



APLICAÇÃO DA NORMA IEC-61850 PARA A PROTEÇÃO ANTI-ILHAMENTO DE SISTEMAS DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA.

Guilherme Cardoso Figueira¹ e Oberdan Rocha Pinheiro²

¹ Coelba – Neoenergia, e-mail: guilhermefigueira1@gmail.com

² Centro Universitario SENAI CIMATEC, e-mail: oberdan.pinheiro@fieb.org.br

RESUMO –Será abordado neste trabalho a aplicação da norma IEC 61850 na proteção anti-ilhamento de uma geração distribuída, em subestação de energia elétrica pertencente ao setor da subtransmissão. Com o crescimento das cargas, conectadas no Sistema Interligado Nacional, se faz necessário a aplicação de sistemas de proteção e automação cada vez mais eficientes, evitando assim a interrupção no fornecimento de energia elétrica a setores críticos, sendo alguns deles, o setor industrial e o hospitalar. A partir dessa necessidade de maior confiabilidade, o sistema de automação veio se desenvolvendo com o passar dos tempos, acompanhando a tecnologia disponível em cada instante dessa linha histórica, tornando assim a operação dos equipamentos em campo cada vez mais segura para o operador e o sistema cada vez mais confiável, sempre tentando expor os clientes ao menor número de interrupções possíveis.

Palavras-Chave: IEC 61850, Automação de subestação, Anti-Ilhamento

ABSTRACT - It will be approached in this work the application of the standard IEC 61850 in the anti-islanding protection of a distributed generation, in substation of electric power belonging to the sector of the subtransmission. With the growth of the loads, connected in the National Interconnected System, it is necessary to apply increasingly efficient protection and automation systems, thus avoiding the interruption in the electricity supply to critical sectors, some of them being the industrial sector and the hospital. From this need for greater reliability, the automation system has developed over time, following the technology available at each moment of this historical line, thus making the operation of the equipment in the field increasingly safe for the operator and the system increasingly trying to expose customers to as few interruptions as possible.

Keywords: IEC 61950, Substation automation , anti- islanding.



1. INTRODUÇÃO

Para proteger o sistema elétrico que supre diversas cargas e promover maior confiabilidade ao mesmo, as subestações necessitam passar por melhorias em seus sistemas de proteção e automação, os quais são constituídos por uma rede de equipamentos como relés de proteção, servidores, entre outros, responsáveis por coletar as informações do sistema elétrico e disponibiliza-las em uma central de aquisição de dados.

Os equipamentos de proteção utilizados pela maioria das distribuidoras de energia são os relés digitais, ou IED's, do inglês, Intelligent Electronic Device, são capazes de realizar várias funções uma vez que estão interligados a uma rede de comunicação onde trafegam diversos protocolos de diferentes fabricantes, necessitando-se assim de Gateways, ou conversores de comunicação, para poder intermediar essas fronteiras elevando assim o custo da instalação e aumentando os pontos de possíveis falhas no sistema de comunicação.

Para eliminar esses problemas de intercomunicação entre diferentes fabricantes, a *International Electrotechnical Commission*, IEC, desenvolveu a norma IEC 61850. Esta norma veio com a proposta de evoluir em diversos aspectos a arquitetura de comunicação entre os IEDs, inclusive com a possibilidade de interoperabilidade entre diferentes fabricantes, o tráfego de informação utilizando vários cabos metálicos por IED, dependendo da arquitetura da subestação, foi substituído por apenas um cabo de rede ethernet por IED de acordo com a topologia de rede adotada. Mesmo que toda informação esteja trafegando no mesmo cabo, elas podem ser particionadas em redes virtuais, como são chamadas as VLANs, podendo isolar assim as informações de maior prioridade (como os comandos de abertura e os comandos de TRIP), das de menor prioridade (medições por exemplo).

A norma prevê ainda a aplicação das mensagens GOOSE (Generic Object Oriented Substation Event), mensagens essas de alta prioridade que trafegam em velocidades elevadas, garantindo assim a premissa de que o sistema de proteção deve atuar o mais rápido possível quando necessário. Uma outra vantagem das mensagens GOOSE é que ela permite a criação de lógicas de operação entre IEDs utilizando apenas um cabo.

Para proteger a porção do sistema onde está inserida uma geração distribuída, será aplicada a norma em questão onde os estudos serão focados na proteção anti-ilhamento da geração. Consistindo em caso de perda da fonte de maior potência que alimenta o barramento de 69KV, sendo ela uma linha de transmissão proveniente de outra subestação, a proteção anti-ilhamento deve isolar a geração que está conectada no barramento de 69KV, a qual fornece uma potência menor porém significativa para o suprimento da carga.



2. METODOLOGIA

No artigo são abordados estudos da norma IEC 61850 aplicado na proteção de uma geração distribuída. Para tal desenvolvimento, foi necessário prospectar informações na própria norma e em artigos relacionados ao tema.

Para desenvolver esse trabalho, primeiramente foi feito uma pesquisa sobre o sistema de automação de subestação com o intuito de interar-se sobre as tecnologias e sistemas mais antigos, com a finalidade de entender melhor o desenvolvimento do mesmo, suas características e peculiaridades.

Após agregado o conhecimento histórico referente aos sistemas de automação de subestações, deu-se início à pesquisa relacionada a norma IEC 61850, estudando detalhadamente todos os seus 10 capítulos e compreendendo melhor seu funcionamento, características, peculiaridades e ganhos que a mesma promove para o sistema.

Em seguida, foi feito um estudo sobre o estado da arte da proteção de geração distribuída, expondo aspectos teóricos sobre o curto circuito, funções de proteção, entre outros, aplicados à causa e consequências do ilhamento de uma geração interligada no sistema elétrico de potência.

Para finalizar, foi feito um estudo de caso retratando a aplicação da norma IEC 61850 em uma subestação que é alimentada por uma linha de transmissão proveniente de outra subestação e por uma geração distribuída. O estudo de caso tem como finalidade expor aspectos técnicos de uma instalação que adota a norma em questão, os ganhos que a mesma obteve e as funcionalidades que a ela foram agregadas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 AUTOMAÇÃO DE SUBESTAÇÃO

O Sistema de Automação de Subestação (SAS) encontrado nas instalações mais modernas de um SEP, que consistem em subestações com acesso e controle remoto, com disposição de funções automáticas e/ou automatizadas como a entrada e a saída de bancos de capacitores e/ou reatores e o seccionamento de chaves. Em instalações mais antigas ou com um nível de modernização inferior, essas funções necessitam da presença de um operador para serem realizadas. O SAS moderno deve oferecer ao operador acesso remoto e local ao sistema de potência, de forma que estejam inclusas funções tanto automáticas, quanto funções manuais de operação e controle dos equipamentos, além de contar com canais de aquisição de informações referentes ao sistema elétrico de potência, enviadas para um centro de controle, não devendo haver duplicidade nas informações enviadas. Essa rede é constituída por diversos equipamentos interligados entre si através de uma rede de comunicação e que constitui a base do sistema.

3.2 REQUISITOS DE COMUNICAÇÃO



De acordo com o item 5 da norma IEC 61850, o mesmo trata dos requisitos de comunicação para funções e modelos de dispositivos. Ela trata dos meios de comunicação entre os níveis que compõem o SAS. Divididos em três níveis, o SAS é composto por Nível de Processo, Nível de Bay e Nível de Estação. É caracterizado pelo Nível de Processo, as interfaces interconectadas por cabos de cobre com os equipamentos ativos (não é previsto pela norma), como Transformadores de Corrente (TC), Transformador de Potencial (TP), Disjuntores, entre outros, onde trafegam sinais analógicos e digitais provenientes desses equipamentos. O Nível de Bay abrange os equipamentos de proteção e controle, ou, os IEDs. Já o Nível de Estação, é responsável pelo controle e supervisão da instalação através da Interface Homem Máquina (IHM). Todos estes modelos são exemplificados na figura 1 a seguir.

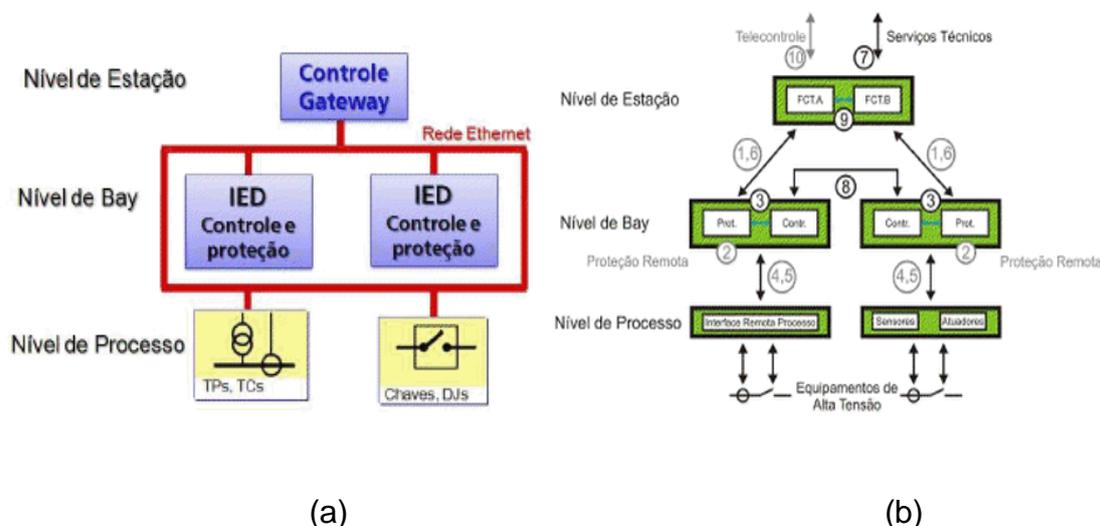


Figura 1- Níveis de comunicação do SAS.

A troca de informações entre os níveis é representada a cima pela figura 2 (a), onde a troca de informações pode ocorrer entre os níveis de estação e bay, dentro do próprio nível de bay (entre IEDs), e entre o nível de bay e o de processo.

Com uma das premissas da norma IEC 61850 sendo a interoperabilidade entre fabricantes diferentes, as funções que cada nível hierárquico é responsável, está alocada na memória de equipamentos distintos, porém atreladas logicamente entre sí pela rede de comunicação.

3.3 NÓS LÓGICOS

Um componente importante para a permuta de informação nos sistemas rigidados pela norma IEC 61850 é o Logical Node (LN), ou Nó Lógico. As funções dos sistemas de proteção, medição e controle são particionadas em subfunções, as quais podem estar contidas em diferentes IEDs, que por sua vez podem estar fisicamente distribuídos em várias subestações diferentes. Essas subfunções podem ser descritas como dados organizados em classes, que por sua vez formam um nó lógico. Um agrupamento de nós lógicos formam um dispositivo lógico que está inserido no dispositivo físico, ou IED (NETTO, 2008).

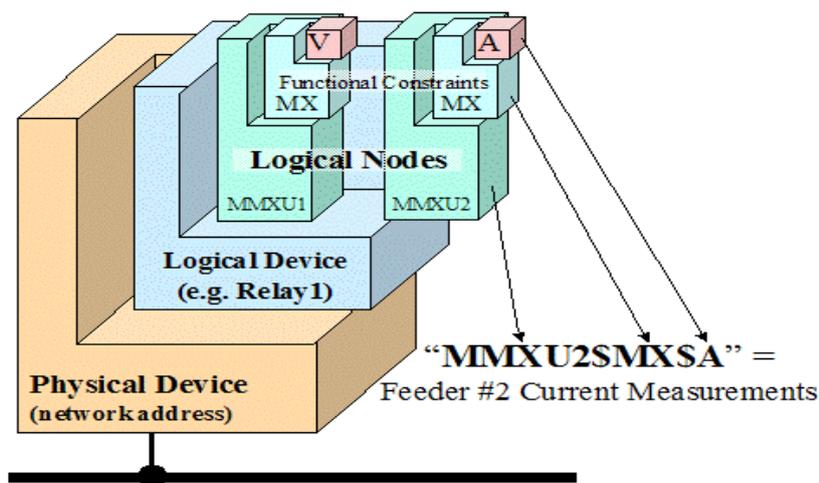


Figura 2. Modelo de objeto IEC 61850.

Os nós lógicos agregados em grupos podem desempenhar diversas funções. Se faz necessário diferenciar os nós uns dos outros, e, por isso é utilizado a primeira letra do código composto por quatro letras para diferenciar a função de cada nó. A primeira letra se refere ao grupo que o nó está inserido.

3.4 LINGUAGEM DE CONFIGURAÇÃO

Com a possibilidade de combinações de nós lógicos em equipamentos distintos, inclusive com a possibilidade de interoperação entre diferentes fabricantes, se tornou necessário desenvolver uma linguagem de configuração padronizada entre os mesmos, denominada Substation Configuration Language (SCL)(MIRANDA, 2009).

A linguagem SCL, que se baseia na eXtender Markup Language (XML) 1.0, possibilita a descrição de interligações dos IEDs com os equipamentos ativos do pátio da subestação, com seus respectivos parâmetros de graduação e lógicas de operação, sendo que cada IED deve ser provido de um arquivo SCL contendo sua configuração personalizada.

O modelo SCL deve conter também dados da subestação, relacionado dispositivos de manobra, configurações de comunicação, permitindo que haja a troca de configurações entre sistemas e ferramentas de diferentes fabricantes.

3.5 PROTOCOLOS DE MENSAGENS

Para se adotar uma rede de comunicação entre IEDs, se faz necessária a utilização de um protocolo de comunicação de redes para operar e gerir o tráfego de informações. No caso da aplicação da norma IEC 61850, o protocolo adotado é o ethernet.

Quando o padrão de comunicação da norma foi definido, foram adotados dois perfis para a implantação de um certo protocolo, repartindo as camadas do



modelo RM-OSI, que são sete, em dois grupos, o primeiro é o Application Profile (A-profile), no qual abrange as três primeiras camadas (aplicação, apresentação e sessão). O segundo grupo é o Transport Profile (T-Profile) que agrupa as quatro camadas restantes (transporte, rede, enlace e física).

3.6 MENSAGENS GOOSE

As mensagens GOOSE (Generic Object Oriented Substation Events), são mensagens de alta velocidade, as quais podem transportar pacotes de dados de alta prioridade. Pertencentes à classe Generic Substation Events (GSE), são extremamente úteis para a troca de lógicas, comandos de trip e intertravamentos em tempo real (NETTO, 2008).

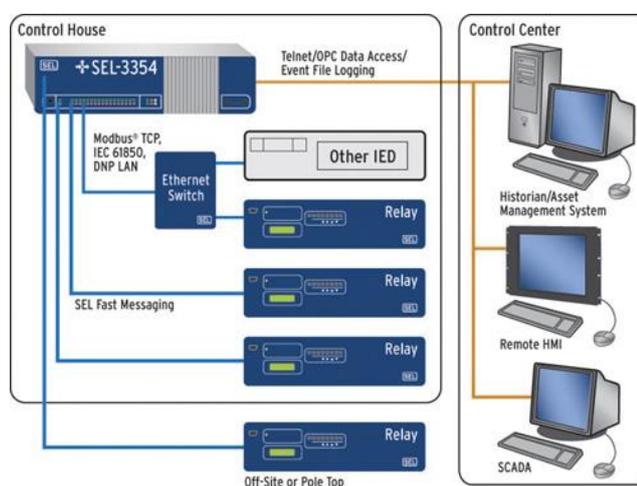


Figura 3. Exemplo de rede com tráfego de mensagens GOOSE.

Uma das vantagens em se utilizar as mensagens GOOSE, é na possibilidade de não se adotar cabos de cobre para se enviar comandos de um equipamento para o outro, reduzindo a quantidade de cabos nos armários, conectando um IED ao outro através de um cabo de rede ou fibra ótica. As mensagens GOOSE são publicadas na rede pelo Publisher, através de um tráfego de informação multicast, onde todos os equipamentos que estão conectados nessa rede e que fazem parte do grupo multicast irão receber essa mensagem, e, caso o equipamento seja assinante (*subscriber*) dessa mensagem, ele vai executar o comando ou a lógica que esteja pré-configurada. Se o equipamento não for assinante desta mensagem, ele irá descartá-la. As mensagens GOOSE geram pouca latência na rede caso carreguem informações digitais (estado de disjuntor, por exemplo), uma vez que são mensagens do tipo multicast (MIRANDA, 2009).

No momento em que houver alguma mudança na variável, o IED passa a enviar as mensagens com um intervalo de tempo muito pequeno, na casa dos milissegundos. A partir desse ponto, passados alguns instantes, o IED passará a publicar a mensagem em um Δt cada vez maior de forma progressiva até



retornar ao Δt_0 quando o tempo máximo entre as mensagens seja alcançado e ele retornar a publicar essas mensagens num período específico.

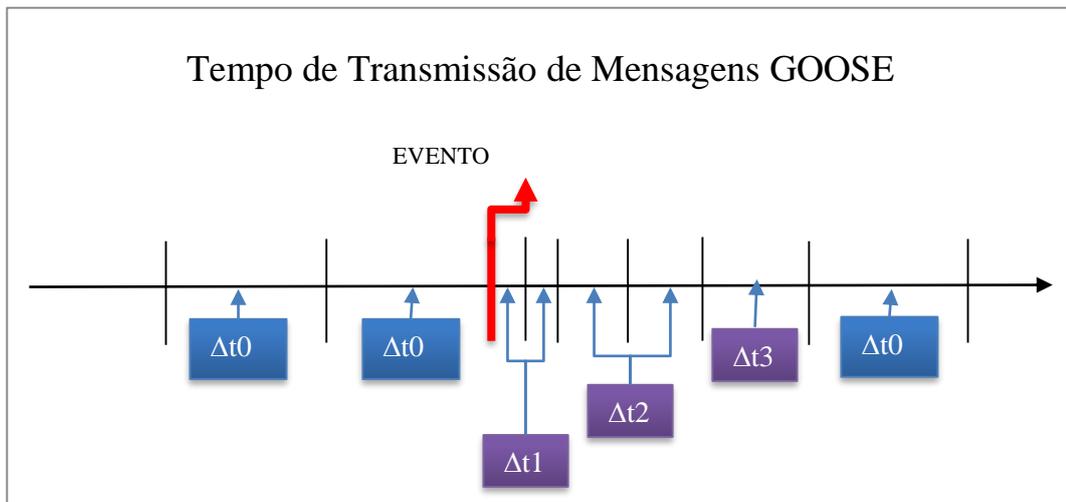


Figura 4. Tempos de transmissão de mensagens GOOSE.

Para manter o tráfego de mensagens GOOSE operando de forma segura, algumas medidas devem ser adotadas para manter a sua elevada velocidade de transmissão. Um item que deve ser levado em conta para isso, é o switch gerenciável. Esses equipamentos são semelhantes aos switches convencionais e devem dispor de protocolos de controle de fluxo, VLAN tagging (ou identificador de VLAN), protocolo de prioridade, suporte a mensagens GOOSE, entre outros requisitos, para poder atender à norma.

3.7 VLAN

As Redes Virtuais Locais, ou VLANs, são redes virtuais criadas com o intuito de isolar o fluxo de informações provenientes de um IED para um ou mais IEDs e reduzir o tráfego de dados na rede. A aplicação de VLANs disponibiliza ao usuário diversas possibilidades de arquiteturas de redes virtuais, das mais simples às mais complexas, de forma que as rotas entre os IEDs são traçadas virtualmente, não necessitando assim de uma estrutura física para a utilização de tal funcionalidade ou de estarem próximos necessariamente uns dos outros (MIRANDA, 2009).

Uma das vantagens de adoção de uma VLAN em redes de automação de subestação é o agrupamento da comunicação entre equipamentos para a adoção de funções críticas e/ou específicas, estando alocada em uma rede LAN da própria subestação, ou até em outra instalação, possibilitando a aplicação de diversas funções de proteção, medição e controle.

A aplicação da VLAN na norma IEC 61850 proporciona a vantagem de conferir maior confiabilidade e segurança para a rede local da subestação, de forma que a mesma segregará as mensagens mais importantes das de menor importância, garantindo assim uma menor latência das mensagens mais críticas na rede por conta do tráfego de mensagens de menor importância.



4 GERAÇÃO DISTRIBUIDA

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a geração distribuída (GD) é o termo que caracteriza as usinas de geração de energia elétrica de pequeno e médio porte, reguladas pelo decreto nº5.163, limitando a potência instalada em hidroelétricas até 30MW e termoelétricas a partir de 75% de eficiência energética. Instaladas geralmente próximas de centros consumidores, elas estão conectadas à rede primária de distribuição ou subtransmissão de energia para auxiliar no suprimento dos grandes blocos de consumo energético.

A geração distribuída exerce um papel extremamente importante nos quesitos de diversificação da matriz energética nacional e na elevação do grau de confiabilidade da mesma. Entretanto, a mesma vem acompanhada também de alguns pontos negativos. Quando uma GD é conectada a um alimentador já existente, se faz necessário um estudo técnico aprofundado, pois, a inserção de uma GD no sistema muitas vezes eleva os níveis de curto circuito na rede e ainda pode inverter o fluxo de potência na mesma.

4.1 ILHAMENTO DE GERADORES DISTRIBUÍDOS

A condição de ilhamento ocorre quando a fonte de maior potência que alimenta uma subestação é desconectada do sistema, e a GD que está ligada em paralelo a essa fonte acaba por suprir toda a carga que estiver conectada a essa subestação. Essa condição geralmente não é aceita pelas concessionárias, pois, a geração ilhada na maioria das vezes não consegue suprir sozinha as cargas do sistema em condição de ilhamento, o alimentador pode permanecer energizado, elevando os riscos para as equipes de manutenção, além de não serem responsáveis pelos índices de qualidade de energia garantidos aos consumidores finais, sendo esses de responsabilidade das concessionárias.

4.2 TÉCNICAS DE DETECÇÃO DE ILHAMENTO

Existem algumas técnicas operativas para se identificar a condição de ilhamento, podendo elas serem técnicas locais e técnicas remotas. As técnicas locais identificam a condição de ilhamento através de variações nas grandezas de tensão (27 e 59), frequência (81) e corrente (50/51) no ponto onde estão inseridos os equipamentos de proteção. As proteções citadas anteriormente, são adotadas devido ao fato de que em condição de ilhamento da geração, tende-se a ocorrer uma subfrequência ou uma alta taxa de variação no valor da frequência, a qual está diretamente relacionada ao forte desbalanceamento da potência ativa no subtrecho ilhado.



A lógica adotada no sistema de proteção proposto deve levar em conta as condições apresentadas nos itens a seguir. As condições propostas devem levar em consideração, além do estado dos disjuntores, a potência medida na linha Ornellas-Araujo, baseado na norma IEC61850

5.2.1. CONDIÇÃO 1: COM $P1^1 > 8,0$ [MW]

Tendo como referência a potência máxima a ser exportada pela UTE para a distribuidora de 8 [MW], na condição de exportação de energia estando próxima ou superior a esse valor, os valores de frequência e tensão serão monitoradas e determinadas pela distribuidora. No caso de abertura do disjuntor 13F1 em Martins, as cargas ligadas ao barramento da SE Araujo podem esporadicamente solicitar uma potência ativa maior que 8 [MW] da UTE Ornellas. Neste caso, poderá existir uma variação da frequência, a qual estará sendo monitorada.

Desta forma, o sistema de proteção anti-ilhamento deverá detectar uma potência ativa $P1^1$ maior que 8 [MW] na linha, com a direção Ornellas-Araujo, e ainda uma frequência no barramento de 138 [kV] da SE Araujo menor que 59,5 [Hz] num intervalo de tempo superior a 0,01 segundos.

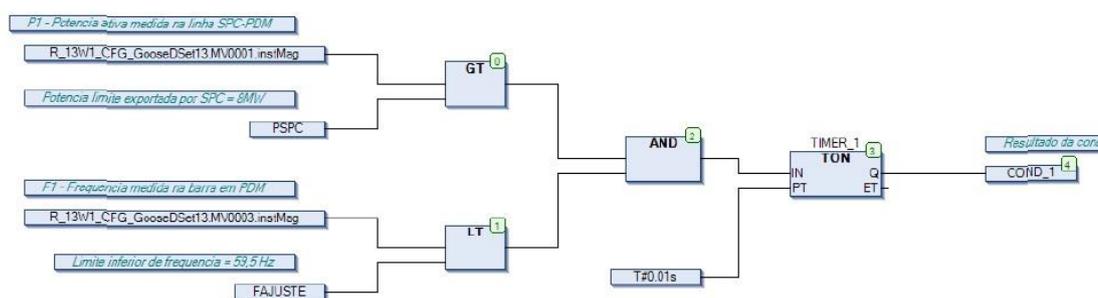


Figura 6. Lógica implementada para a condição 1.

5.2.2 CONDIÇÃO 2: COM $P1^2 \leq 8,0$ [MW]

Quando o disjuntor 13F1 da SE Martins estiver aberto, o disjuntor 13W1 da SE Araujo deverá também estar aberto. Duas condições deverão ser atendidas para que o disjuntor 13W1 seja aberto quando o disjuntor 13F1 vier a abrir, essas duas condições são:

Verificar a quantidade de bancos de capacitores operando no sistema, que não venha a causar uma sobretensão na SE Araujo. Essas condições podem ser detectadas através da medição de potência reativa no sistema.

Caso o disjuntor 13F1 da SE Martins esteja aberto, ocasionará na reversão dos fluxos de potência ativa e/ou reativa e da corrente para o sentido da SE Araujo-Martins.

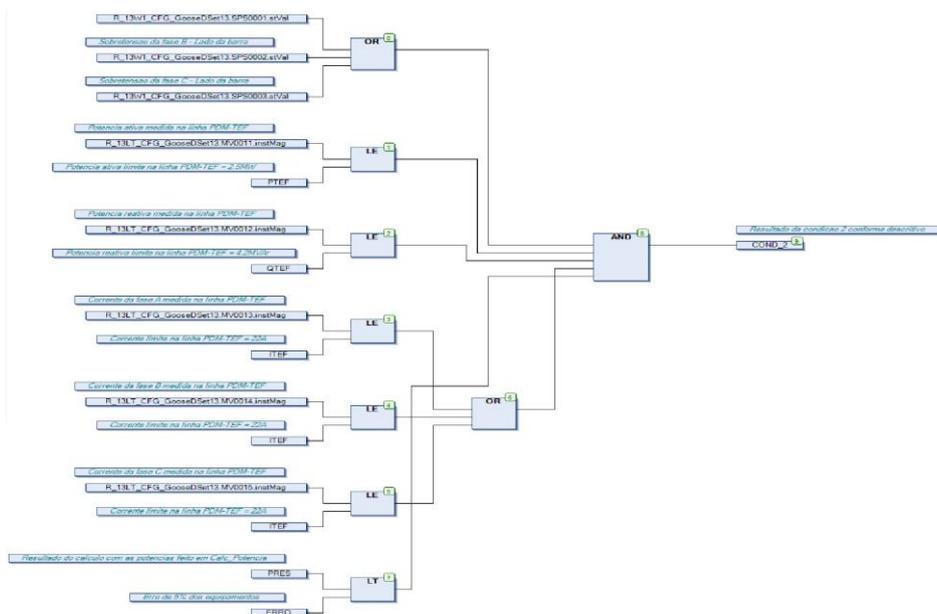


Figura 7. Lógica implementada para a condição 2.

5.2.3. CONDIÇÃO 3: COM A UTE ORNELLAS EM IMPORTAÇÃO

Caso a UTE Ornellas não esteja exportando energia para o sistema, ou seja, esteja operando como uma carga importando energia da distribuidora pela mesma linha onde ela fornece a energia, o sentido da corrente I1 ira inverter, sendo controlada automaticamente pelo sistema ou manualmente por um operador da UTE Ornellas, assim que for necessário.

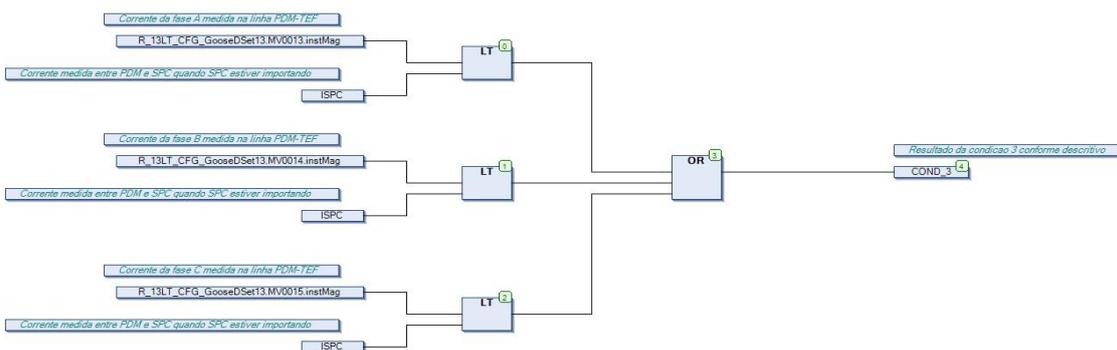


Figura 8. Lógica implementada para a condição 3.

A lógica da condição 3 leva em consideração o valor da corrente medido nas três fases da linha Araujo-Ornellas em 138 [kV], associadas as variáveis MV0013, MV0014 e MV0015, devendo elas serem menores que a variável ISPC.

5.2.4. CONDIÇÕES DE DESLIGAMENTO

Para realizar o desligamento do equipamento 13W1 pertencente a SE Araujo, será adotada a lógica conforme a figura a seguir.

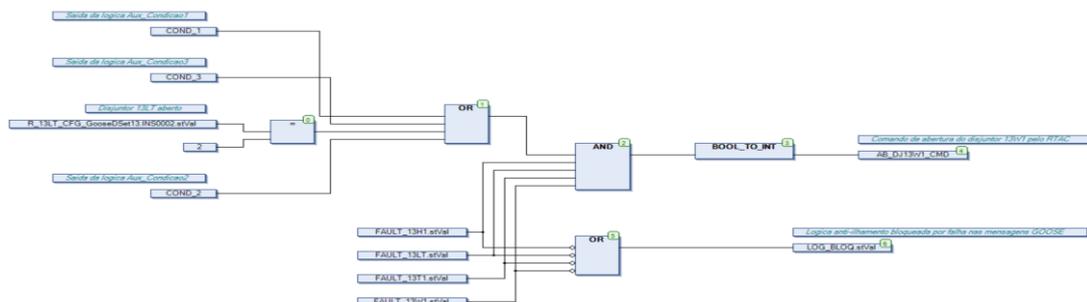


Figura 9. Lógica implementada para o desligamento.

O nível lógico da função de desligamento do disjuntor 13W1 é alterado de zero para um, quando qualquer uma das lógicas COND_1, COND_2 ou COND_3 forem verdadeiras, ou quando o disjuntor 13LT vier a abrir. Afim de evitar riscos como perda de pacotes na transmissão de dados da mensagem GOOSE, foi adotado uma lógica de qualidade da mensagem GOOSE dos IEDs R_13W1, R_13LT, R_13T1 e R_13H1, de forma que quando qualquer uma dessas mensagens recebidas estiverem com uma má qualidade, a lógica de desligamento do disjuntor 13W1 é bloqueada e é setada a variável interna LOG_BLOQ.

5.2.5. BLOQUEIO DE FECHAMENTO DO DISJUNTOR 13W1

Em seguida ao comando de abertura do disjuntor 13W1 da SE Araujo, é esperado o bloqueio de religamento do mesmo, havendo ainda a presença de tensão na linha de transmissão da geração Ornellas e tensão na barra de 138 [kV] da SE Araujo. O religamento também será bloqueado para o caso de haver tensão na linha da geração Ornellas e não havendo a presença de tensão no barramento da SE Araujo em 138 [kV], estando intertravado, com a finalidade de não permitir o fechamento do disjuntor 13W1 na condição de barra morta da SE Araujo. Para a realização dessas condições, se faz necessária a instalação de dois TPs no lado da linha de transmissão da geração Ornellas, e ainda configurar o disjuntor 13W1 para o check de sincronismo de frequência (ANSI 25).

O bloqueio do disjuntor 13W1 é adotado em caso de operação de barra morta-linha viva ou barra viva-linha viva. Somente é liberado o fechamento do disjuntor 13W1 para a situação de barra viva-linha morta após efetivado o check de sincronismo pelo lado da transmissão.

5.2.6 VERIFICAÇÃO DE QUALIDADE DA MENSAGEM GOOSE

Todas as mensagens GOOSE publicadas pelos IEDs que trafegam através do controlador automático, terão sua qualidade monitorada para no caso de uma ou mais delas não apresentarem sua integridade de informação, a lógica de abertura do disjuntor será bloqueada.

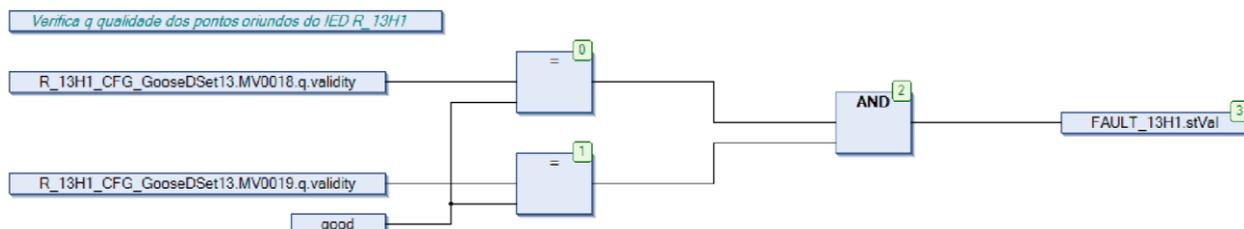


Figura 10. Lógica de verificação de qualidade da mensagem GOOSE

6 CONCLUSÃO

Com a aplicação da norma IEC 61850 no sistema de automação de subestação, uma grande diferença pode ser notada no que diz respeito aos aspectos construtivos, manutenção do sistema, operação, gerenciamento e ao custo de implantação. O principal ganho com a adoção da norma IEC 61850 é a interoperabilidade entre diferentes fabricantes. Além da interoperabilidade, os ganhos obtidos com a norma em comparação com as tecnologias em operação atualmente, são:

- A redução de fios de cobre interligando IEDs para apenas um único meio de comunicação (cabo de rede ou fibra ótica), dependendo da topologia da rede, podem ser utilizados menos IEDs para a adoção de determinadas funções lógicas;
- As fibras óticas não sofrem com as interferências eletromagnéticas extremamente presentes em uma subestação, onde em cabos de cobre pode ocasionar em uma operação indevida de um equipamento;
- A possibilidade de adoção de mensagens GOOSE entre equipamentos e o monitoramento de falha dessa.

A norma garante muito mais vantagens que não foram citadas, se comparado com tecnologias adotadas com mais frequência, onde as empresas podem realizar a troca dos seus dispositivos de proteção por quaisquer outros que atendam às especificações da norma IEC 61850, e que possuam o selo de aprovação emitido pelo KEMA, laboratório especializado em certificar a qualidade de operação dos equipamentos que adotam a norma.

Um fator que essas empresas deverão tratar com grande relevância, é a capacitação e o treinamento de equipes de manutenção, já que além da estrutura lógica e abstrata do tratamento e transmissão de informações terem evoluído, a estrutura física sofrerá mudanças também, de forma que onde existiam uma grande quantidade de fios e cabos interligando IEDs nos fundos dos racks, passará a existir apenas um meio físico trafegando toda essa informação. Os funcionários mais antigos e os novos devem ser devidamente capacitados para operar na manutenção dessa nova arquitetura de automação, pois uma arquitetura de rede LAN difere completamente de uma arquitetura convencional por diversos fatores como o estrutural, o lógico e o operacional.



A norma IEC 61850 é o futuro das empresas do setor energético para tornar o sistema elétrico mais confiável e imune ao número falhas. A adoção dessa norma deve ser gradativa por conta do custo associado a ela, mesmo assim, ainda é vantagem adota-la nos sistemas de automação de subestação por conta dos ganhos que ela disponibiliza e das falhas que ela torna possível prevenir.

7 REFERÊNCIAS

COELHO MIRANDA, Juliano. Interoperabilidade e intercambialidade entre Equipamentos de Supervisão, Controle e Proteção Através das Redes de Comunicação de Dados. São Carlos: Escola de Engenharia de São carlos, Univesidade de São Paulo, 2009. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica

CHEMIN NETTO, Ulisses. Aplicação de controle e supervisão distribuídas em subestações de energia elétrica através do uso de relés digitais de proteção. São Carlos :Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2008. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica.

[INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. IEC-61850, parte 7.4: basic communication structure for substation and feederequipment – compatible logical node classes and data classes. 2003. IEC 61850-7-4:2003.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. IEC 61850, part 7.2: basic communication structure for substation and feeder equipment - abstract communication service interface (ACSI). 2003. IEC 61850-72:2003.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. IEC-61850, part 7.3: basic communication structure for substation and feeder equipment – common data classes. 2003. IEC 61850-7-3:2003.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. IEC-61850, part 8.1: specific communication service mapping (SCSM) – mappings to MMS (ISO 9506-1 and ISO 9506-2) and to ISO/IEC 8802-3. 2004. IEC 61850-81:2004.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. IEC-61850, part 9.1: specific communication service mapping (SCSM) – sampled values over serial unidirectional multidrop point to point link. 2003. IEC 61850-91:2003.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. IEC-61850, part 10: conformance testing. 2005. IEC 61850-10:2005.