUÇÃO n°038/2020 – CEPE

ANEXO I

APÊNDICE ao TCC

Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

O estudante Juarez Gomes Bucar Júnior do Curso de Engenharia Elétrica, matrícula 2016.1.0038.0040-4, telefone: (62)98225-6393, e-mail jubucarjr@hotmail.com, na qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei nº 9.610/98 (Lei dos Direitos do autor), autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado IMPACTOS PROPORCIONADOS PELA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NAS PROTEÇÕES DAS REDES DE DISTRIBUIÇÕES, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5 (cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de computadores, no formato especificado (Texto (PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som (WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 15 de dezembro de 2020.

Assinatura do(s) autor(es): Juarez Gomes Bucar Júnior.

Nome completo do autor: Juarez Gomes Bucar Júnior.

Assinatura do professor-orientador: Carlos Augusto G. Medeiros
Orientador

Nome completo do professor-orientador: Carlos Augusto Guimarães Medeiros.