



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

GCQ 32
14 a 17 Outubro de 2007
Rio de Janeiro - RJ

**GRUPO XIII
GRUPO DE INTERFERÊNCIAS, COMPATIBILIDADE ELETROMAGNÉTICA E QUALIDADE DE ENERGIA
ELÉTRICA – GCQ**

DESENVOLVIMENTO DE UM REGULADOR DE TENSÃO COM COMUTADOR ELETRÔNICO DE TAP'S

Maurício Aredes (*)¹, Mauro do Sandro Reis¹, João A. Moor Neto^{1,3}, Lucas F. Encarnação¹, Márcio Gavazzi²

COPPE/UFRJ¹, BANDEIRANTE ENERGIA², CEFET-RJ³

RESUMO

O primeiro objetivo do controle de tensão do sistema de distribuição é possibilitar que os consumidores disponham de tensão em limites adequados as suas necessidades. Neste sentido, os Reguladores de Tensão com comutadores eletromecânicos de Tap's tem sido utilizados para garantir uma regulação satisfatória da tensão. Entretanto, a grande utilização de equipamentos eletro-eletrônicos nos consumidores, sensíveis as variações de tensão, motivou a busca por novas tecnologias visando a obtenção de tempo de resposta mais rápido do circuito de comutação do regulador de tensão. Deste modo, os comutadores eletrônicos de Tap's proporcionam uma melhoria na qualidade de energia suprida devido a sua capacidade de responder rapidamente às oscilações de tensão.

Este artigo apresenta uma proposta de Regulador de Tensão com Comutador Eletrônico de Tap's (RECET) que foi desenvolvido visando a substituição dos Reguladores Convencionais com Comutador Eletromecânico de Tap's em sistemas de distribuição. Serão apresentados resultados de simulações no programa PSCAD/EMTDC[®] que atestam que o RECET é uma opção efetiva na regulação de tensão.

PALAVRAS-CHAVE

Autotransformador, Comutador Eletrônico, PSCAD/EMTDC[®], Regulador de Tensão, Tiristor, VTCD

1.0 - INTRODUÇÃO

Uma utilização satisfatória da energia elétrica pela sociedade em seus diferentes setores pode ser garantida por intermédio de um sistema de distribuição eficiente. Com o crescimento dos sistemas de distribuição, de modo direto, aumenta a necessidade de inclusão de dispositivos que possibilitem a regulação de distúrbios na tensão.

Os órgãos regulamentadores cada vez mais indicam para uma contínua necessidade da melhoria na qualidade da energia fornecida pelas concessionárias. Neste sentido, a aplicação dos Reguladores de Tensão tem se mostrado de grande importância na manutenção dos níveis de tensão em um alimentador, dentro dos limites especificados pela resolução 505/2001 da ANEEL (1). Nesta resolução, estão indicadas as disposições relacionadas à conformidade dos níveis de energia elétrica em regime permanente.

Atualmente, a maioria dos sistemas de potência tem operado bem próximo dos seus limites máximos de carga devido ao aumento de consumo e às restrições econômicas e ambientais para a expansão da geração de energia elétrica e a instalação de novas linhas. Este fato tem comprometido a qualidade da tensão fornecida.

Variações de Tensão de Curta Duração (VTCD's) são ocorrências comuns numa rede do sistema elétrico. Porém, mais do que causar irritação aos consumidores, este tipo de ocorrência pode provocar danos financeiros de largas proporções às indústrias, especialmente aquelas que se utilizam de processos industriais complexos com o uso de equipamentos sensíveis, ou cargas críticas, onde uma perturbação de tensão pode interromper o funcionamento das mesmas, e o retorno à operação normal pode ter duração de algumas horas.

Os Reguladores de Tensão são amplamente utilizados em sistemas de distribuição no Brasil há décadas. Estes equipamentos são baseados em comutadores automáticos eletromecânicos que possibilitam um bom desempenho na regulação da tensão em regime permanente (2). Entretanto, com o intuito de obter um tempo de resposta mais rápido na atuação do Regulador de Tensão, aprimoramentos no circuito de comutação tem motivado pesquisas neste tema.

A utilização de Reguladores de Tensão com Comutador Eletrônico de Tap's possibilita que seja obtida uma regulação de tensão mesmo diante de VTCD's (Variações Transitórias de Curta Duração), ou seja, será obtida uma melhoria na qualidade no fornecimento de tensão ao longo do sistema de distribuição. Isto é possível pelo fato do uso de um comutador baseado em semicondutores de potência, que possibilitará a mudança de Tap's de forma direta, sem a necessidade de ir passando de um nível até outro desejado de forma seqüencial (um a um), como ocorre no comutador eletromecânico. Sendo assim, o comutador eletrônico proporcionará a variação direta entre os diferentes Tap's especificados no comutador eletrônico do Regulador de Tensão.

Neste cenário, este trabalho apresenta o estado atual do desenvolvimento de um Regulador de Tensão com Comutador Eletrônico de Tap's (RECET), que possibilitará uma regulação de tensão em uma faixa compatível ao Regulador de Tensão comercial com comutador eletromecânico, mas com um tempo de resposta muito inferior. Sendo assim, tendo em vista a sua capacidade de responder rapidamente às variações da tensão da rede, a substituição do Regulador de Tensão Convencional pelo RECET, possibilitará uma melhoria considerável na qualidade da tensão suprida aos consumidores.

São apresentados resultados de simulação no programa PSCAD/EMTDC® do funcionamento do RECET com o fluxo de energia nos dois sentidos, deixando evidente a sua viabilidade operacional. Também constam os resultados de simulação no programa PSCAD/EMTDC® do bom desempenho do RECET diante distúrbios de tensão em um sistema base representativo de um alimentador de uma concessionária. Fica evidente na análise dos resultados das simulações que além da compensação de oscilações na tensão, o RECET também possui a capacidade de compensar desequilíbrios de tensão.

2.0 - DESCRIÇÃO DO RECET

O primeiro regulador de tensão com comutador eletrônico de Tap's em nível mundial foi colocado em operação na Noruega em 1986 pela ABB Components (3). Posteriormente, surgiram outras proposições envolvendo diferentes projetos de transformadores, conexões de chaves e técnicas de controle visando obter um nível de tensão desejado à carga (4-9).

Como o regulador monofásico com comutador eletrônico desenvolvido é direcionado para operar em níveis de distribuição de média tensão, as chaves semicondutoras deverão operar com potências elevadas, o que certificou a aplicação de tiristores no circuito do comutador eletrônico. O comutador eletrônico foi concebido considerando a utilização de grupos de tiristores em anti-paralelo (8), sendo que o número de pares em anti-paralelo foi especificado considerando as seguintes premissas:

- Apresentar uma potência similar a um valor padronizado utilizado em Reguladores de Tensão no país;
- Possuir degraus de variação de tensão de 0.625 % da tensão de entrada;
- Apresentar um total de 41 níveis de compensação, os quais irão excursionar de -20 a 20;
- Apresentar uma atuação de modo bi-direcional em relação a corrente de carga do sistema.

A Figura 1 ilustra a conexão de um banco trifásico de Reguladores de Tensão com Comutadores Eletrônicos de Tap's em uma rede de distribuição.

Devido ao fato do regulador convencional possuir um comutador eletromecânico, este irá apresentar variações das tensões em degraus, ou seja, de nível em nível. O objetivo principal é a substituição do comutador eletromecânico por chaves estáticas, compostas por dois tiristores em anti-paralelo em cada célula de chave estática. O tiristor pode realizar a mesma operação do comutador mecânico de forma mais rápida, e ainda comutar de forma não seqüencial, saltando aleatoriamente de um nível mais baixo de tensão para um nível mais alto, ou vice-versa, de forma direta, sem necessidade de excursionar por todos os níveis intermediários. Além disto, o tiristor se caracteriza por apresentar uma dinâmica de comutação de 1/2 ciclo de onda o que é equivalente à cerca de 8ms, muito inferior que a dinâmica mecânica do comutador convencional.

2.1 Topologia do Circuito de Potência

A topologia monofásica do comutador eletrônico proposto está apresentada na Figura 2. Vale ressaltar, que nesta figura não constam os circuitos snubbers, que são utilizados para proteger os tiristores deste circuito de comutação de variações abruptas de tensão (dv/dt).

O circuito eletromagnético do autotransformador é composto no total por três bobinas distintas. A bobina principal, normalmente denominada na literatura como bobina de excitação, está diretamente conectada a carga, enquanto as outras duas bobinas serão utilizadas pelo circuito comutador.

Em relação às duas bobinas conectadas ao comutador eletrônico de Tap's, cabe salientar que ambas possuem 3 (três) pontos de saídas, os quais são conectados as células tiristorizadas. Devido a essa configuração, cada uma destas bobinas pode ser considerada como uma associação de 2 (duas) bobinas distintas em série, formando no total um conjunto de 4 (quatro) bobinas. Esta configuração possibilita a utilização até o máximo de 4 (quatro) bobinas. Cabe ser salientado que esta topologia não permite que as bobinas conectadas em série (1s/2s e 5s/12s)

sejam utilizadas com as suas polaridades invertidas entre elas. A título de esclarecimento, as bobinas 1s / 2s ou 5s / 12s, por exemplo, não poderão ser subtraídas entre si, tendo em vista que nessa situação as mesmas terão seus terminais externos curto-circuitados.

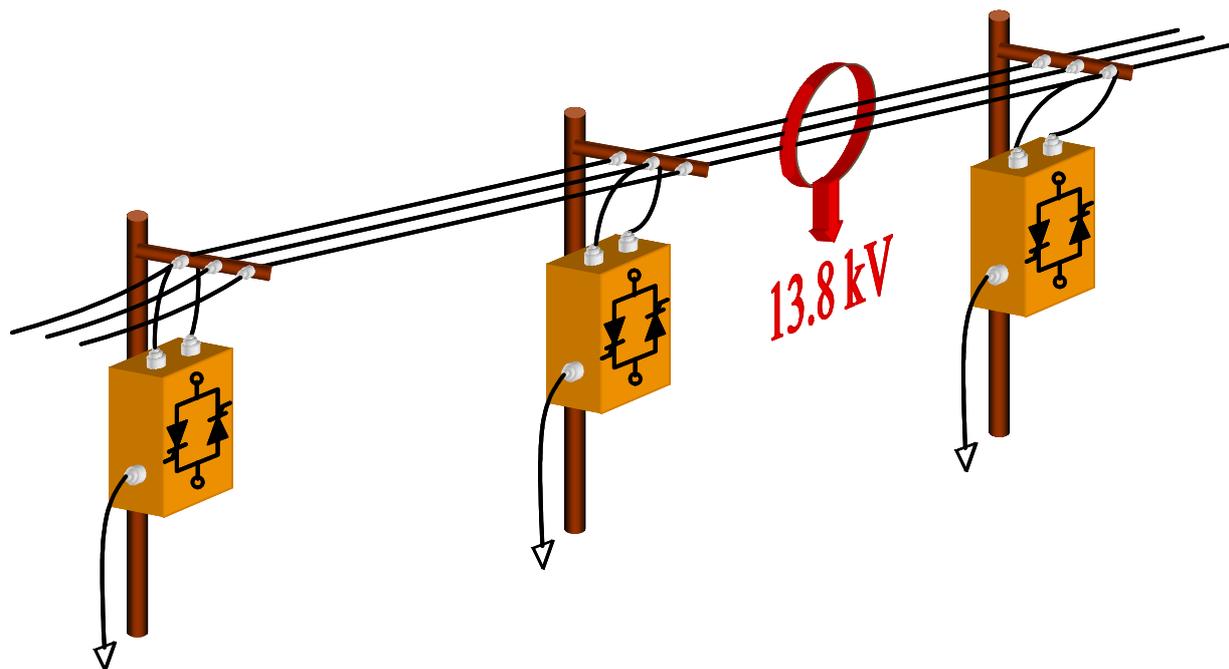


FIGURA 1 – Conexão do Banco de Reguladores de Tensão

A estrutura monofásica do comutador é composta por 12 (doze) células de tiristores em anti-paralelo conectadas em série, totalizando um conjunto de 24 (vinte e quatro) chaves semicondutoras. Esta conexão possibilita uma variação de 41 (quarenta e um) níveis de tensão, sendo 20 (vinte) delas em degraus positivos (diminuição de tensão de carga), 20 (vinte) em degraus negativos (aumento de tensão de carga) e 1 (um) nível zero, ou seja, sem compensação. As variações de tensão ocorrem na proporção de 0,625% da tensão de entrada, ou seja, a bobina 1s tem tensão nominal de 0,00625 pu, a 2s de 0,0125 pu e assim sucessivamente.

O funcionamento do comutador eletrônico é baseado na escolha contínua, determinada a cada meio ciclo da frequência fundamental (1/120 segundos) do conjunto de chaves que irão conduzir no próximo intervalo de meio ciclo, regulando a tensão da carga. Para que a regulação da tensão seja obtida, basicamente, são determinadas um total de 4 (quatro) células que irão conduzir durante meio ciclo. Cada célula é composta por dois tiristores conectados em anti-paralelo, permitindo assim o fluxo bidirecional da corrente.

Foi estabelecido que as relações das bobinas fossem as seguintes: 0,625% (1s), 1,25%(2s) 3,125%(5s) 7,5%(12s). Com este conjunto de bobinas, é possível obter excursões de tensão do ponto mínimo ($\pm 0,625\%$) até o ponto máximo ($\pm 12,5\%$) de compensação, sempre garantindo que as mesmas ocorram em degraus de no máximo 0,625%. Por exemplo, uma compensação de +10% é obtida pela combinação da bobina em sentido positivo +12% com a bobina em sentido negativo -2% através do disparo dos tiristores das células 5, 3, 10 e 12, conforme indicado na Figura 2.

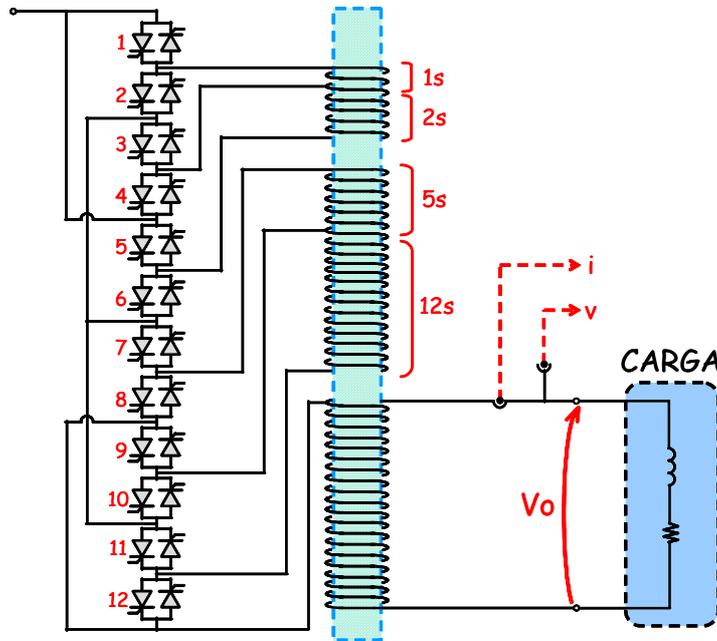


FIGURA 2 – Topologia Monofásica Concebida para o Comutador Eletrônico do RECET

2.2 Algoritmo de Controle

A estratégia de controle do RECET é baseada apenas em duas medições, da corrente e tensão de saída, sendo que estas medições são feitas internamente a estrutura do RECET, com mostrado na Figura 2. Nesta situação, os algoritmos de controle de cada uma das unidades monofásicas dos reguladores eletrônicos de tensão que compõem o banco trifásico, apresentam uma atuação independente, embora o controle seja realizado por uma única tabela. Os algoritmos relativos a cada uma das unidades monofásicas determinam os valores de referências das tensões das suas fases correspondentes. Isto resulta na determinação das 4 (quatro) células que irão conduzir durante um ciclo completo em cada um dos comutadores eletrônico de Taps independentemente.

A Figura 3 apresenta o diagrama de blocos do algoritmo de controle para a estrutura trifásica de banco de reguladores monofásicos

O algoritmo de controle foi concebido de forma a utilizar informações pré-determinadas em uma tabela, juntamente com o valor da amplitude da componente fundamental da tensão medida num único ponto, conforme indicado na Figura 2, de modo a permitir a compensação da tensão a jusante do RECET, segundo o estado atual do fluxo de energia. O valor de amplitude da componente fundamental da tensão é comparado com os vários níveis de compensação pré-calculados de acordo com a relação de transformação das bobinas que foram especificados. Desse modo o conjunto de 4 (quatro) chaves que possibilitará a melhor compensação será acionado.

Os detectores de amplitude e de fase utilizados no algoritmo de controle são baseados nos trabalhos (10-11), que trata de um desenvolvimento de um PLL (Phase Locked Loop) que além de rastrear a frequência e o ângulo de fase da componente fundamental medida é capaz também de determinar a amplitude desta componente.

Os três blocos “Detectores de Amplitudes das fases a, b e c” determinam os valores de pico relativos às tensões em cada uma das fases independentemente. As amplitudes detectadas em cada uma das fases são comparadas com os valores pré-definidos em uma mesma tabela de referência (“LUT - Look Up Table”). Os valores das amplitudes das componentes fundamentais das respectivas tensões de fase são comparados com os vários níveis de compensação pré-calculados. Deste modo, é realizada a determinação adequada do grupo de quatro tiristores que serão disparados de forma a possibilitar uma melhor regulação da tensão nas condições verificadas.

Durante o mesmo tempo, a partir das medições das correntes nas respectivas fases a, b e c, os três blocos circuitos de sincronismos bloco “Detector de Fase” irão rastrear os ângulos de fase da componente fundamental das correntes de fase para que esta informação seja utilizada, juntamente com o conjunto de 4 (quatro) chaves determinados pela LUT, no “Circuito de Disparo”. Desde modo, os sinais de disparo serão aplicados ao conjunto de 4 (quatro) tiristores determinados de modo a possibilitar a rápida compensação de variações nas tensões. Isto resultará que sejam acionados três conjuntos distintos de 4 (quatro) chaves relacionados a cada uma das unidades monofásicas, resultando na escolha individual mais adequada para a compensação das tensões em cada uma das fases de forma independente, o que equivale a dizer que o RECET é capaz de compensar desequilíbrios de tensão na frequência fundamental.

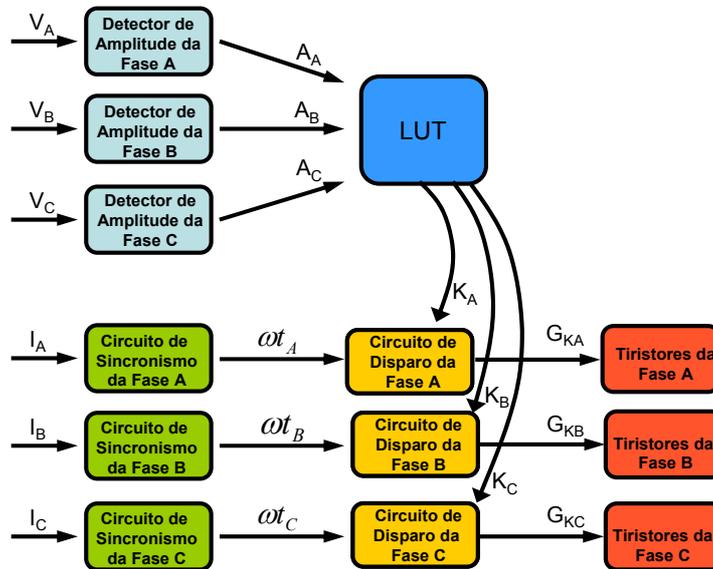


FIGURA 3 – Diagrama de Blocos do Algoritmo de Controle do Banco de Reguladores

3.0 - SIMULAÇÕES REALIZADAS

A análise do desempenho do banco de Reguladores de Tensão com Comutadores Eletrônicos de Tap's, foi baseada em duas avaliações distintas no Programa de Transitórios Eletromagnéticos PSCAD/EMTDC®. O primeiro estudo foi direcionado para avaliar o comportamento do banco de Reguladores em questão na regulação de tensão com o mesmo operando com o fluxo de energia nos dois sentidos. Esta situação é possível por que o controle foi concebido para ser utilizado em uma estrutura de banco trifásico baseado em unidades monofásicas de Reguladores de Tensão (RECET). No outro estudo foi verificada as características do desempenho do banco de Reguladores de Tensão em um sistema base simplificado de um alimentador do sistema de distribuição da Bandeirante Energias do Brasil.

3.1 Operação Geral do Banco de Reguladores de Tensão com Comutadores Eletrônicos de Tap's

A Figura 4 ilustra o sistema simplificado utilizado na verificação da adequabilidade do algoritmo de controle na capacidade de compensação de variações nas tensões nas fontes, uma de cada vez, possibilitando indicar a operação do RECET com fluxo de energia nos dois sentidos.

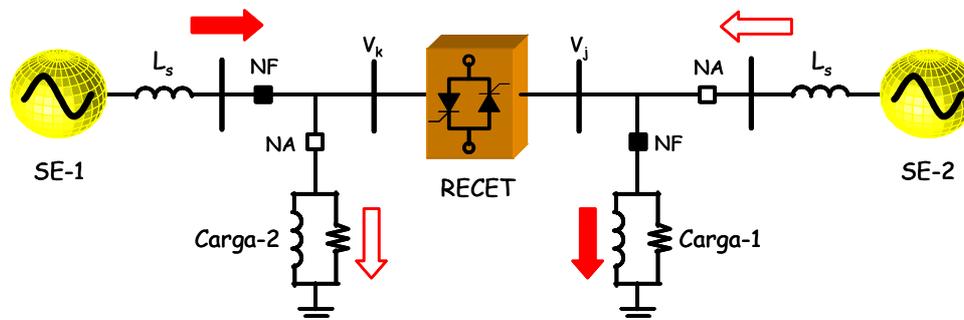
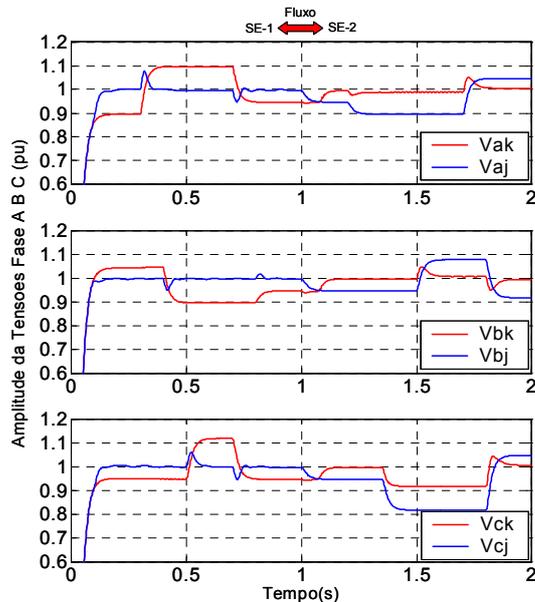
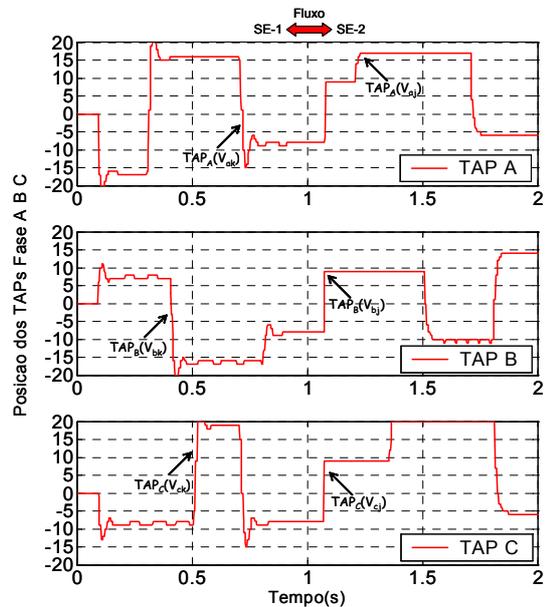


FIGURA 4 – Diagrama Unifilar do Sistema Simplificado

A Figura 5 mostra a resposta do RECET, frente a variações de tensão, inicialmente regulando a tensão da barra j e depois da inversão do fluxo de energia regulando a tensão da barra k (ver figura 4). Durante o primeiro segundo de simulação (1seg.) o fluxo de energia foi oriundo da fonte SE-1, portanto o RECET atuará regulando a tensão da barra da carga, ou seja, a barra j. Após decorrido este tempo, a fonte SE-1 é desconectada do sistema e a fonte SE-2 é conectada e passa a suprir o sistema invertendo o fluxo de energia no RECET, regulando a barra k.



(5A) – Tensões em Ambos os Lados do RECET



(5B) – Variação dos Tap's do RECET

Figura 5 – Desempenho do Banco de Reguladores na condição de fluxo de energia nos dois sentidos

A Figura 5A apresenta os valores eficazes das tensões de fase nos pontos k e j considerando que em 1.0 seg. a fonte SE-1 foi desconectada e a fonte SE-2 passa a suprir o sistema em questão. Visando mostrar a atuação do banco de reguladores de tensão de forma mais ampla, ambas a fontes SE-1 e SE-2 foram modeladas considerando que seus valores eficazes variaram em instantes pré-determinados conforme pode ser verificado na Figura 5A.

Pode ser verificado que a atuação do Banco de Reguladores proporcionou uma regulação adequada da tensão nos pontos k, quando o fluxo de energia foi oriundo da SE-1, e também do ponto j, quando o fluxo de energia era oriundo da SE-2. Este desempenho é obtido pela sua rápida atuação diante de variações na tensão e sua flexibilidade de poder atuar na regulação de tensão com o fluxo de energia nos dois sentidos.

3.2 Simulação do Caso Base

A Figura 5 apresenta o diagrama unifilar que possibilita uma visão geral do sistema simplificado representativo do alimentador considerado aonde a potência de curto trifásico na subestação SE é $S_{cc} = 129 \text{ MVA}$.

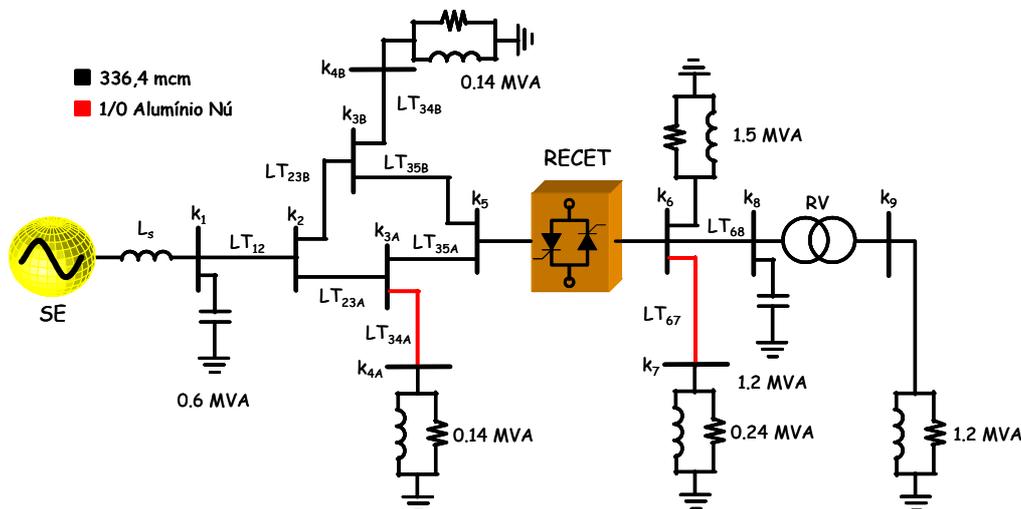


FIGURA 5 – Diagrama Unifilar do Sistema Básico Modelado

O caso analisado considera a conexão de um banco trifásico de Reguladores de Tensão com Comutadores Eletrônicos de Tap's em um alimentador de 13.8 kV. Nesta situação, além da regulação em regime permanente da tensão propiciada, foram consideradas as ocorrências faltas monofásicas que acarretaram o surgimento de VTCD's.

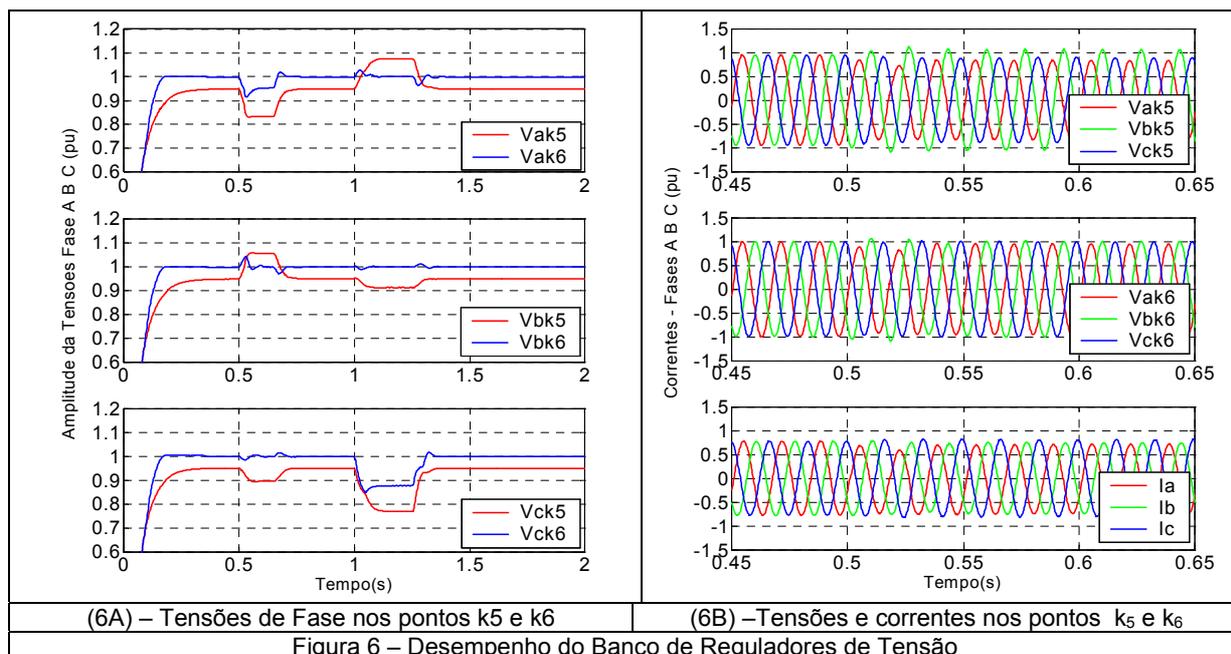
No sistema que foi analisado o alimentador foi modelado considerando os detalhes geométricos dos cabos e postes da rede de distribuição, sendo que o adotado a opção de modelo dependente da frequência. Pode ser ressaltado que na implementação foi considerada a transposição ideal do circuito em questão. Nesta análise, foi

adotada a condição de carregamento médio no alimentador, sendo que foram modeladas cargas de impedâncias constantes e fator de potência de 0.9 indutivo.

Foram aplicadas faltas monofásicas em jusante e a montante do ponto de instalação do banco de Reguladores de Tensão em instantes distintos, o que possibilitou verificar a regulação de tensão frente a VTCD's. Em 0.5 seg. uma falta na fase A ocorreu durante 150 mseg. no ponto k4A e posteriormente uma falta na fase C em 1.0 seg. durante 250 mseg. no ponto k7 representados na Figura 5.

A Figura 6A ilustra os valores das tensões eficazes de fase nos pontos k5 e k6. Nota-se que as tensões são reguladas em regime permanente na condição nominal. Na situação de ocorrência da falta no ponto k5, as tensões nas fases B e C foram reguladas na condição nominal. Já a tensão na fase A ficou um pouco abaixo de 1 PU, isto porque a tensão a montante do Recet desta fase foi reduzida a um patamar que extrapolou a condição de compensação 12,5% que foi especificada para o Recet. Já com o curto no ponto k6 as fases A e B foram reguladas para a condição nominal, enquanto a tensão na fase C ficou abaixo de 1 PU pelo mesmo motivo de ter exigido um nível de compensação acima dos 12,5%.

Na Figura 6B constam às formas de ondas das tensões, nos pontos k5 e k6, bem como as respectivas formas de ondas das correntes durante um determinado período de tempo em que o curto ocorreu no ponto k4A.



4.0 - CONCLUSÃO

Este artigo apresentou uma tecnologia baseada em eletrônica de potência como alternativa aos comutadores eletromecânicos de Tap's, que são utilizados nos Reguladores de Tensão monofásicos para sistemas de distribuição. O estudo realizado mostrou que a operação dos Regulador de Tensão com Comutadore Eletrônico de Tap's (RECET) possibilitou uma redução significativa no tempo da regulação da tensão, o que reflete diretamente em uma melhoria na qualidade da energia fornecida principalmente devido a capacidade de compensação de VTCD's.

Foram apresentados os aspectos gerais a respeito da topologia concebida para o Regulador de Tensão com Comutadores Eletrônicos de Tap's, bem como o algoritmo de controle do banco trifásico destes Reguladores. Pode ser comprovada por intermédio dos resultados obtidos em simulações a flexibilidade operacional do Banco de Reguladores de Tensão, bem como o seu desempenho satisfatório na Regulação da Tensão mesmo diante de VTCD's. Saliencia-se que esta nova tecnologia está sendo transferida para o desenvolvimento e implementação de um protótipo cabeça de série do RECET em parceria com duas empresas nacionais. Sendo assim, pretende-se em um curto espaço de tempo a realização de testes em um "protótipo cabeça de série" a ser aplicado em um sistema de distribuição.

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ANEEL, "Resolução nº 505", novembro de 2001, <http://www.aneel.gov.br/cedoc/res20011505.pdf>.
- (2) Leszczynski, J. T., "Voltage Regulation Selection in Power Distribution Design," Textile Industry Technical Conference, IEEE/1998, Greenville, USA, 1998, pp. 10/1-10/6.
- (3) Larsson, T., Innanen, R., Norström, G., "Static Electronic Tap-Changer for Fast Phase Voltage Control", IEEE Electric Machines and Drives Conference Record, Milwaukee, USA, 1997, pp. TC3.4-1-TC3.4-3.
- (4) Degeneff, R. C., "A New Concept for a Solid-State On-Load Tap Changers", 14th International Conference and Exhibition on Electricity Distribution - IEE CIRED 97, Conference Publication No. 438, Birmingham, UK, 1997, pp. 7/1-7/4.

- (5) Demirci, O., Torrey, D. A., Degeneff, R. C., Schaeffer, F. K. and R. H. Frazer, "A New Approach to Solid-State On Load Tap Changing Transformers", *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 13, No. 3, July 1998, pp. 952-961.
- (6) Faiz J., and Siahkollah, B., "New Solid-State Onload Tap-Changers Topology for Distribution Transformers", *IEEE Trans. on Power Delivery*, Vol. 18, No. 1, January 2003, pp. 136-141.
- (7) Jiang, H., Shuttleworth, R., Al Zahawi B. A. T., Tian, X., and Power, A., "Fast Response GTO Assisted Novel Tap Changer", *IEEE Trans. on Power Delivery*, Vol. 16, No. 1, January 2001.
- (8) Toh, C. W., Lock, C. S., Chen S., and Choi, S. S., "A Voltage Quality Improvement Solution Using Step Dynamic Voltage Regulator", *Proceedings of International Conference on Power System Technology IEEE Powercon 2000*, Vol. 2, Perth, Australia, December 2000, pp. 983-988.
- (9) Bauer P., de Haan, W. H., " New Concept for Voltage Regulation", *Proceedings of International on Power Electronic Drives and Energy Systems for Industrial Growth*, Vol. 2, 1998, PP. 918-923.
- (10) Karimi-Guartemani, M., Iravani, M. R., " A New Phase-Locked Loop (PLL) System", *Proceedings of THE 44th IEEE-2001 Midwest Symposium Circuits and Sytems – MWCAS 2001*, Vol.1, 2001, pp. 421-424.
- (11) Karimi-Guartemani, M., Iravani, M. R., " A Nonlinear Adaptive Filter On-Line Signal Analysis in Power Systems :Applications ", *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 17, No. 2, April 2002, pp. 617-622.

6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Maurício Aredes, Nascido em Monte Aprazível, SP em 14 de agosto de 1961.

Doutorado (1996): Technische Universität Berlin; Mestrado (1991): COPPE/UFRJ e Graduação (1984) em Engenharia Elétrica: UFF.

Professor da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ.

COPPE – Programa de Engenharia Elétrica e POLI – Escola Politécnica da UFRJ, Dep. Eng. Elétrica.

Mauro do Sandro Reis, Nascido em Ijuí, RS, em 1 de Outubro de 1979.

Graduação (2006) em Engenharia Elétrica: UNIJUÍ/RS.

Mestrando do ELEPOT - Laboratório de Eletrônica de Potência da COPPE/UFRJ: Pesquisador na área de Eletrônica de Potência aplicada a sistemas de potência (CUSTOM POWER e FACTS).

João A. Moor Neto, Nascido em Três Rios, RJ, em 09 de agosto de 1965.

Mestrado (1995) em Engenharia Elétrica: UNIFEI, Graduação (1991) em Engenharia Elétrica: UCP-RJ.

Doutorando do ELEPOT - Laboratório de Eletrônica de Potência da COPPE/UFRJ: Pesquisador na área de Eletrônica de Potência aplicada a sistemas de potência (CUSTOM POWER e FACTS)

CEFET-RJ, desde 2006: Professor Assistente do Departamento de Engenharia Elétrica – DEPEL.

Lucas Frizera Encarnação, Nascido em Vitória, ES, em 27 de dezembro 1979.

Graduação (2003) em Engenharia Elétrica: UFES.

Doutorando do ELEPOT - Laboratório de Eletrônica de Potência da COPPE/UFRJ: Pesquisador na área de Eletrônica de Potência aplicada a sistemas de potência (CUSTOM POWER e FACTS)

Márcio Gavazzi, Nascido em Mogi das Cruzes, SP, em 14 de Dezembro de 1974.

Especialização em Sistemas de Potência (2005) UFU, Graduação (1996) em Engenharia Elétrica UMC/SP.

Empresa Bandeirante Energias do Brasil, desde 1996: Engenheiro da Divisão de Engenharia da Distribuição.