

DETECÇÃO DE COMPONENTE CONTINUA EM TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA

Felipe Bandeira, 1020942-X
Renan Teixeira, 1010775-0

28 de novembro de 2013

A presença de cargas não lineares, sejam, inversores de frequência, grandes computadores. Introduzem na rede uma distorção da senoide produzida pela geradores de energia. Essa componente DC injetada na alimentação de transformadores de potência, satura o núcleo do transformador, aumenta a temperatura interna do mesmo. Danificando em muitos casos a isolação. Esse resumo do artigo tem como principal objetivo: detectar a saturação magnética por um método não diretor de medição de corrente continua. E outras palavras a somatória das componentes DC dos equipamento conectados no transformador. A sensor magnético desenvolvido pelos autores do trabalho, verifica em um loop fechado e com faixa de rejeição os campos magnéticos, com uma boa linearidade. E no final são confrontados os resultados das simulações e experimental confirmando uma ótima aproximação em ambos.

Sumário

1	Introdução	4
2	Princípio de operação	5
3	Resultado das simulações	7
4	Aplicação do sensor em transformadores de potência	9
5	Resultados experimentais	10
6	Conclusão	12

Lista de Figuras

1	Esquemático do reator, conectado a fonte AC com a componente DC	5
2	Tensão do reator(azul), fluxo magnético(verde) e corrente de magnetização(vermelho), na presença da componente DC.	6
3	Detector da componente DC	7
4	Estrutura de controle	7
5	Características de magnetização, referente a bobina do primário .	8
6	Componente DC normalizada, em malha aberta	9
7	Component DC normalizada, em malha fechada	9
8	Prototipo para o compensador	10
9	Esquemático do teste	11
10	Prototipo final	11
11	Forma de onda para pleno funcionamento	12
12	Forma de onda para pleno funcionamento	12

1 Introdução

O aumento do uso de conversores de potência na indústria, é razão, em boa parte das situações os problemas referidos na qualidade de energia. Um dos maiores motivos para as distorções são as cargas não lineares produzidas pelos conversores. Por essa razão é e são utilizadas diversos filtros ativos ou passivos na tentativa de melhorar a qualidade da energia. O problema da componente continua na energia elétrica e valores tolerados, varia de país ou região, os limites são regulados pelas normas locais. Entretanto o seguimento das normas não é garantia de correção para esse problema. É relativamente impossível abrir mão dos conversores de potência nos dias atuais, então deve-se trabalhar em cima das harmônicas produzidas e uma forma de correção. No artigo aqui apresentado o alvo para a análise dos problemas causados pela componente DC são os transformadores de potência. O principal problema a injeção de corrente continua em transformadores é a saturação assimétrica do núcleo magnético durante meio ciclo. Quando essa condição é presente o consumo de energia reativa cresce, implicando em perda de potência e consequentemente no aumento da temperatura do transformador. Os autores deste artigo propõem um método indireto e on-line de detecção da componente continua injetada no transformador. A literatura apresenta diversas alternativas on-line e offline no diagnostico na detecção de falhas e monitoramento. Existem métodos que verificam instantaneamente curtos em vários estágios da transmissão, mensuramento apenas o fluxo de corrente do transformador. Outra técnica é baseada na análise da função de transferência do circuito, quando injetando um sinal conhecido, verifica-se tensões internas nos taps do transformado tensões externa, fazendo isso a diferenciação entre erros internos do transformado e erros externos. Em particular a medição de componente continua injetada em sistemas de potência, não são muito exploradas na literatura.

A principal ideia e proposta do artigo é quando a componente continua flui pelo transformador existem quedas de tensão na resistências parasitas dos enrolamentos. Essa queda de tensão continua, guarda informações valiosas sobre a saturação no núcleo do transformador. Essa queda de tensão entretanto é muito pequena (para um transformador de potência a resistência dos enrolamentos é da ordem de miliohms), sensores tradicionais não são capazes de detectar a componente continua, já que são exclusivamente voltados para a medição AC. Entretanto a utilização dos sensores de efeito Hall apresenta pequenos problemas, existem uma grande dificuldade de separar a componente DC muito pequena das componentes AC grandes. Os autores do artigo criaram um sensor magnético não linear com uma grande sensibilidade para componente DC. Mensurando assim, as pequenas componentes DC encontrada na resistências parasitas dos enrolamentos do transformador. Os autores apresentam duas diferentes implementações para a medição. Uma é em malha aberta e outra em malha fechada. A primeira opera na medição do fluxo de DC dentro do sensor

do núcleo(em malha fechada é visto o fluxo de harmônicas). A simulação e os resultados experimentais confirmam a eficiência do método. Em particular os ótimos resultados adquiridos no métodos da malha fechada.

2 Princípio de operação

O elemento chave proposto é um sensor com alta precisão para mediação de corrente contínua com uma razão de rejeição em modo comum alta. Lembrando que o sensor é capaz de extrair uma componente contínua na ordem de milivolts de um sinal com tensão de pico a pico na ordem de $600 V_{rms}$. O sensor feito pelos autores é composto por um núcleo toroidal, com dois enrolamentos e um reator para a compensação. A componente magnética é quantificada, imitando a baixa potência do transformador toroidal com a tensão primária. O secundário é então utilizado para garantir o loop fechado. O modelo para o componente magnético do sensor, chamado pelos autores de reator simples, é apresentado na Figura 1.

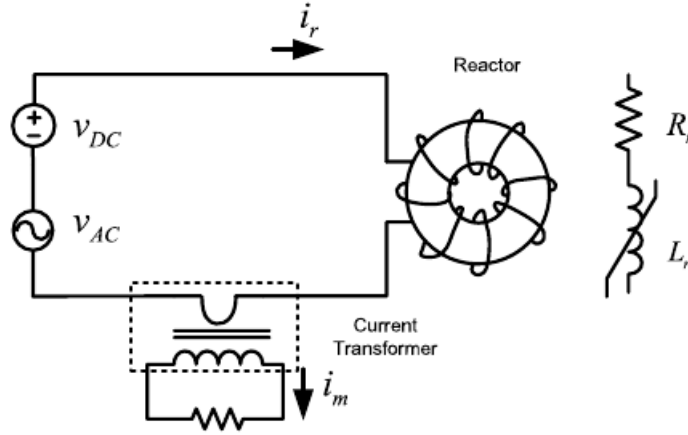


Figura 1: Esquemático do reator, conectado a fonte AC com a componente DC

A figura 1 mostra um resistência em série uma indutância não linear o enrolamento secundário não é considerado ainda, o reator é então conectado a uma fonte de corrente AC com uma componente DC. A corrente i_R do reator, é detectada por um transformador de corrente. O transformador de corrente é implementado para a correção do offset na medição. Para uma baixa qualidade na medição um simples resistor shunt pode ser utilizado. A operação do sensor é atuante na saturação assimétrica apresentando assim a componente DC no funcionamento em regime permanente do transformador. A figura 2 mostra

as formas de onda para o fluxo magnético no reator, corrente de magnetização quando uma componente continua esta presente na rede. Nota-se que o fluxo magnético é mais intenso no fim do semiciclo da senoide.

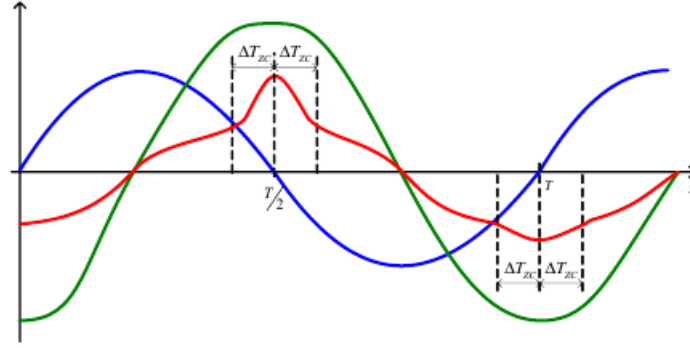


Figura 2: Tensão do reator(azul), fluxo magnético(verde) e corrente de magnetização(vermelho), na presença da componente DC.

O resultado apresenta que, quando a corrente do reator presente for alta é correspondente ao semi ciclo positivo ou negativo dependente da componente DC. A saturação assimétrica do núcleo é informada pela componente DC em amplitude. Para detectar a distorção assimétrica em todo os ciclos da senoide é feita uma integração para a saturação positiva e negativa em um ponto bem próximo a transição do zero.

No caso da tensão DC seja positiva equivale a semi ciclo positivo do fluxo de saturação e a distorção assimétrica, equivalente as harmônicas pares. No caso do modulo da integral para o semi ciclo positivo seja maior que o modulo da integral para o semi ciclo negativo a valor e sinal para a a componente DC. A corrente que flui para transformador de corrente e totalmente imune as variações de offset. No caso o transformador de corrente retira toda a componente DC, logo, não poderá ser vista nenhum sinal DC. Partindo desta premissa o circuito digital é capaz de aumentar rejeição em modo comum. Em outras palavras a detecção da componente continua pode ser vista na figura 3

A função H guarda as informações para a componente DC. Importante notar que os altos niveis de saturação não devem ser capazes de modificar a linearidade do circuito, por isso o sensor desenvolvido é altamente linear para uma vasta gama de valores. O método para o loop fechado apresenta uma resposta mais dinâmica e bem mais. A figura 4 exemplifica todo o processo de aquisição da componente DC

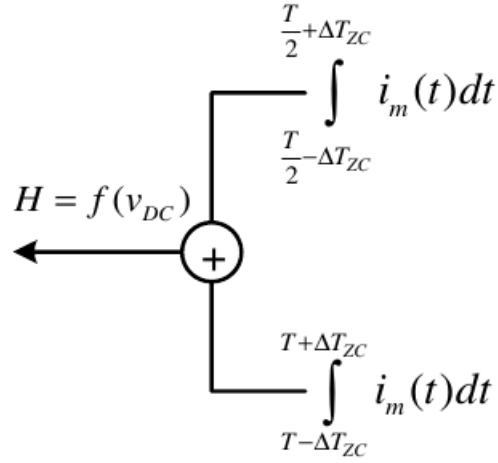


Figura 3: Detector da componente DC

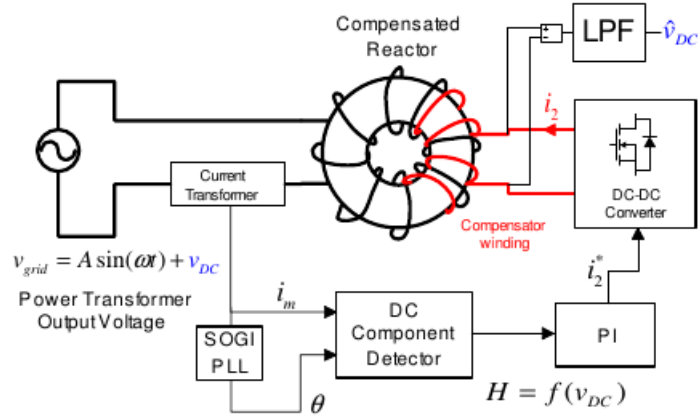


Figura 4: Estrutura de controle

3 Resultado das simulações

O sensor proposto foi simulado usando o ambiente Matlab/Simulink. O esquemático mostrado na figura 4 foi implementado. Todos os sinais foram simulados em um tempo de 100 us, e implementado em um DSP de baixo custo. A simulação foi feita em 2 passos. Primeiro, foi solucionado para dependente da função $H = f(V_{DC})$ para o conversor DC sem o uso a bobina de compensação,

ou seja, em malha aberta. Enquanto a segunda simulação foi feita usando a bobina de compensação(em malha fechada). O compensador foi implementado usando um controlador PI com o tempo de amostragem igual a 20ms. SI_P e SI_N são atualizados em cada semiciclo da tensão. Para as características da magnetização do reator(referente a bobina do primário) mostrada na figura 5.

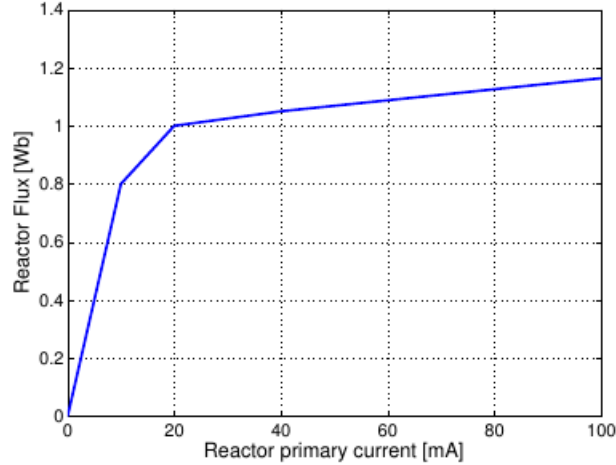


Figura 5: Características de magnetização, referente a bobina do primário

A resistência da bobina foi considerada de 30 ohms. Esse valor é alto, valor escolhido de tal forma que o sistema seja capaz de responder a uma grande variação do campo magnético. A relação de espiras entre o enrolamento primário e de compensação foi 1:3000.

Os resultados da simulação são apresentados na figura 6 e 7.

No caso do sistema em malha aberta o valor absoluto de H não é significativo devido as fontes não lineares, então foi normalizado para o valor máximo. Enquanto que o circuito em malha fechada(veja figura 4) a tensão é V_{DC} . É evidente que sem a compensação, há uma forte dependência da tensão da amplitude da rede na polarização DC. A sensibilidade máxima é atingida em torno da tensão nominal de 230 V_{RMS} . Para valores inferiores do reator é menos saturado. Enquanto que a partir dos valores mais elevados o efeito da polarização DC são amortecidas através da resistência parasitas.

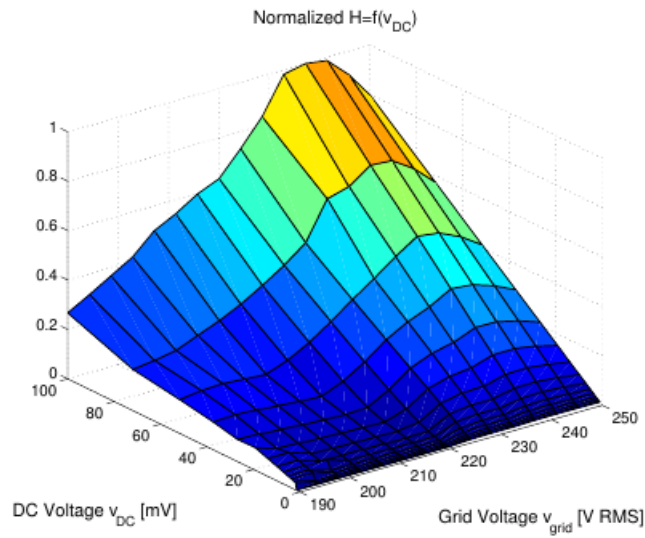


Figura 6: Componente DC normalizada, em malha aberta

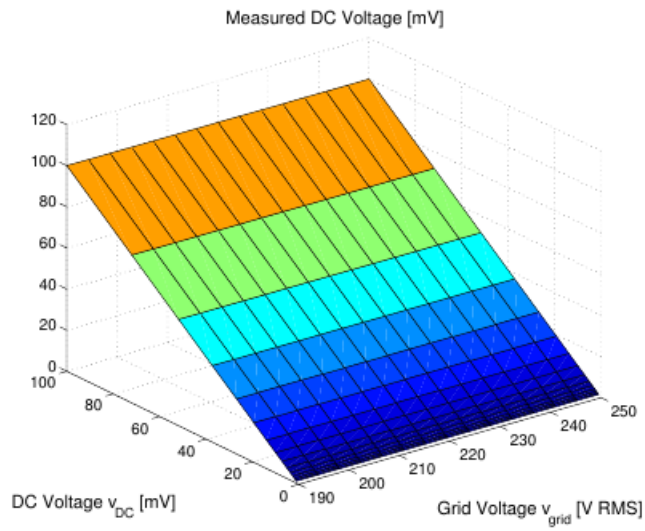


Figura 7: Component DC normalizada, em malha fechada

4 Aplicação do sensor em transformadores de potência

A seções anteriores mostraram a capacidade do sensor e sua alta sensibilidade para pequenos valores da componente DC. Para a sua aplicação em transfor-

madores comumente encontrados em sistemas de distribuição se faz necessário a criação de implementação de 3 sensores para um sistema de trifásico, 4 fios(neutro incluso).

5 Resultados experimentais

E por fim os autores implementaram o sistema na pratica, com o intuito de concretizar a ideia aqui exposta. O prototipo tem como base a figura 4. Para implementar o conversor não linear foi utilizado um controle de motor de 24V 300W. A placa do DSP foi DSP MC56F8037 da Freescale. O prototipo para o reator foi construido e é mostrada na figura 8.

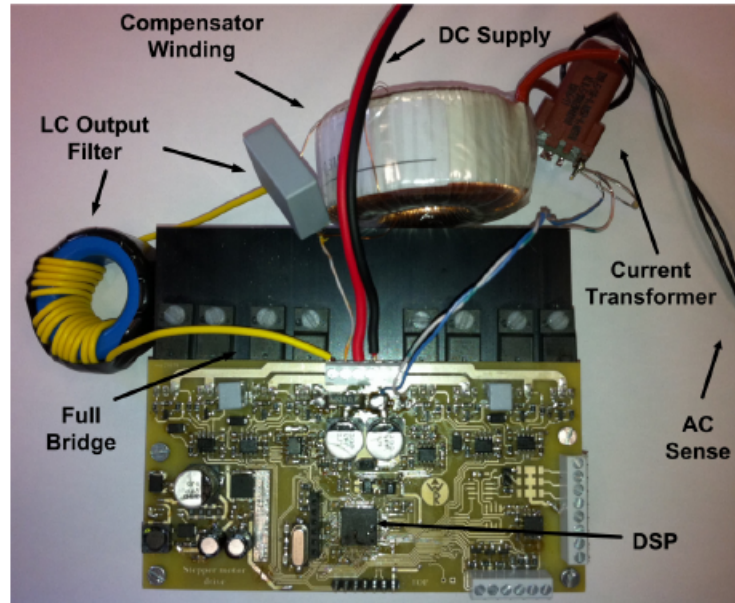


Figura 8: Prototipo para o compensador

O compensador foi conectado a um transformador de 3 kVA e para aumentar o níveis de teste foi inserido um autotransformador. A fonte de componente continua foi projetada para injetar 1kW de potência ativa. O esquemático para os teste é mostrado na figura 9.

Outra forma de avaliar a eficiência do sistema é mensurando a tensão na bobina versus a componente DC injetada. Durante os experimentos a temperatura do transformador foi mantida em valores constantes. Um forma de diminuir

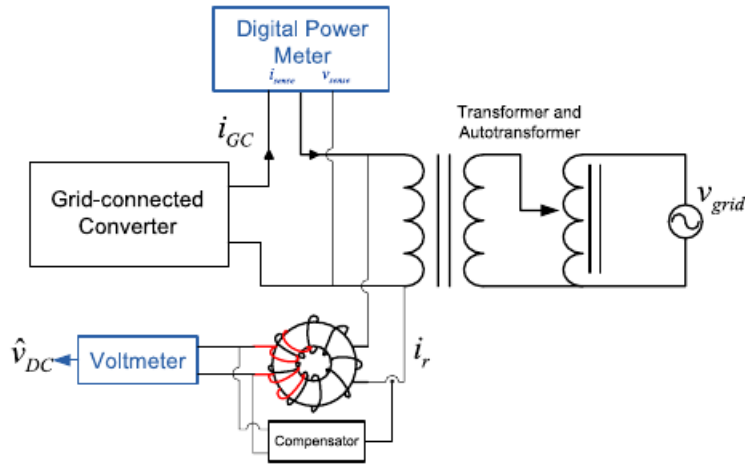


Figura 9: Esquemático do teste

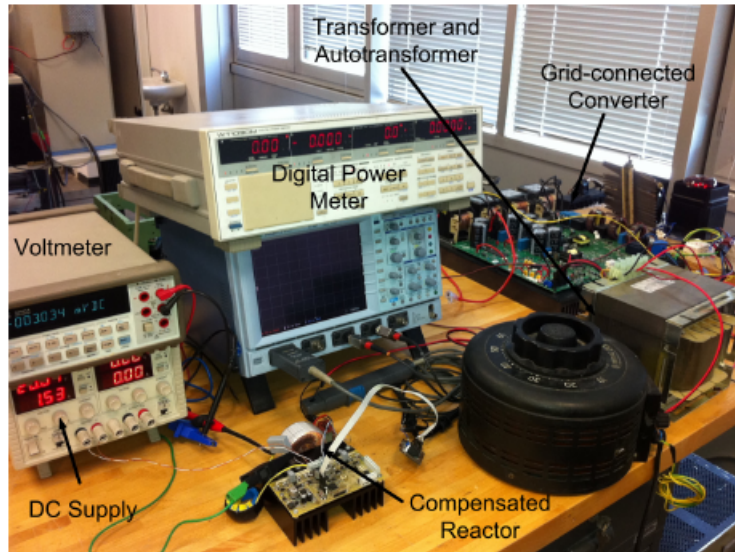


Figura 10: Prototipo final

a variações da resistência parasita. Os resultados das medições é mostrado na figura 11 ficando evidente a compensação do sistema garante a alta linearidade do sistema. A figura 12 mostra as formas de ondas obtidas para o prototipo em pleno funcionamento.

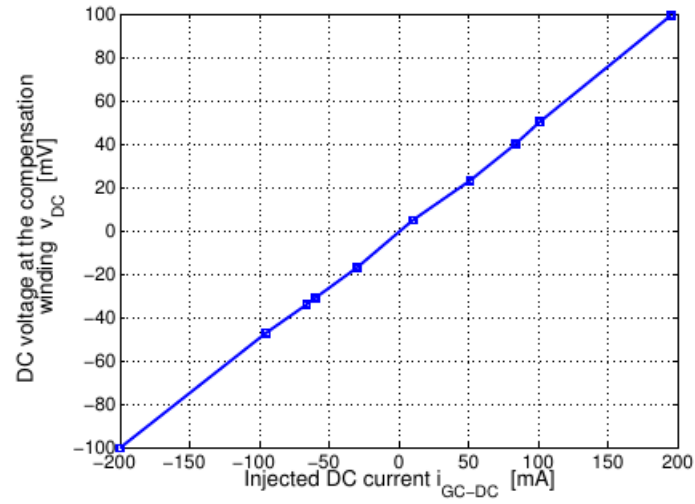


Figura 11: Forma de onda para pleno funcionamento

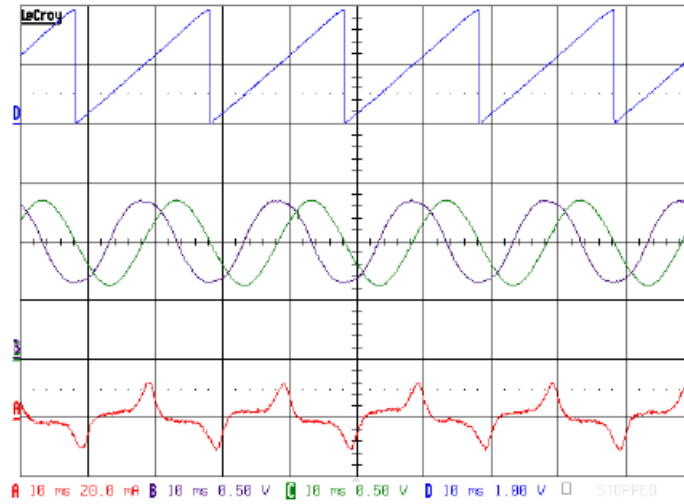


Figura 12: Forma de onda para pleno funcionamento

6 Conclusão

Esse paper tem como principal objetivo mostrar um novo sensor para diagnosticar a extensão da componentes de saturação assimétricas em transformadores de potência devido as componente DC. A principal causa de componentes continuas

é o uso de conversores eletrônicos(fontes de alimentação chaveadas, inversores de frequência, conversores conectados a rede para a energia renováveis) que causam e ampliam a componentes harmônicas da senoide da rede. A corrente continua que flui no transformador de potência provoca uma queda de tensão na pequena resistência do enrolamento do transformador. O sensor proposto é capaz de medir e mensurar essa componente de tensão continua com uma alta sensibilidade e linearidade e livre de problemas de ruídos e baixo valores desta componente. Os resultados da simulação mostra uma ótima resposta com os valores simulados. E principalmente para o circuito em malha fechada na presença de variações grande da amplitude da rede.