



**XXIII SNPTTE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

FI/GPC/28
11/03/2015
18 a 21 de Outubro de 2015
Foz do Iguaçu - PR

GRUPO - V

**GRUPO DE ESTUDO DE PROTEÇÃO, MEDIÇÃO, CONTROLE E AUTOMAÇÃO EM SISTEMAS DE POTENCIA-
GPC**

**CONTROLE DE PARALELISMO (SPS) DE ATÉ 4 TRANSFORMADORES
UTILIZANDO LÓGICAS NOS RELÉS DE CONTROLE OU PROTEÇÃO DO TRANSFORMADOR**

**Osvaldo Foroni Junior
Siemens**

RESUMO

Esse documento tem por finalidade reportar uma solução para controle de paralelismo de transformadores utilizando lógicas dentro dos relés da própria proteção ou controle dos transformadores eliminando a necessidade de equipamentos dedicados para tal atividade. Haja vista que hoje temos relés disponíveis no mercado que já contemplam as funções 90 (regulação de tensão) e controle de TAP, foi necessário apenas implementar as lógicas do paralelismo utilizando blocos lógicos dentro de um ambiente específico para tal que também está disponível dentro da maioria dos relés de proteção e controle (IEDs). Para essa solução especificamente foram utilizados relés do fabricante Siemens da linha SIPROTEC 5 que contemplam as funções 90, controle de TAP e possui ambiente de lógicas adequado para ser criadas as lógicas do paralelismo.

PALAVRAS-CHAVE

Paralelismo, Relés, Controle de TAP, Transformador, Função 90

1.0 - INTRODUÇÃO

Nesse informe técnico iremos apresentar de forma simplificada como será feito o sistema e as lógicas de paralelismo de até quatro transformadores utilizando relés de proteção ou de controle. Falamos sempre em relés de proteção ou controle pelo motivo de que os dois tipos de relés possuem a capacidade de fazer a função 90, controle de Tap e lógicas de paralelismo. A utilização de um ou outro vai depender da disponibilidade dos mesmos no sistema de proteção e controle dos transformadores e também da necessidade do cliente de se usar um ou outro tipo de relé. Para o fabricante Siemens especificamente, quando utilizado a linha de relés Siprotec 5, tanto o relé de proteção (7UT8xx) quando o relé de controle (7SJ8xxx) estão aptos a fazer a função 90, o controle de tap e as lógicas de paralelismo. A utilização de um ou outro, portanto, vai depender da disponibilidade dos mesmos de acordo com o que foi explanado anteriormente. Para utilização de relés de outros fabricantes há a necessidade de se verificar se os mesmos possuem os pré-requisitos descritos anteriormente para que se possa desenvolver a solução desejada. Nos capítulos seguintes como modo de explicação utilizaremos o relé Siprotec 5 7SJ85 da Siemens para executar as lógicas necessárias para o paralelismo. O tipo de aquisição de dados dos sistemas será feito via entradas binárias e distribuídos entre os relés quando necessários via GOOSE já que para nosso exemplo utilizaremos relés com IEC 61850. Lembrando que essa aquisição de dados e essa troca de informação entre os relés pode ser feita de outras maneiras de acordo com a disponibilidade dos protocolos de comunicação utilizados porém como exemplo para esse informe técnico utilizaremos entradas binárias físicas e protocolo de comunicação IEC61850. Não entraremos em detalhes do funcionamento de cada protocolo específico já que este não é o foco do informe técnico.

O motivo do desenvolvimento dessa solução é que atualmente utilizamos equipamentos de fabricantes dedicados para fazer paralelismo de transformadores, porém esses equipamentos necessitam de comunicação, interfaces, painel próprio, etc, e por serem dedicados tornam o sistema em geral mais caro e complexo. Procuramos então uma solução para substituir esses equipamentos dedicados de paralelismo de transformadores por um

equipamento mais robusto, com maior capacidade de processamento, mais barato e menos complexo que os anteriores. Os relés de controle e proteção passaram então a fornecer uma opção para esse tipo de solução preenchendo os pré-requisitos citados anteriormente.

A maioria dos IEDs usados para controle e proteção hoje em dia possui alta capacidade de processamento e um ambiente amigável de lógicas de controle o que facilita o desenvolvimento da solução que será apresentada.

2.0 - ARQUITETURA DO SISTEMA

Nesse capítulo mostraremos como será a arquitetura do sistema que será utilizado para fazer o paralelismo dos transformadores. Lembrando que para nossa aplicação utilizaremos relés Siemens SIP5 com função de controle de TAP e relé 90. Para solução específica que iremos desenvolver, iremos utilizar um relé de controle para cada transformador onde esse relé além de fazer o controle do bay também fará a aquisição dos dados necessários ao paralelismo do transformador, como posição de TAP, por exemplo, além de conter lógicas do paralelismo e saídas de comando para o comutador de taps do transformador. Esses relés de controle apesar de possuírem a função 90 ela não será utilizada pois iremos usar um relé 7SJ85 dedicado somente para fazer essa função e as lógicas de paralelismo. Existem diversas maneiras de desenvolver a lógica do paralelismo, uma delas, por exemplo, pode-se utilizar cada relé de controle fazendo a função 90 independentemente e sendo mestre ou comandado. Porém para essa solução específica não faremos dessa forma, iremos desenvolver uma lógica onde um relé separadamente faz a função de relé 90 e os outros de cada transformador somente aquisitam posição de tap e dão comando no comutador de TAPs individualmente. Essa lógica será explanada ao longo do documento

2.1 Arquitetura Física do Sistema

Segue o desenho da arquitetura do sistema

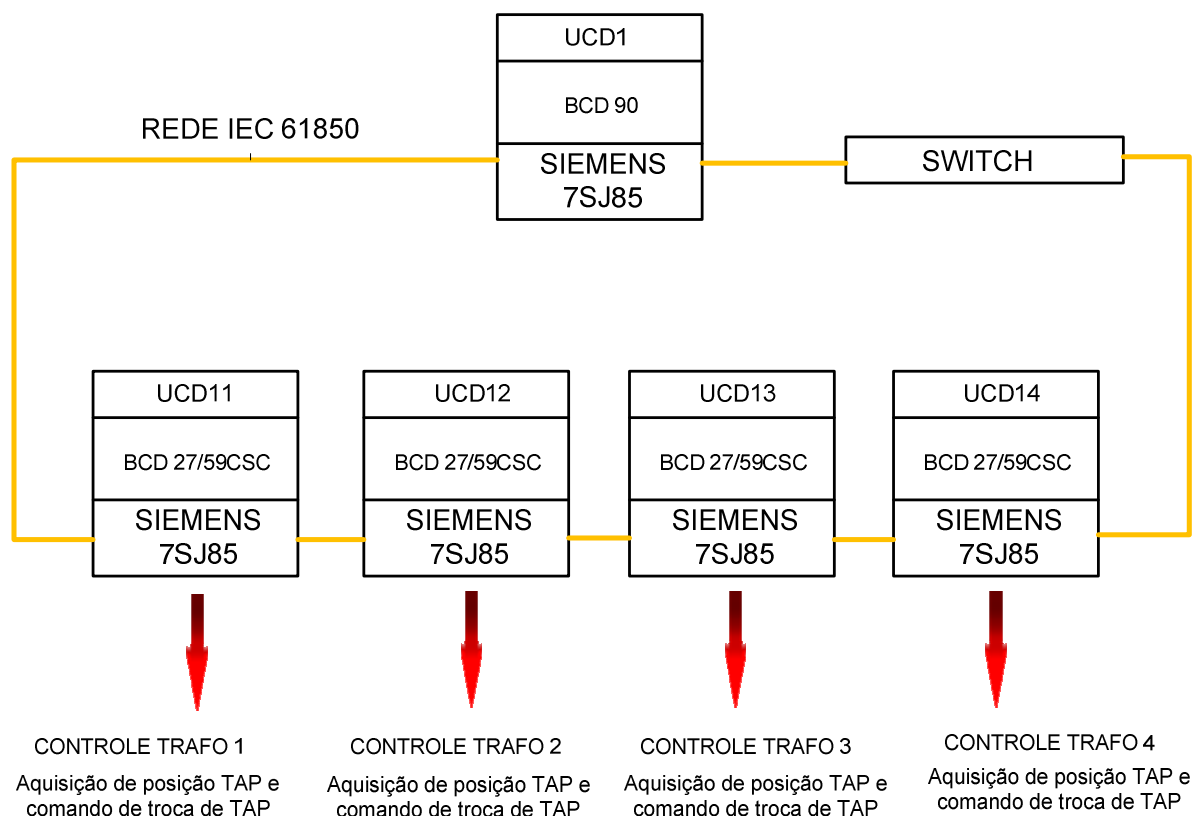


FIGURA 1 – Arquitetura geral do sistema

2.2 Descrição dos equipamentos utilizados

A seguir iremos definir os equipamentos que serão utilizados nessa solução de paralelismo de transformadores:

- 1- UCD11, UCD12, UCD13, UCD14 - IED 7SJ85 Relé de controle e proteção com as funções de Tap change, controle geral do vão do transformador, 27/59 CSC entradas e saídas digitais suficientes para utilização das lógicas ;
- 2- UCD1 – IED 7SJ85 Rele de controle e proteção com as funções de Tap change, função 90, controle geral do vão do transformador, 27/59 CSC entradas e saídas digitais suficientes para utilização das lógicas;
- 3- Switch – Esse switch tem a função de permitir acesso remoto ao anel formado pelos relés utilizando o protocolo RSTP em conjunto com a norma IEC61850

2.3 – Descrição da função de cada equipamento

Os IEDs UCD11, UCD12, UCD13 e UCD14 (que irei chamar de UCD1x) são relés responsáveis pelo controle do vão do transformador e em adição a isso também vão ser responsáveis pela interface de controle de paralelismo referente ao transformador protegido. Cada relé individualmente irá aquirir as posições de TAP(entrada binária BCD) do transformador associado a ele, além de também aquirir dados do comutador como falha de CSC, CSC em marcha, falta tensão comando no CSC, CSC em local ou remoto, CSC curso incompleto, CSC limite inferior, CSC limite superior, etc. Como o IED já possui uma função interna dedicada a fazer o controle de TAP este irá fornecer informações diretamente da função como falha de posição, posição mais alta ou mais baixa alcançada, além da posição atual. O comando de aumentar e diminuir TAPs também irá sair diretamente da função de Tap changer desses relés. Outros comandos serão criados via lógica no relé como comando de local remoto e comando de parada de emergência. A seleção de individual e paralelo irá vir do relé de controle geral (UCD1) via goose. Quando em individual o comando de subir e descer tap será forçado manualmente pela UCDx de cada vão, quando em paralelo o comando virá da UCD1 via goose utilizando a saída de aumentar e diminuir tap do relé UCD1x. Resumindo então, os IEDs UCD1x irão fazer todo controle de tap quando estiverem em individual tanto em local quanto em remoto. Quando em paralelo o controle do tap será feito pela UCD1 utilizando a função de TAP changer dos IEDs UCD1x para aumentar e diminuir tap. Essas unidades de controle não irão utilizar da função 90, já que quando em individual eles estarão sempre em manual e nunca em automático. Caso haja necessidade poderá se utilizar da função 90 nos relés de UCD1x para fazer controle automático de tap quando em individual. Para nosso exemplo de solução não teremos a opção de individual e automático ao mesmo tempo, apesar de essa ser capaz de ser implantada se necessário.

O relé UCD1 será responsável pela maioria das lógicas do paralelismo. Nele serão aquiridas todas as posições de taps dos transformadores que virão via goose das UCD1x para fazer o individual/ paralelo. Os comandos de aumentar e diminuir tap quando em paralelo irá sair desse relé e irá via goose para os UCD1x que mandarão o comando fisicamente para o comutador de taps. A UCD1 irá utilizar a função 90 intrínseca do relé para fazer a regulação de tensão. Quando com o sistema em paralelo/automático este irá enviar os pulsos automaticamente de subir e descer tap para todos transformadores que estiverem participando do paralelismo via UCD1x que receberão essas informações via goose e mandarão fisicamente o comando para o comutador de TAP. Serão aquiridas também nesse relé todas as informações de tensão, seleção de tensão das barras para o caso de ser barra de transferência ou barra dupla, informações de defeitos em algum dos comutadores, falha de comunicação entre os relés, seleção manual/auto, intertravamentos para que ocorra paralelismo, etc. Lembrando que para nosso sistema em questão não iremos ter o esquema de mestre comandado, já que teremos um relé separado dos demais sendo usado especificamente para fazer o comando do paralelismo quando o sistema estiver em paralelo. A condição de mestre comandado poderia ter sido usada também, porém a filosofia de paralelismo deveria ser outra onde não teríamos que utilizar um relé concentrando as lógicas do paralelismo. Nesse caso usaríamos as lógicas distribuídas entre as UCD1x sem a necessidade da UCD1 que não é o que está sendo feito no sistema aqui proposto.

O Switch nesse caso será utilizado somente para o sistema em anel dos relés utilizando o protocolo RSTP dentro da norma do IEC61850. O acesso remoto a esses relés também poderá ser feito via portas de comunicação desse switch.

3.0 - DESCRIÇÃO DETALHADA DO SISTEMA

Nesse capítulo iremos detalhar como serão feitas as lógicas do paralelismo para o sistema em questão. Serão descritos os tipos de lógicas que serão implementadas dentro de cada IED de modo a deixar mais claro o funcionamento do sistema em geral.

3.1 – Relé UCD1x

Nesses relés, onde são feitas as lógicas de controle dos transformadores, iremos aquirir a posição de tap do comutador via BCD. O relé já possui uma função dedicada para isso que é parametrizada com ajustes de quantidade de Taps, maior e menor Tap, tempo de comando de variação de Tap, etc....Com essa função podemos aquirir a posição atual do Tap e varia-la individualmente com comandos internos da função conforme a necessidade. Nesse relé sairão os comandos de tap quando o transformador estiver em individual. Quando o

comutador estiver em paralelo a saída do comando de tap também irá sair desse relé porém ele irá receber o comando do relé que faz as lógicas do paralelismo que é o relé UCD1 e irá enviar via sua BO para o comutador. Esse relé irá enviar a posição atual de tap dele para UCD1 para que esta use na lógica do paralelismo. Nesse relé além das entradas de comutador de taps, também receberemos entrada do comutador em marcha onde poderemos fazer a contagem do número de operação. Comandos do tipo de local/remoto, parada de emergência também são executados dentro destes relés. Outras entradas como limite máximo, mínimo, curso incompleto, falta tensão de comando serão utilizados no intertravamento dos comandos de aumentar e diminuir taps. A informação de individual ou paralelo irá ser recebida via goose vinda da UCD1. Com essa informação será feito o intertravamento no relé do comando que sairá para o comutador de taps. Quando em individual, este aceitará comando da UCD1x, porém quando em paralelo só será aceito comandos para o comutador que vierem da UCD1 via goose.

As figuras abaixo dão um exemplo de como são feitas as lógicas de intertravamento dos comandos e aumentar e diminuir TAPs.

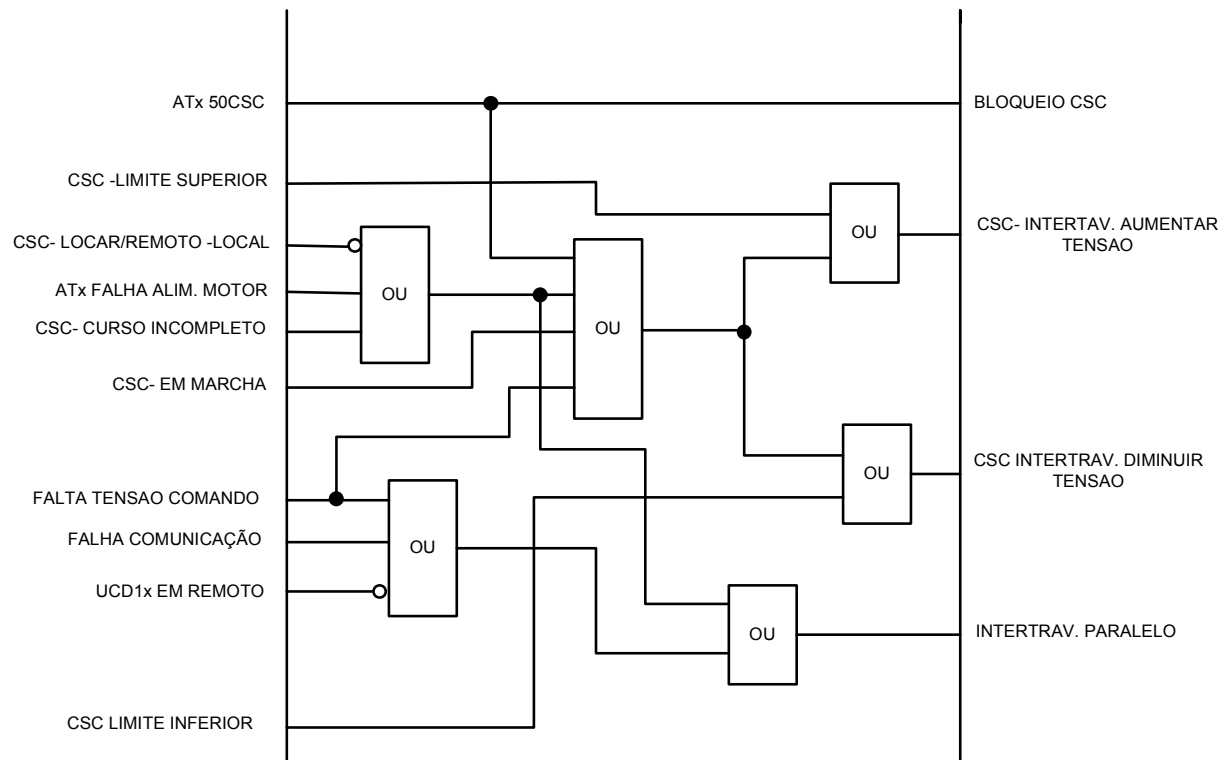


FIGURA 2 - Intertravamento do CSC

Na figura acima vemos as entradas que são utilizadas para o intertravamento do comutador CSC. Esses intertravamentos bloqueiam os comandos de aumentar e diminuir TAP. Podemos ver também que na lógica temos a variável "intertravamento paralelo". Essa variável vai para a UCD1 para que essa bloqueie a transição do sistema para paralelo.

Nas figuras abaixo teremos as lógicas de aumentar e diminuir tap feita nos relés UCD1x. Observe que nas entradas temos os intertravamentos do comando, temos a informação de sistema em paralelo que vem via goose da UCD1, temos os comandos locais e remotos de aumentar e diminuir que são gerados pela UCD1x para quando o sistema está em individual e temos os comandos de aumentar e diminuir para o sistema em paralelo que vem também via goose da UCD1. Os resultados das lógicas que são os comandos de aumentar e diminuir TAP vão para saídas binárias que estão ligadas ao comutador.

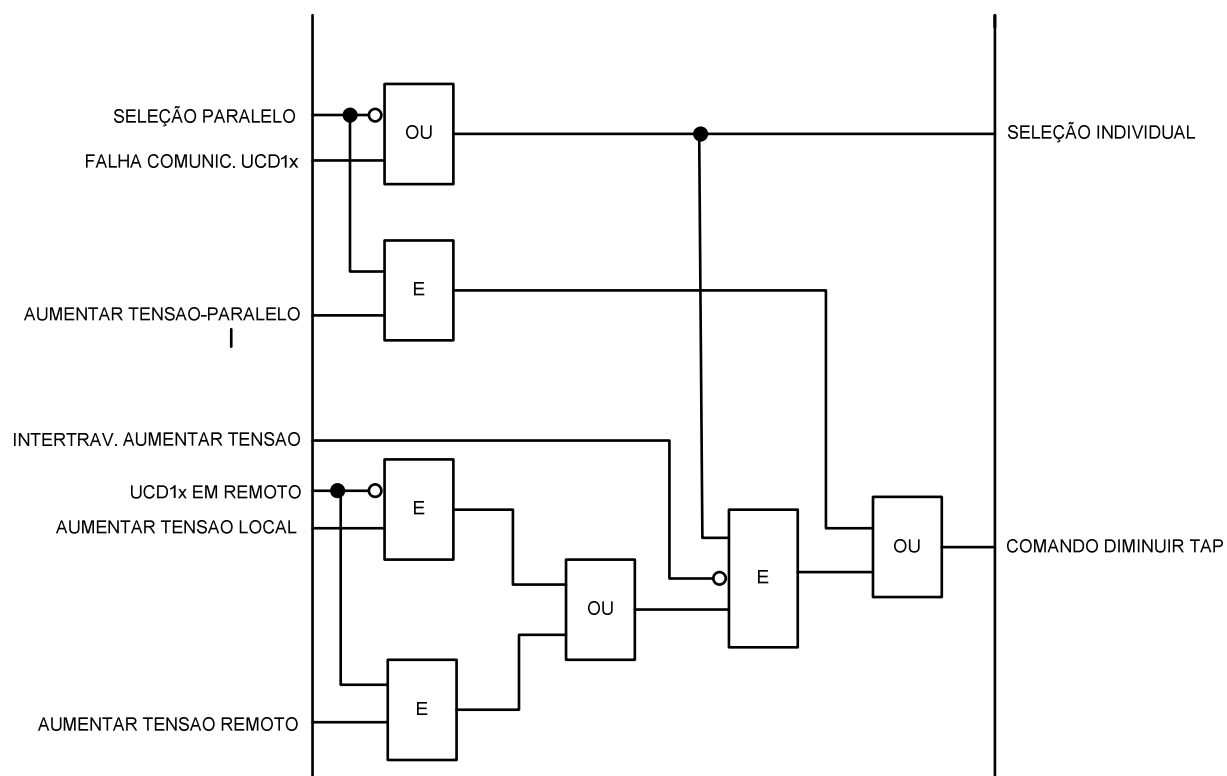


FIGURA 3 – Lógica de diminuir TAP

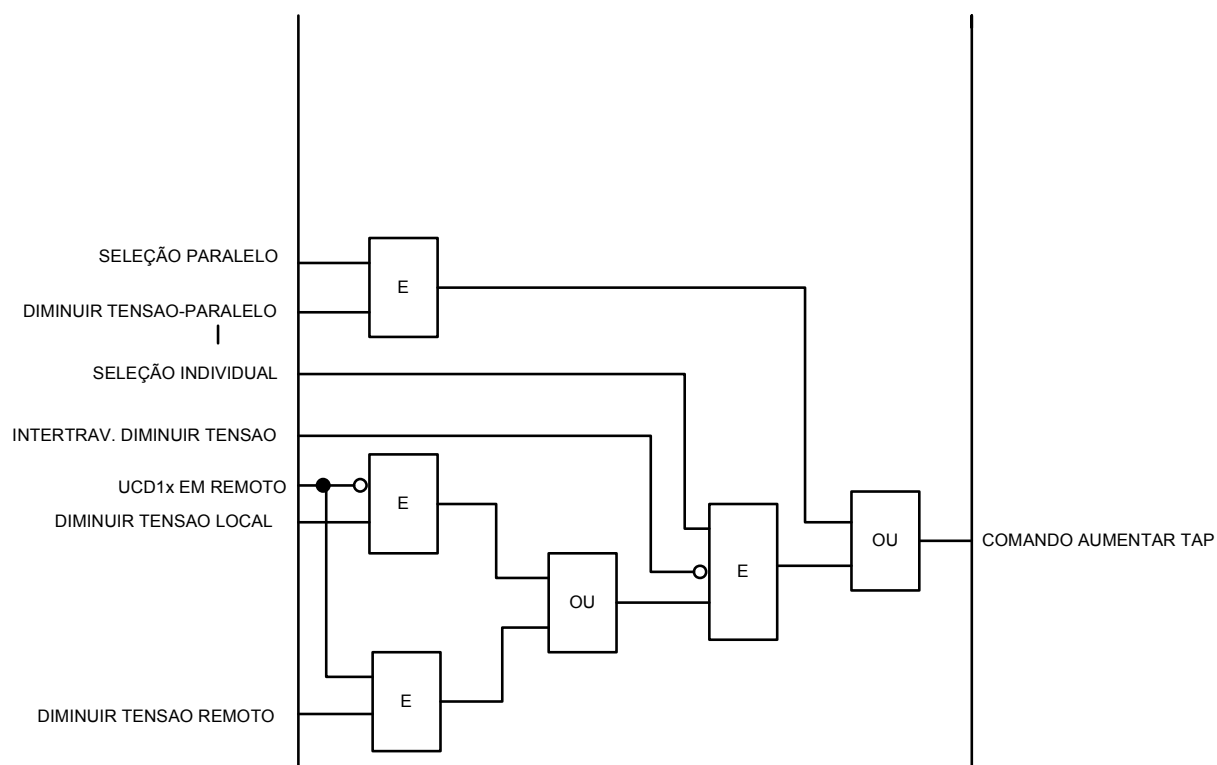


FIGURA 4 – Lógica aumentar Tap

3.2 – Relé UCD1

Esse relé é responsável por fazer toda lógica de paralelismo dos transformadores. Ele irá receber as posições de taps de todos os transformadores via goose vindo das UCD1x, pois para que haja paralelismo todos os transformadores tem que estar na mesma posição de tap o que indica mesmo nível de tensão. Além dessas informações, esse relé também terá que receber informações sobre os transformadores para saber quais estarão em serviço e quais estarão fora de serviço, de forma a verificar quais transformadores farão parte do paralelismo quando requisitada tal situação. Dependendo da arquitetura da subestação iremos também ter que verificar qual transformador está em qual barra (caso haja mais de uma barra no sistema) de maneira que sejam selecionadas as tensões das barras das quais os relés estejam ligados. Fazendo todas essas verificações, poderemos ver se a condição de paralelo é estabelecida e caso seja os relés que estiverem participando do paralelismo irão receber via goose a informação de paralelismo ativo. A partir daí todos os comandos de aumentar e diminuir taps serão feitos pela UCD1.

Nesse relé também será feita a lógica de manual ou automático. Quando selecionado em manual, os comandos de aumentar ou diminuir tap serão feitos manualmente pelo operador e estes irão para todos relés que estiverem participando do paralelismo. Na opção de automático, este relé irá utilizar a função 90, uma função de regulação de tensão que verifica a tensão em que o sistema está e busca a tensão que deseja chegar. Para isso ela tem que verificar a tensão atual do sistema via entradas de tensão secundárias e enviar comandos de aumentar e diminuir taps para os comutadores dos transformadores de modo a alcançar a tensão desejada. Após enviar o comando de comutação o relé 90 verifica a tensão para confirmar se alcançou o desejado. Caso não tenha alcançado, este irá continuar enviando comandos até que a condição seja estabelecida. Quando em paralelo e automático o relé envia o comando de comutação de taps automaticamente para todos os relés do paralelismo que enviam esses comandos para seus comutadores. Sendo assim todos sempre ficarão com o mesmo nível de tensão e mesma posição de TAP.

A verificação de qual relé irá participar do paralelismo irá depender plenamente de qual transformador está em serviço e qual transformador está fora de serviço como já foi dito anteriormente. Para fazer essa verificação de em serviço e fora de serviço teremos que utilizar entradas binárias específicas para isso. Teremos também que ter a informação de qual barra o transformador está ligado naquele momento. Para nosso objeto de estudo faremos um exemplo onde o sistema é formado em barra dupla, isto é, temos duas barras das quais o transformador pode estar ligado, e dentro da lógica verificar situações das quais qual dos relés está em serviço em conjunto com outros relés e em qual barra cada relé está naquele determinado momento. Essas lógicas farão uma determinação da situação momentânea de paralelismo para os transformadores que estiverem distribuídos por entre as duas barras. Isso permitirá utilizar a seleção de tensão correta ou posição de tap correta para quem estiver na mesma barra impedindo erro em situações onde tensões de barras sejam diferentes e os transformadores enviem informações falsas ou incorretas para o sistema de paralelismo.

Deve-se também nas lógicas sempre fazer a verificação dos comandos de modo a verificar se os mesmos estão sendo enviados corretamente e verificar se os comutadores estão recebendo os comandos. A supervisão dos comandos também auxilia na verificação de discordância de posições de tap e também bloqueia comandos que possam ser enviados indevidamente como comando de aumentar quando o comutador já estiver no máximo ou comando de diminuir quando o comutador já estiver no mínimo.

Como a maioria dos pontos trocados entre os relés trafegam via goose, deve-se fazer uma supervisão de rede confiável para que esta não interrompa a comunicação entre os mesmos. A verificação da saúde dessa comunicação também deve fazer parte das lógicas de intertravamento de maneira a se tomar decisões lógicas no caso em que a comunicação seja interrompida. Dessa forma sempre que a lógica estiver dependente de pontos que são enviados, ou melhor, recebidos via goose entraremos também com a lógica de falha de comunicação para que no caso em que a comunicação seja interrompida não tenhamos falhas nas lógicas de paralelismo ou qualquer outra lógica implementada no relé.

4.0 – CONCLUSÃO

As lógicas para se fazer o paralelismo de transformadores quando detalhada em diagrama lógico, especificamente para quatro transformadores, se apresenta de forma bem mais complexa do que foi explanado nesse documento. Para que se entrasse em níveis altos de detalhamento do sistema, teríamos que demonstrar e explicar todas as etapas do diagrama lógico, o que tornaria este um documento complexo com um número muito grande de páginas. Tentou-se demonstrar então em linhas gerais que é sim possível se utilizar de relés de proteção e controle para fazer um sistema de paralelismo de transformadores sem a utilização de um sistema dedicado, e este pode atender diversos tipos de filosofias aplicadas a paralelismo podendo ser alterada de acordo com as necessidades do cliente já que esses IEDs possuem grande capacidade e variedade de lógicas.

5.0 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) SIPROTEC 5 , Transformer Differential Protection , Manual C53000-G5040-C016-5, Edition 11.2014
- (2) SIPROTEC 5, Overcurrent Protection, Manual C53000-G5040-C017-3, Release 10.2013

(3) Manual Técnico Supervisor de Paralelismo SPS V1.1 e 1.2 MA-001 Rev. 3 07/11/2003

(4) Manual Técnico TapCon Operating Instructions BA 261-002/02

6.0- DADOS BIOGRÁFICOS

Oswaldo Foroni Junior. Nascido em Indaiatuba-SP em 12 de dezembro 1979. Graduado em engenharia elétrica pela Universidade Federal de Itajubá em dezembro de 2004, tendo atuado desde então na área de proteção e controle de subestações e usinas geradoras de energia elétrica. Atualmente é especialista em proteção na Siemens.