

ANÁLISE DO DESEMPENHO DINÂMICO DE SISTEMAS DE ENERGIA ELÉTRICA (SEE) SOB A ATUAÇÃO DO CONTROLADOR FACTS TRANSFORMADOR DEFASADOR (PHASE SHIFTER PS). Antúlio Alves Júnior, Laurence Duarte Colvara – Engenharia Elétrica – Departamento de Engenharia Elétrica – Faculdade de Engenharia – Campus de Ilha Solteira.

A engenharia de SEE trata da tecnologia de geração, transmissão e distribuição. O SEE objetiva: gerar energia suficiente e em locais apropriados, transmiti-la em grandes quantidades aos centros de carga através de sistemas coordenados, flexíveis e eficazes, e distribuí-la de forma confiável e com alta qualidade de serviço ao menor custo possível. Flexibilidade, em SEE, é a habilidade dos sistemas de potência em se adaptarem rapidamente a novas circunstâncias, de modo a operarem permanentemente da melhor forma possível.

Seja uma LT ligando os barramentos i e j com uma reatância X_{ij} . Sendo as tensões nos barramentos $\dot{V}_i = V_i \angle \delta_i$ e $\dot{V}_j = V_j \angle \delta_j$, e definindo $\delta_{ij} = \delta_i - \delta_j$ o fluxo de potência ativa na linha é

$$P_{eij} = \frac{V_i V_j}{X_{ij}} \sin \delta_{ij}$$

Ocasionalmente ocorre que o ângulo necessário para o uso adequado de uma linha de transmissão é incompatível com o ângulo de operação do sistema de transmissão. Tais casos ocorrem quando a potência entre as duas barras é transmitida através de linhas paralelas de comprimento elétrico diferente ou quando o ângulo entre as duas barras não é suficiente para estabelecer o fluxo de potência desejado, nestes casos, o Transformador Defasador (Phase Shifter – PS) é freqüentemente utilizado. O controlador é instalado na linha de transmissão entre as barras V_E e V_P e opera segundo o diagrama mostrdo na Figura 1.

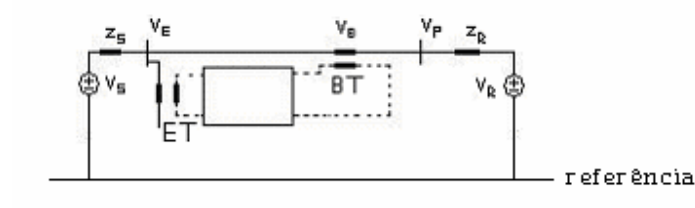


Fig 1. Diagrama Esquemático do Phase Shifter

ET é o Transformador Excitador; BT o Transformador Elevador; V_s e V_r são tensões externas e Z_s e Z_r são as respectivas impedâncias; a caixa representa o circuito conversor do PS. O Transformador Elevador injeta a tensão controlada em série com o sistema. A amplitude e/ou ângulo de fase da tensão injetada é controlada pelo circuito conversor. A amplitude e/ou ângulo de

fase do sistema V_p é varia dependendo da amplitude e ângulo de fase da tensão injetada V_B . A relação fasorial entre V_e , V_p e V_b ilustrada na figura 2:

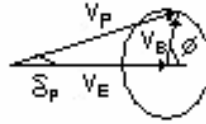


Fig 2. Diagrama Fasorial de tensão

O círculo indica a região onde as extremidades V_E e V_P podem estar localizadas. A amplitude e/ou ângulo de fase relativas da tensão injetada, i.e. $|V_b|$, é usado para controle de tensão. Considere-se este transformador instalado em série com a LT $i-j$ como ilustrado na Figura 3.

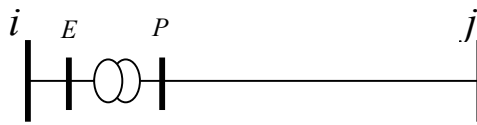


Figura 3. PS instalado em série com uma Linha de Transmissão.

Como resultado, se tem que a potência ativa na linha de transmissão fica dada por:

$$P_{eij} = \frac{V_i V_j}{X_{ij}} \sin(\delta_{ij} + \alpha)$$

sendo α o ângulo de defasagem introduzido pelo PS e, por meio de variações adequadas deste ângulo pode-se controlar o fluxo na linha. O ângulo varia em degraus de 1 a 3 graus.

Na figura do Anexo I, é possível verificar como é feita a compensação do dispositivo FACTS PS. Esta compensação é realizada através do deslocamento, ora positivo ora negativo (de modo que melhor convir para o estudo) da curva da potencia transmitida através da LT implementada e estudada. Esta defasagem será abordada adiante neste trabalho. Sendo considerada uma falta no sistema, é possível verificar, pelo método das áreas, que o deslocamento propicia um aumento da área A2 (Anexo II) de desaceleração do gerador, contribuindo para o retorno ao ponto de operação e possibilitando impedir que o sistema perca a estabilidade ou o sincronismo. O Anexo III ilustra como é feito o emprego do método das áreas considerando a atuação de um dispositivo FACTS PS. Com a defasagem angular, a área A2 pode alcançar valor maior que A1.

O presente trabalho (com vista à Estabilidade Dinâmica e Transitória de Sistemas de Energia Elétrica, descreve o funcionamento de um SEE com um gerador conectado através de LT's a um grande sistema, que para efeito de estudo é considerado "infinito" (Sistema MBI – Máquina Síncrona *versus* Barra Infinita)). Os SEE's são estudados através de simulações digitais, aqui realizadas em linguagem Python e Matlab. Parte-se do sistema MBI (máquina síncrona *versus* barra infinita) incluindo regulação de tensão e de velocidade, já implementado no programa computacional para simulação de perturbações para análise sob o ponto de vista de estabilidade

dinâmica e transitória. No atual estágio de desenvolvimento do trabalho já é possível observar o funcionamento do SEE implementado com a atuação dos Dispositivos Regulador Automático de Velocidade (RAT), Regulador de Tensão (RT), FACTS CSC e ESP – programa desenvolvido em outros trabalhos em linguagem Python. Já o Dispositivo FACTS PS, desenvolvido em linguagem MatLab, está implementado com um deslocamento (atuação) fixo de 20°. Ainda serão feitas alterações no programa, como a implementação de recursos para simulação do PS controlado (o TCPS). Estas alterações serão direcionadas para alguns resultados que são esperados para este tipo de configuração. Com a inclusão da atuação do PS, o objetivo é estudar seus efeitos sobre o desempenho do sistema assim como empregar uma metodologia de análise direta da estabilidade - o método das áreas.

Referências:

- [1] Ferraz, R. P., “SIMULADOR DE ESTABILIDADE DE SISTEMAS DE ENERGIA ELÉTRICA ” Projeto FAPESP nº. 03/04256-8, 2004;
- [2] Prado, T. A., “ESTABILIDADE DINÂMICA DE SISTEMAS DE ENERGIA ELÉTRICA” – Projeto FAPESP nº. 03/04257-4, 2004;
- [3] Song, Y. H. & Johns, A. T. – “FLEXIBLE AC TRANSMISSION SYSTEMS (FACTS)” – IEE, UK, October, 1999;
- [4] Festrats, E. B., Colvara, L. D., Araujo, S. C. B., “ESTUDO DA INFLUÊNCIA DE DISPOSITIVOS FACTS NA ESTABILIDADE DE SISTEMAS DE POTÊNCIA” – Anais do XIV Congresso Brasileiro de Automática, Natal – RN, 2002.

Anexo I

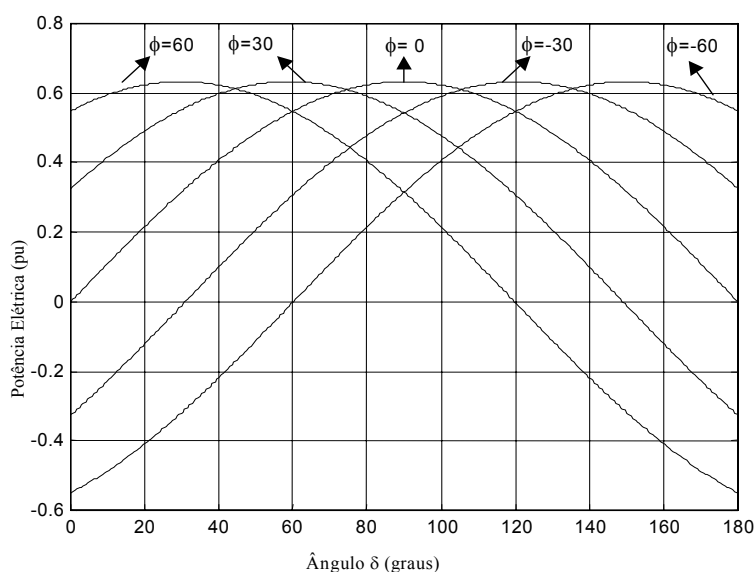


Figura 4: Deslocamento das Curvas de Potência sob atuação do PS.

Anexo II

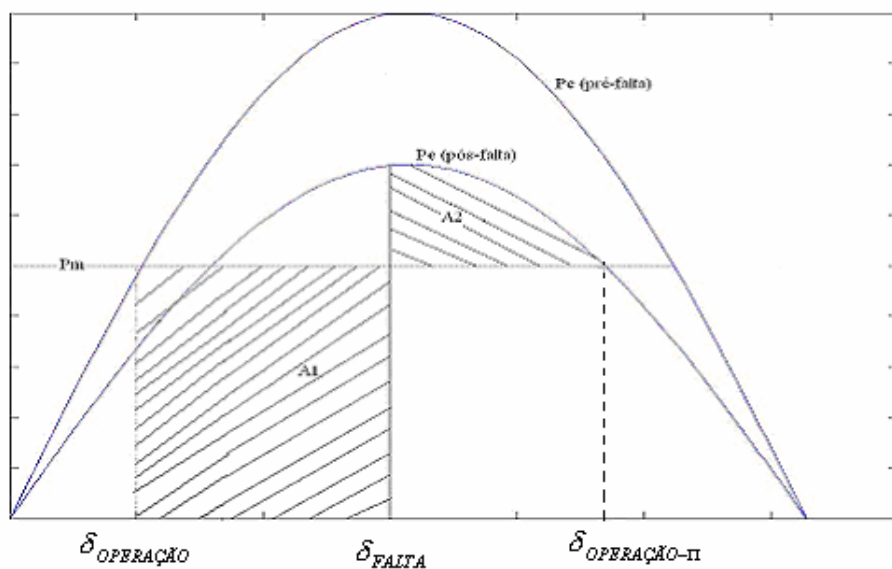


Figura 5: Áreas A1 – Aceleração, e A2 – Desaceleração, para uma falta trifásica no SEE, eliminada por abertura de LT.

Anexo III

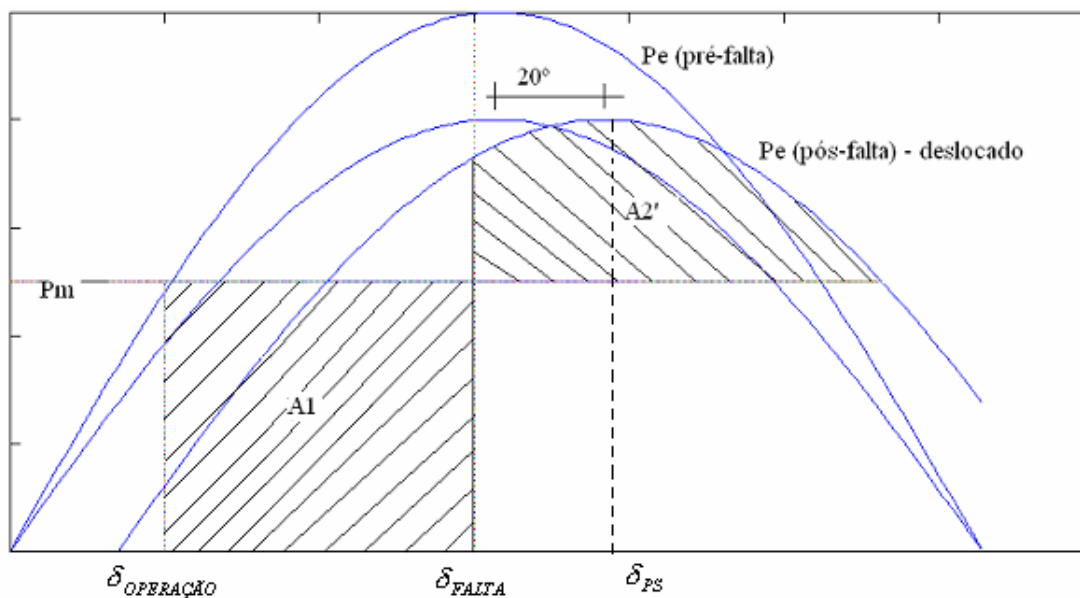


Figura 6: Aumento da área A2, considerando atuação do PS.