República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) BR 102013014531-9 B1

(22) Data do Depósito: 11/06/2013

(45) Data de Concessão: 04/05/2021

(54) Título: SUPRESSOR MAGNÉTICO DE AFUNDAMENTO PARA CARGAS SENSÍVEIS INDUSTRIAL (SMASI)

(51) Int.Cl.: H02H 1/04; H02H 3/22.

(73) Titular(es): COMPANHIA ENERGÉTICA DE PERNAMBUCO - CELPE; UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO.

(72) Inventor(es): FRANCISCO DE ASSIS DOS SANTOS NEVES; WIDER BASILIO SANTOS; MANOEL AFONSO DE CARVALHO JUNIOR; MILDE MARIA DA SILVA LIRA.

(57) Resumo: SUPRESSOR MAGNÉTICO DE AFUNDAMENTO PARA CARGAS SENSÍVEIS INDUSTRIAL (SMASI). Patente de invenção pertencente ao campo dos equipamentos eletro-eletrônicos instalados em subestações de energia elétrica compreendido pelo fato de alterar a inclinação da característica do reator, o qual se baseia no controle das correntes dos enrolamentos terciários através do ajuste dos ângulos de disparo de tiristores conectados em antiparalelo inseridos em cada enrolamento terciário do RNS, por meio da inserção de chaves conhecidas como tiristores no reator de saturação natural, em série com os enrolamentos terciários.

"SUPRESSOR MAGNÉTICO DE AFUNDAMENTO PARA CARGAS SENSÍVEIS INDUSTRIAL (SMASI)"

Trata o presente relatório descritivo da patente de invenção de um inédito supressor magnético de afundamento para cargas sensíveis industrial (smasi) utilizado em sistema de potência, de concepção inovadora e dotado de importantes melhoramentos tecnológicos e funcionais, segundo os mais modernos conceitos de engenharia e de acordo com as normas e especificações exigidas, revestindo-se de características próprias e dotadas com requisitos fundamentais de novidade e atividade inventiva, fazendo resultar uma série de reais e extraordinárias vantagens técnicas, práticas e econômicas.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

Um supressor magnético de afundamentos de tensão é um dispositivo composto essencialmente pela conjugação de dois elementos:

Um reator naturalmente saturado (RNS) constituído por vários núcleos de material magnético os quais são envolvidos por enrolamentos elétricos. O reator é projetado de modo que, dependendo da tensão de alimentação, produz-se um regime de intensa saturação magnética nos núcleos, fazendo-o consumir potência reativa;

E, em paralelo com o RNS, coloca-se um banco de capacitores como é mostrado na figura 1 onde V é a tensão da rede elétrica, Is é a corrente da rede elétrica, Ir é a corrente do reator e Ic é a corrente do banco de capacitores.

Ele funciona como uma fonte variável de energia de potência reativa conectada em paralelo com a rede elétrica, a qual atua apenas nos momentos em que a tensão de

alimentação apresenta valores diferentes dos limites de tensão previamente selecionados.

Os limites de tensão devem ser selecionados de modo a considerar as normas em vigor no setor elétrico brasileiro. Atualmente, a tensão nas barras de consumo de um sistema elétrico deve ser mantida numa faixa máxima de ±5% em torno da tensão nominal.

A curva de atuação de um supressor magnético de afundamentos para cargas sensíveis é mostrada na figura 2.

Na tensão da rede denominada de nominal, Vn, a corrente consumida pelo RSN atingirá o seu valor máximo em regime, ou seja, Ir = In, o mesmo ocorrendo com o banco de capacitores, Ic = In, nesse ponto de trabalho, portanto, a atuação do supressor magnético será nula, de modo que o mesmo não contribuirá com qualquer potência reativa para o sistema. Ou seja,

$$V = V_n \quad \rightarrow \quad I_r = I_c = I_n \quad \rightarrow \quad I_s = I_r - I_c = 0.$$

Se a tensão da rede cair, a corrente solicitada pelo RNS e a corrente fornecida pelo banco de capacitores também diminuirão. Porém, a queda da corrente do RNS será bem maior do que a da corrente do banco de capacitores fazendo surgir uma corrente Is diferente de zero e, consequentemente, uma potência reativa diferente de zero será injetada na barra de conexão. Quando a tensão da rede atingir o valor Vs, que representa a tensão de início de saturação, o RNS anulará o seu consumo completamente. Nesse momento, toda a potência desenvolvida pelo banco de capacitores será fornecida à rede elétrica, de modo que o supressor magnético fornecerá a máxima energia reativa ao ponto de conexão.

Por outro lado, se a tensão da rede tornar-se maior do que Vn, a potência reativa consumida pelo RNS tornar-se-á

maior do que a fornecida pelo banco de capacitores e o equipamento como um todo absorverá potência reativa, contribuindo para a redução da tensão. Nota-se que pequenas elevações na tensão geram correntes com amplitudes elevadas, devido à forte inclinação da curva do reator mostrada na figura 3.

Para corrigir este problema, propôs-se, em um trabalho anterior, a possibilidade de inserção de reatores lineares em série com os enrolamentos terciários, de modo a reduzir a inclinação da característica do reator da Figura 3. No produto proposto nesta patente, propõe-se um método diferente para alterar a inclinação da característica do reator, o qual se baseia no controle das correntes dos enrolamentos terciários através do ajuste dos ângulos de disparo de tiristores conectados em antiparalelo inseridos em cada enrolamento terciário do RNS, com diagrama ilustrado na figura 4.

A inserção dos tiristores no RNS garante um ajuste constante da sua corrente, devido à possibilidade da mudança dos ângulos de disparo dos mesmos. Esta corrente pode assumir um valor mínimo, se o ângulo de disparo do tiristor for fixado em 180º, já que o reator entraria na região de operação não saturada, ou valores iguais ao do RNS convencional (Figura 3), se o ângulo de disparo for fixado em 0º. Variando o valor do ângulo entre 0º e 180º, altera-se o nível de saturação do reator, podendo-se fazer o conjunto (RNS e banco de capacitores) operar fornecendo ou consumindo potência reativa, de modo continuamente ajustável.

Como é do conhecimento dos técnicos no assunto, alguns problemas e desvantagens podem ser atribuídos para esses sistemas, tal como, por exemplo, com a referida estrutura mostrada na Figura 5, o controle da corrente apresenta um erro de regime considerável, já que a mudança da corrente do reator depende

exclusivamente do valor da indutância do reator linear. Nesse caso, o projeto do reator deve se adequar à melhor faixa de corrente necessária para que ele não injete potência reativa na rede elétrica no momento em que a tensão no ponto de instalação do supressor magnético for maior que a tensão nominal. Como o comportamento do sistema elétrico pode ter variações no decorrer do seu funcionamento, é provável que potências reativas sejam injetadas até que o operador do sistema identifique o problema.

Outra deficiência do dispositivo encontrado no mercado é que, caso seja necessário alterar a característica do RNS, em decorrência de variação na condição operacional do sistema elétrico, a mudança do valor das indutâncias do reator linear deve ser feitas com o equipamento desligado.

Neste sentido alguns inventores idealizaram os produtos objeto dos documentos de patentes abaixo indicadas, porém não atentaram para o detalhe do consumo de potência e da eficiência.

ESTADO DA TÉCNICA

O documento de patente PI0604678-9 depositado em 19/10/2006 intitulado *disposição introduzida em supressor de anomalias elétricas em rede de distribuição elétrica* ensina um equipamento (1) elétrico denominado supressor de anomalias elétricas, cuja função e desviar para o solo freqüências harmônicas de tensão e corrente, intermediárias, parasitas, interferências eletromagnéticas que degradam sinais, ajustes e dispositivos de precisão, picos de tensão e de corrente, surtos de tensão e descargas atmosféricas; seu circuito permite manter a onda fundamental dos 50/60hz quando de trata de interrupções instantâneas de tensão (fenômeno que se origina na malha de distribuição de energia elétrica); o supressor (1) de anomalias

elétricas e instalado junto a todo tipo de medidor (2), sempre após a chave (3) geral, sendo imprescindível o perfeito aterramento (15), podendo ser utilizado o aterramento no quadro (16) de força, desde que esteja ativo; a instalação do supressor (1) de anomalias elétricas não conflita com as normas em vigor, junto as concessionárias de energia elétrica, desde que a instalação seja efetuada após o relógio (2) medidor.

O documento de patente PI9807610-8 depositado em 10/12/1998 intitulado *protetor de corrente e transiente de tensão* ensina um modulo protetor para um bloco de ligações com pelo menos uma tira de ligações inclui uma carcaça de isolamento (204, 206), com extremidades opostas (264), no mínimo quatro eletricamente condutivos que definem um primeiro contato (208), um segundo contato (212), um terceiro contato (210) e um quatro contato (214) parcialmente dispostos na carcaça. O primeiro contato (208) e o segundo contato (212) se estendem através de uma das extremidades e o terceiro contato (210) e o quarto contato (214) de estendem através da outra extremidade. O primeiro contato e o terceiro contato são alinhados, e o segundo contato e o quarto contato são alinhados e próximo ao primeiro contato e ao terceiro contato. Um primeiro fusível (116) e disposto na carcaça, e está eletricamente conectado entre o primeiro contato e o terceiro contato, enquanto fusível (116), também disposto na carcaça, e eletricamente conectado entre o segundo contato e o quarto contato. Numa incorporação alternativa, dois supressores de surto de tensão (298) são dispostos na carcaça com um primeiro supressor de surto de tensão eletricamente conectado ao mencionado terceiro contato e um segundo supressor de surto de tensão sendo eletricamente conectado ao mencionado quarto contato. Um contato de aterramento (300) e fornecido e

eletricamente conectado ao primeiro supressor de surto de tensão e ao segundo supressor de surto de tensão.

O documento de patente PI0505451-6 depositado em 01/12/2005 intitulado *método e sistema de controle da utilização de aterramentos móveis* que compreende os passos de: 1) interromper a transmissão de energia elétrica de pelo menos uma fase de pelo menos um bay; ii) retirar a chave (101) de um meio de autorização (100) do bay, sendo que dita chave (101) somente pode ser retirada caso a transmissão de energia elétrica de pelo menos uma fase de um bay esteja interrompida; iii) liberar pelo menos um meio de destravamento (302, 302', 302", 302"") de uma mandíbula de um aterramento móvel; e iv) com o dito meio de destravamento da mandíbula, destravar uma mandíbula de um aterramento móvel, de modo que ela possa ser fixada em pelo menos um cabo de pelo menos uma fase de um bay.

Analisando os documentos acima citados e conhecidos do estado da técnica, como poderá ser observado, nenhum apresenta integralmente as características construtivas do supressor magnético de aterramento objeto da presente patente.

Em vista disso, ao longo do tempo foram procedidos estudos visando eliminar esses problemas e, como resultado, foi desenvolvido este supressor magnético de afundamento para cargas sensíveis utilizado em sistema potência de subestações, através do qual surge a possibilidade de reduzir as variações de tensão num ponto escolhido, injetando ou consumindo potência reativa na barra de interesse obtendo-se então um produto integrado com reais possibilidades de uma econômica industrialização, minimizando custos, tempo de montagem e despesas de mão-de-obra, além de um efeito preciso de montagem, com melhores

resultados e elevado padrão de segurança.

OBJETIVOS DA PRESENTE INVENÇÃO

São, pois, objetivos da presente patente prover um supressor magnético de afundamentos para cargas sensíveis industriais que reduz as variações de tensão num ponto escolhido, injetando ou consumindo potência reativa na barra de interesse. Essa variação é geralmente causada pela ocorrência de curtos-circuitos na rede elétrica e tem como novidade o controle da corrente do reator com saturação natural através de um conjunto de tiristores ligados em antiparalelo, conectados nos seus enrolamentos terciários. Sendo assim, o SMASI oferece maior confiabilidade para equipamentos, tornando-os menos susceptíveis a falhas devido à variação da tensão de alimentação ser reduzida.

Estes e outros objetivos são alcançados com um supressor magnético destinado a minorar as variações de tensão de curta duração (VTCD) e que tem como aspecto inovador a inserção de chaves conhecidas como tiristores no reator de saturação natural, em série com os enrolamentos terciários, com o objetivo de substituir os reatores lineares das propostas existentes no mercado. Com isso, um levantamento das curvas de corrente do ponto de instalação não se faz necessário, pois o ajuste de corrente que alimenta o reator é feito através do comando para aumentar ou reduzir os ângulos de disparo dos tiristores. Assim, não é necessário desligar o equipamento para fazer mudanças de nível de corrente. Além disso, o novo dispositivo permite um ajuste mais preciso da corrente do RSN e, conseqüentemente, da corrente reativa injetada na rede elétrica.

Porque as variações de tensão de curta duração (VTCD) são distúrbios freqüentes na rede elétrica das empresas concessionárias de energia elétrica, sendo motivadas por

diferentes eventos entre as quais se destacam os curtos-circuitos. Tais distúrbios são responsáveis por paralisações industriais de grande porte e também por danos em equipamentos conectados ao sistema elétrico.

Para complementar a presente descrição, de modo a obter uma melhor compreensão das características da presente patente, e de acordo com uma preferencial realização prática da mesma, acompanha a descrição, em anexo, um conjunto de desenhos, onde de maneira exemplificada embora não limitativa, se representa o seguinte:

A figura 1 representa o diagrama esquemático do dispositivo eletromagnético para cargas sensíveis aplicado em sistema de potência.

A figura 2 representa a curva da área de atuação de um supressor magnético de afundamentos para cargas sensíveis;

A figura 3 representa a curva IxV do Reator de saturação natural;

A figura 4 representa o diagrama esquemático do reator de saturação natural objeto da presente patente.

A figura 5 representa o diagrama esquemático do supressor magnético instalado no sistema elétrico.

De acordo com as figuras acima mencionadas, e em seus pormenores, o supressor magnético de afundamento para cargas sensíveis industrial (SMASI) objeto da presente patente consiste alterar a inclinação da característica do reator, o qual se baseia no controle das correntes dos enrolamentos terciários através do ajuste dos ângulos de disparo de tiristores conectados em antiparalelo inseridos em cada enrolamento terciário do RNS, por

meio da inserção de chaves conhecidas como tiristores no reator de saturação natural, em série com os enrolamentos terciários.

Não se tem conhecimento de um supressor magnético de afundamento para cargas sensíveis industrial (SMASI) que reúna conjuntamente, todas as características construtivas e funcionais acima relatadas, e que direta ou indiretamente, é ou foi tão efetivo quanto o supressor objeto da presente patente.

Tendo sido descrita e ilustrada a presente invenção, é para ser compreendido que a mesma pode sofrer inúmeras modificações e variações em sua forma de realização, desde que tais modificações e variações não se afastem a partir do espírito e escopo da invenção, tal como definido no quadro reivindicatório.

REIVINDICAÇÃO

1 - "SUPRESSOR MAGNÉTICO DE AFUNDAMENTO PARA CARGAS SENSÍVEIS INDUSTRIAL (SMASI)", caracterizado pelo fato de alterar a inclinação da característica do reator, o qual se baseia no controle das correntes dos enrolamentos terciários através do ajuste dos ângulos de disparo de tiristores conectados em antiparalelo inseridos em cada enrolamento terciário do RNS, por meio da inserção de chaves conhecidas como tiristores no reator de saturação natural, em série com os enrolamentos terciários.

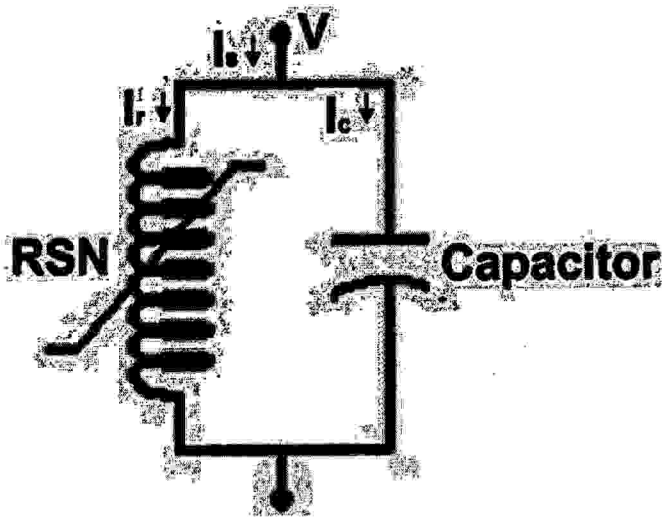


Fig. 1

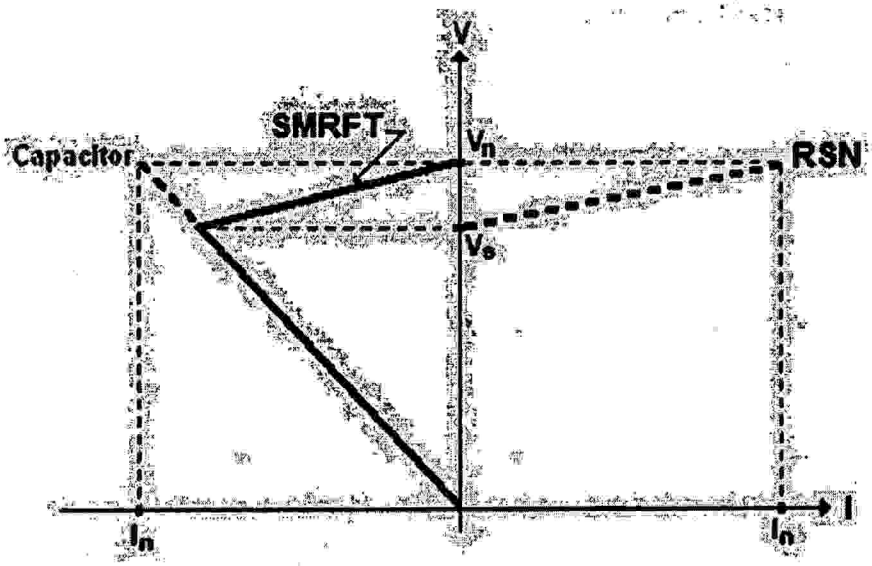


Fig. 2

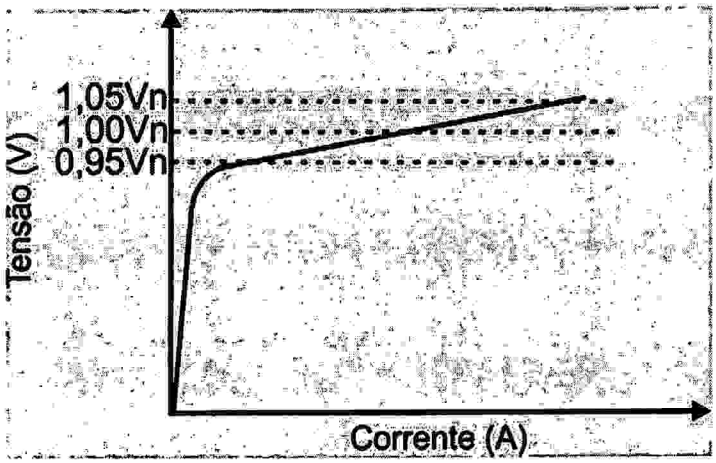
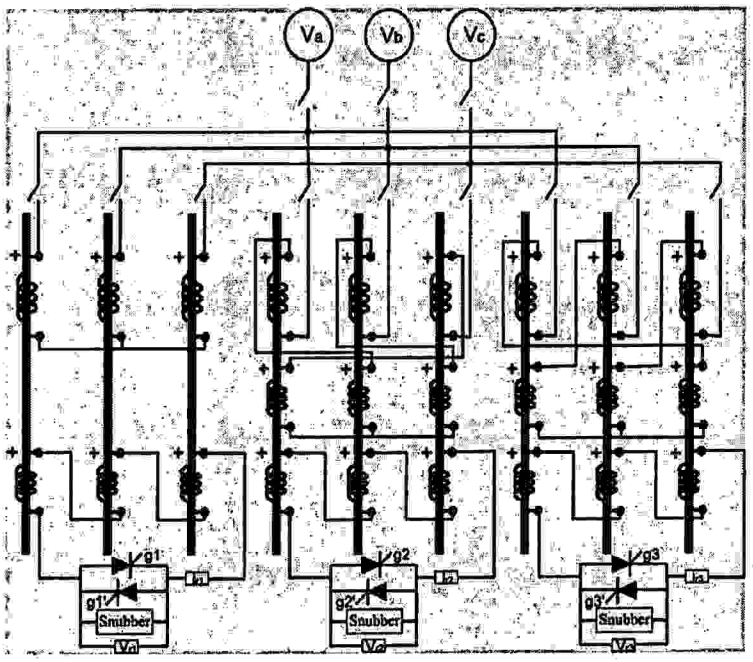

1,05Vn
1,00Vn
0,95Vn
Tensão (V)
Corrente (A)

Fig. 3


Va
Vb
Vc
g1
g2
g3
Snubber

Fig, 4

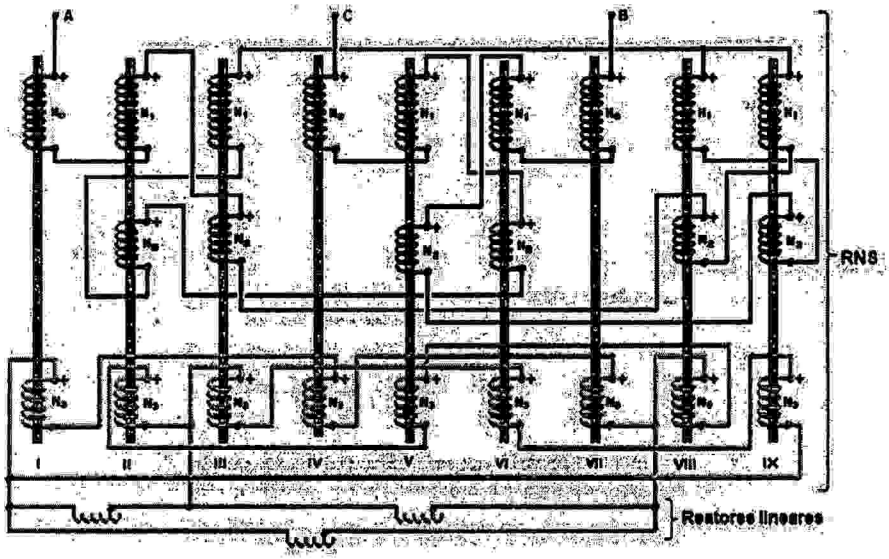


Fig. 5