



PRPG Pró-Reitoria de Pós-Graduação
PIBIC/CNPq/UFPG-2009

ANÁLISE E IDENTIFICAÇÃO DE FALTA NO COMANDO DE INTERRUPTORES DE CONVERSORES USANDO WAVELET

Abinadabe Silva Andrade¹, Talvanes Meneses Oliveiras²

RESUMO

A transformada de *wavelet* (WT) tem atraído interesse em aplicações na análise de sinais elétricos. Em contraste com a metodologia clássica para determinação do espectro de sinais durante transitórios ou de sinais não estacionários que utiliza a Transformada de Fourier de Tempo Curto (STFT), esta nova ferramenta matemática vem se mostrando eficiente e rápida, com localização precisa de singularidades na base tempo. No projeto de iniciação científica é proposto uma metodologia de identificação e diagnóstico de falha intermitente de operação do comando de um conversor estático utilizando uma função *wavelet*. A identificação e o diagnóstico serão realizados a partir da análise das correntes de saída do conversor que alimentam o motor de indução.

Palavras-chave: wavelet, falha, inversor trifásico

ANALYSIS AND IDENTIFICATION OF FLAW IN COMMAND SWITCH CONVERTER USING WAVELET

ABSTRACT

Wavelet Transform (WT) has been attracting interest in applications of the electric signs analysis, in contrast with the methodology classic for determination of the spectrum signs during transient or no stationary signs that use Short Time Fourier Transform (STFT). This new mathematical tool it shows efficient and fast. In project is suggested an identification methodology and diagnosis of intermittent operation flaw of the static converter command using a function wavelet mother mexican hat. Identification and diagnosis are accomplished starting from the current analysis of the converter output current that feeds the induction motor.

Keywords: wavelet, flaw, three-phase inverter

INTRODUÇÃO

A eletrônica industrial tem crescido cada vez mais principalmente no desenvolvimento de novas chaves estáticas, mais rápidas e mais eficientes, contribuindo para o aparecimento de uma quantidade significativa de topologias de conversores estáticos.

Dentre algumas aplicações de conversores tem-se uma quantidade expressiva de topologias em que o conversor realiza a conversão de uma fonte contínua (cc) para alternada (ca), conversores cc/ca.

Nos conversores cc/ca, denominados inversores, é realizada a geração de tensões alternadas com amplitude e frequência variáveis na saída são obtidas a partir de uma fonte de tensão cc.

Nos estudos de sistemas tolerantes a faltas considera-se, normalmente, a condição de perda definitiva da chave por circuito aberto. Todavia, os estudos para detectar a operação inadequada de uma chave, por falta intermitente causada pelo comando, é pouco explorada. Com o aumento da frequência de operação do conversor, a presença de uma falta de disparo em um, ou até múltiplos períodos de chaveamento, acarreta a geração de distúrbios eletromagnéticos no sistema conversor. Porém, esses são muitas vezes imperceptíveis para o sistema de acionamento, que pode operar em malha aberta ou fechada.

¹ Aluno de Curso de Engenharia Elétrica, Depto. de Engenharia Elétrica, UFPG, Campina Grande, PB, E-mail: abinadabe.andrade@ee.ufcg.edu.br

² Engenheiro Eletricista, Prof. Doutor, Depto. de Engenharia Elétrica, UFPG, Campina Grande, PB, E-mail: talvanes@dee.ufcg.edu.br

Normalmente para o processamento e análise de sinais, utiliza-se a série de Fourier para determinação do seu espectro, isto quando o sinal possui um comportamento periódico. Todavia, os sinais dos eventos nem sempre têm o comportamento de uma função periódica e/ou estacionária.

Devido às limitações da FT, passou-se a utilizar uma ferramenta que permite sobrepujar estes problemas que é a transformada de *wavelet* (WT).

Embora os conceitos de *wavelet* tenham sua origem em 1909, somente a partir da década de 1980 é que recebeu um grande impulso para aplicações em análise de sinais, passando a ser uma alternativa à análise de Fourier. Desde então, a cada dia, novos trabalhos vêm sendo apresentados baseados na WT em diferentes áreas das ciências que trabalham com análises de sinais.

Da mesma maneira que se procede para a análise de Fourier, a WT de uma função $f(t)$ é a decomposição de $f(t)$ em um conjunto de funções $\psi\{a, \tau\}(t)$ que formam uma base e que são chamadas de funções *wavelets*.

Neste trabalho são estudadas estruturas de conversores e é proposto a análise de sinal de corrente na saída de um inversor que alimenta uma máquina de indução trifásica, usando transformada de *wavelet*. Com auxílio da WM, serão traçadas as características dos coeficientes de *wavelet* na base do tempo, permitindo a identificação e a definição da existência de defeito no sinal de comando da chave do conversor.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Análise Química de Alimentos do Departamento de Engenharia Agrícola no Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande – PB.

Material

Óleo de girassol refinado obtido no comércio local.

Análise de Sinais

Por muito tempo utilizou-se da transformada de Fourier para análise de sinais e para muitos fins científicos. Mas esta é bem adaptada apenas para o estudo dos sinais estacionários onde todas as frequências têm um tempo infinito de ciclos. Análise de Fourier traz apenas informação global que não é suficiente para detectar padrões inconsistentes nos sinais. Sendo assim a transformada *wavelet* surgiu para suprir essa necessidade de análise de sinais que não são periódicos.

A partir da década de 1980 é que recebeu um grande impulso para aplicações em análise de sinais, passando a ser uma alternativa à análise de Fourier, Loureiro (2001).

Introdução a Transformada de Fourier

A análise de sinais já possui uma quantidade expressiva de ferramentas. Talvez a mais conhecida delas seja a análise de Fourier, que compõe um sinal como uma soma de senoides de diferentes frequências. Outra maneira de pensar na análise de Fourier é como uma análise matemática técnica para transformar a visão do sinal a partir de uma base de um tempo para uma base em frequência.



Figura 1: Representação da Transformada de Fourier

Para muitos sinais, a análise de Fourier é extremamente útil, pois as componentes de frequência do sinal são de grande importância. Então por que precisamos de outras técnicas, como análise *wavelet*? A análise de Fourier tem uma grande desvantagem. Ao transformar-se o sinal para o domínio da frequência, a informação do tempo é perdida. Ao olhar para uma transformada de Fourier de um sinal, é impossível dizer quando um determinado evento ocorreu, ou quando uma determinada componente de frequência surgiu no sinal. Se um sinal não muda muito ao longo do tempo - isto é, se é um sinal estacionário - esta desvantagem não é muito importante.

No entanto, existem vários sinais não-estacionários ou com características de transitórios: *drift*, falta em uma chave, mudanças bruscas em começos e fins de eventos. Estas características são muitas vezes a parte mais importante do sinal de Fourier e análise não é adequada para detectá-las.

Em um esforço para corrigir essa deficiência, Dennis Gabor (1946) adaptou a transformada de Fourier para analisar apenas uma pequena parte do sinal em um momento, chamando de Transformada Rápida de Fourier - STFT (Short Time Fourier Transform). Essa transformada faz um mapeamento de forma bidimensional entre o tempo e a frequência.

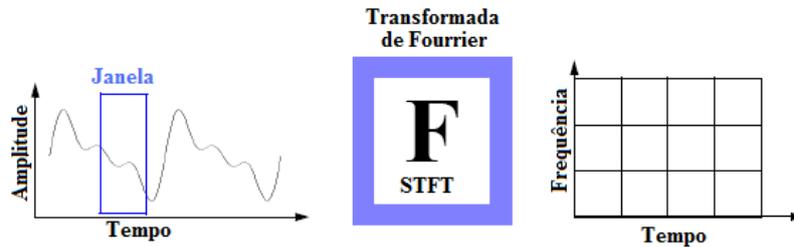


Figura 2: Representação da Transformada Rápida de Fourier

A STFT fornece algumas informações sobre quando e em que frequências um evento ocorrer no sinal. No entanto, só é possível obter essa informação com precisão limitada, e que a precisão é determinada pelo tamanho da janela.

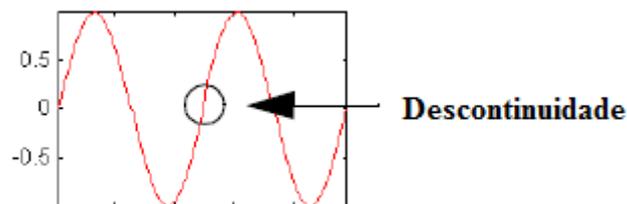
No entanto a STFT possui uma desvantagem que é quando você escolhe um tamanho especial para a janela, essa janela é o mesmo para todas as frequências. Muitos sinais exigem uma abordagem mais flexível - uma em que é possível variar o tamanho da janela para determinar com mais precisão tanto tempo ou frequência.

Agora vamos falar um pouco sobre a nova proposta de análise de sinais, que é a *wavelet*.

Introdução a Transformada de Wavelet

Assim como a STFT a *wavelet* usa uma análise em forma de janela. A análise de *Wavelet* permite o uso de intervalos tempo longo onde queremos informações de baixa frequência mais precisas, e intervalos de tempo mais curtos em regiões onde queremos informações de alta frequência.

Uma grande vantagem oferecida pela *wavelet* é a capacidade de realizar análises locais - isto é, analisa uma determinada região de um sinal. Considere um sinal senoidal com uma pequena descontinuidade. Este sinal pode ser facilmente gerado no mundo real, talvez por uma potência flutuação, um ruído e/ou uma pequena falha de operação da chave.



Se a transformada de Fourier for aplicada nesse sinal, será observado como resposta na frequência dois espectros, um na frequência fundamental do sinal e outro na frequência da descontinuidade, mas não mostra em que instante essa descontinuidade ocorreu. No entanto, os coeficientes *Wavelet* mostram claramente a localização exata no momento da descontinuidade. A análise de *Wavelet* análise é capaz de revelar aspectos dos dados do sinal que outras técnicas não são capazes, aspectos como a descontinuidades, que no neste trabalho será apresentado como uma falta na chave de comando. Além disso, oferece uma visão diferente dos sinais daqueles apresentados pelas técnicas tradicionais, como por exemplo, realizar a análise do sinal na frequência sem perder a informação no tempo.

Agora que se sabe que em algumas situações é útil usar a análise *Wavelet*, vale a pena pedir as perguntas "O que é a transformada de *Wavelet*?"

Da mesma maneira que se procede para a análise de Fourier, a WT de uma função $f(t)$ é a decomposição de $f(t)$ em um conjunto de funções $\psi_{\{a,\tau\}}(t)$ que formam uma base e que são chamadas de funções *wavelets*. A WT é definida como

$$W_w(a, \tau) = \int f(t) \varphi_{a,\tau}^*(t) dt \tag{1}$$

onde a é o fator de escala, sendo $a \neq 0$, e τ é o fator de deslocamento. Dessa maneira é possível gerar as *wavelets* a partir do deslocamento e da mudança de escala da função *wavelet* mãe $\psi(t)$, assim chamada por possuir determinadas condições de admissibilidade de modo que a equação geral das funções *wavelets* é definida por:

$$\varphi_{a,\tau}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}} \varphi_{a,\tau}\left(\frac{t-\tau}{a}\right) \quad (2)$$

Serguei and Serguei (2003), realiza a análise de harmônicos resultantes da aplicação de um retificador com o emprego da Transformada de *Wavelet* Contínua (CWT). Devido a sua capacidade de representar um sinal na escala do tempo a CWT também tem recebido a devida atenção.

A análise de sinal aplicando *wavelet* ortonormal permite a obtenção de uma representação mais compacta do sinal além da sua reversibilidade. Por outro lado, a análise da série com auxílio de uma *wavelet* não ortonormal é recomendada quando se espera suavização ou variações contínuas na amplitude da *wavelet*, Torrence and Compo (1998).

Das funções *wavelets* não ortonormais existentes as mais utilizadas são a de Morlet e a tipo chapéu mexicano. A expressão básica da função WM de Morlet é dada por

$$\varphi(t) = e^{jKt} e^{-\frac{t^2}{2}} \quad (3)$$

onde K é uma constante inteira. O número de oscilações numa WM de Morlet é definido a partir da escolha de K . Na figura (3) são ilustradas as curvas das componentes reais da WM de Morlet para a condição de $K = 1$ e 3 .

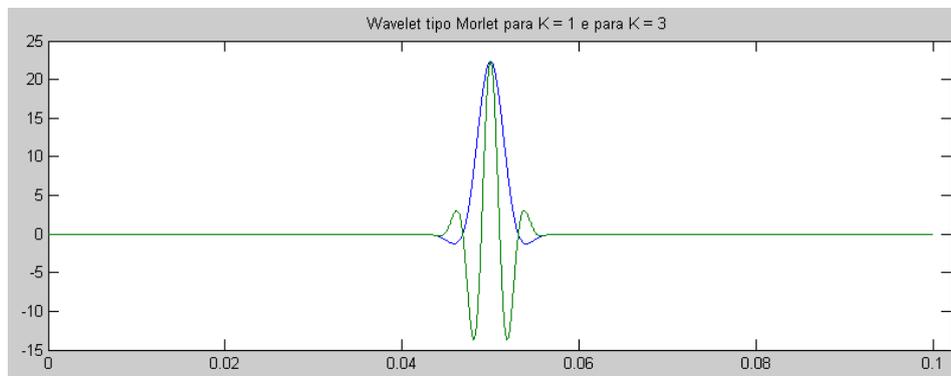


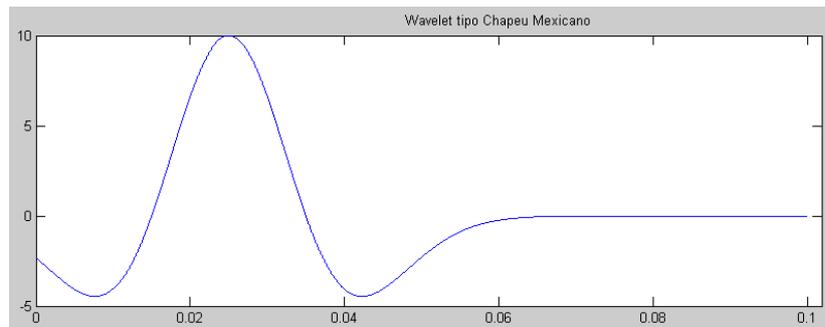
Figura 3: Curvas de WM de Morlet para $K = 1$ e $K = 3$

Além da sua característica de não ortonormalidade, a função WM de Morlet se distingue por ser uma função *wavelet* complexa. Essa distinção permite obter informações de amplitude e fase do sinal, sugerindo sua melhor adaptação quando se deseja descrever comportamentos oscilatórios.

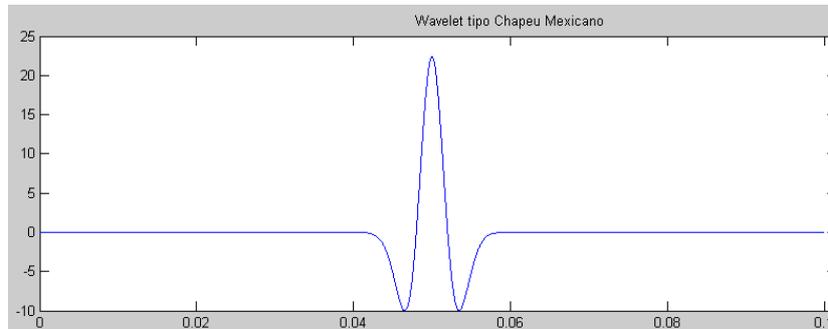
A WM tipo chapéu mexicano, é uma função real cuja equação básica é

$$\varphi(t) = (1-t^2) \cdot e^{-\frac{t^2}{2}} \quad (4)$$

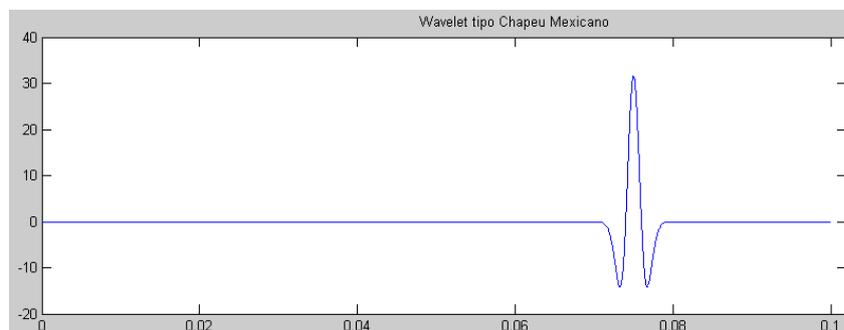
A aplicação direta da equação (4) resulta na curva da figura (4), que apresenta também variações tanto de a como de τ . A utilização desta função *wavelet* real é interessante quando se deseja isolar picos ou observar discontinuidades no sinal no intervalo em que somente os valores de $a > 0$ são desejados, que o caso em estudo.



(a)



(b)



(c)

Figura 4: Wavelet tipo Chapéu Mexicano (a) $a = 1/100$ e $\tau = 0,025$, (b) $a = 1/500$ e $\tau = 0,05$ e (c) $a = 1/1000$ e $\tau = 0,075$

Descrição do Circuito de Potência (Conversores cc/ca - Inversores)

As tensões do conversor são obtidas pelo chaveamento de dispositivos de potência que mudam do estado de condução para o estado de bloqueio em pequenos períodos, chamados períodos de chaveamento. De modo simples, o inversor utiliza as mudanças de estado nas chaves para aplicar tensão positiva ou negativa sobre o arranjo fonte/indutância de entrada ou sobre a carga em intervalos de tempos variáveis, menores ou iguais ao período de chaveamento.

Os dispositivos de potência utilizados para realizar o chaveamento são mais conhecidos como “chaves” ou “interruptores”. Essas chaves são constituídas normalmente por um IGBT com um diodo em anti-paralelo. Nos conversores de uma forma geral as chaves de potência são dispostas em arranjos denominados de braços.

De acordo com a quantidade de braços e como as chaves estão dispostas temos as várias topologias de conversores, entre eles:

- Conversor dois níveis meia ponte;
- Conversor monofásico em ponte;
- Conversor trifásico;
- Conversor multinível.

Conversores cc/ca - Inversores

O conversor trifásico é composto por três braços (ilustrado na figura 5). Cada braço opera gerando tensão de pólo com uma defasagem de 120° entre si (ilustrado na figura 6). As tensões de pólo são dadas por V_{AO} , V_{BO} e V_{CO} . Onde A,B e C representam cada fase do sistema trifásico. Desta forma tem-se como tensão de linha V_{AB} , V_{BC} e V_{CA} em que elas são defasadas de 120°.

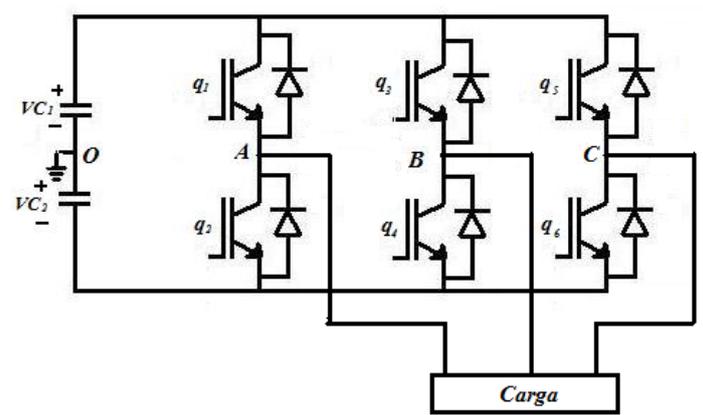


Figura 5: Conversor Trifásico

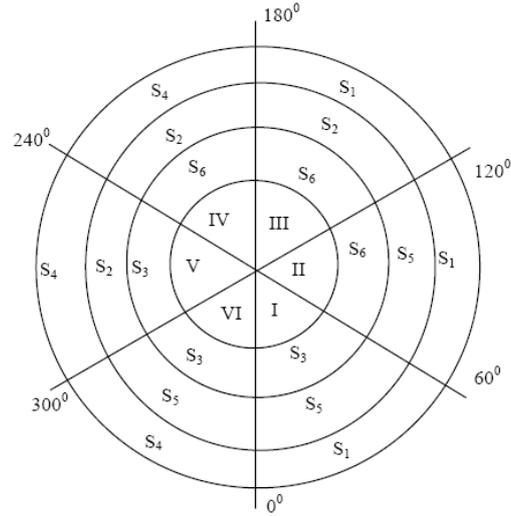


Figura 6: Diagrama do Comando do Conversor Trifásico

As tensões de linhas são dadas pela diferença entre as tensões de fases, São dadas por;

- $V_{AB} = V_{AO} - V_{BO}$ (5)
- $V_{BC} = V_{BO} - V_{CO}$ (6)
- $V_{CA} = V_{CO} - V_{AO}$ (7)

Da mesma forma que V_{AO} , V_{BO} e V_{CO} são defasadas de 120° V_{AB} , V_{BC} e V_{CA} também são defasadas de 120°. A figura 7 ilustra as tensões de fase e de linha e seus respectivos defasamento.

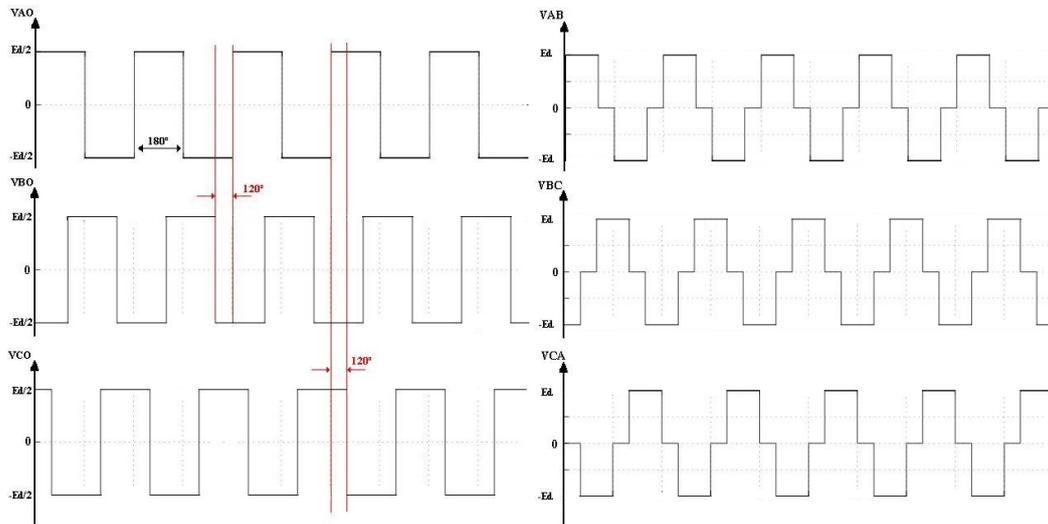


Figura 7: Tensões de Pólo e Tensões de Linha

As tensões V_{AO} , V_{BO} e V_{CO} , que são ondas quadradas, desenvolvidas em series de Fourier são dadas pelas equações (8), (9) e (10):

$$V_{AO} = \frac{4 E_d}{\pi 2} \left(\cos(\omega t) + \frac{1}{3} \cos(3\omega t) + \frac{1}{5} \cos(5\omega t) + \dots \right) \quad (8)$$

$$V_{BO} = \frac{4 E_d}{\pi 2} \left(\cos(\omega t - 120^\circ) + \frac{1}{3} \cos(3\omega t - 120^\circ) + \frac{1}{5} \cos(5\omega t - 120^\circ) + \dots \right) \quad (9)$$

$$V_{CO} = \frac{4 E_d}{\pi 2} \left(\cos(\omega t + 120^\circ) + \frac{1}{3} \cos(3\omega t + 120^\circ) + \frac{1}{5} \cos(5\omega t + 120^\circ) + \dots \right) \quad (10)$$

Substituindo as equações (8), (9) e (10) em (5), (6) e (7), temos as tensões de linhas expressas na serie de Fourier.

$$V_{AB} = \sqrt{3} \frac{4 E_d}{\pi 2} \left(\cos(\omega t + 30^\circ) + \frac{1}{3} \cos(3\omega t + 30^\circ) + \frac{1}{5} \cos(5\omega t + 30^\circ) + \dots \right) \quad (11)$$

$$V_{BC} = \sqrt{3} \frac{4 E_d}{\pi 2} \left(\cos(\omega t - 90^\circ) + \frac{1}{3} \cos(3\omega t - 90^\circ) + \frac{1}{5} \cos(5\omega t - 90^\circ) + \dots \right) \quad (12)$$

$$V_{CA} = \sqrt{3} \frac{4 E_d}{\pi 2} \left(\cos(\omega t + 150^\circ) + \frac{1}{3} \cos(3\omega t + 150^\circ) + \frac{1}{5} \cos(5\omega t + 150^\circ) + \dots \right) \quad (13)$$

Modulação Senoidal

Os instantes de disparo são determinados pelas interseções de dois sinais, um chamado de portadora (normalmente um sinal triangular) e o outro chamado de referência ou modulante (sinal senoidal). Quando o sinal de senoidal de referência (V_c), excede o sinal da portadora (V_t), a saída do comparador fica "alta" e o interruptor associado a este controle é disparado. Quando V_c é menor que V_t , a saída do comparador fica "baixa" e o interruptor associado a esse controle é bloqueado. Neste caso se os interruptores forem ideais a forma de onda da tensão de pólo é ilustrada na figura 8.b.

Para um índice de modulação de amplitude, cuja equação é dada por:

$$m_a = \frac{V_c}{V_t} \quad (14)$$

entre 0,5 e 0,0 (valores considerado baixo [4]), obtém-se uma onda quadrada na freqüência da portadora, da mesma forma que o m_a não pode ser maior ou igual a 1 (um), pois neste caso, obtém-se uma onda quadrada na freqüência do sinal de referência. Os dois casos não são desejados visto o fato de que esses sinais possuem harmônicos de ordem muito baixa, em torno do terceiro harmônico, então, o valor máximo para m_a deve ser 0,9.

Quando $m_a \leq 1$ a amplitude da componente fundamental da tensão de pólo é proporcional ao valor de m_a , e é dada por:

$$V_{01} = m_a \cdot \frac{E}{2} \tag{15}$$

Onde, E é a tensão do barramento cc.

As formas de onda do circuito de controle, da tensão de pólo do braço do inversor e do espectro de frequência da tensão de pólo são ilustradas nas figuras 8 (a) a (c). A tensão pulsada de pólo possui uma frequência fundamental igual a da modulante. A largura de cada pulso é variada de acordo com a variação da modulante. A tensão rms da saída pode ser variada de 0 a $\frac{E}{2}$, variando-se o índice de modulação em amplitude (m_a) de 0 a 1.

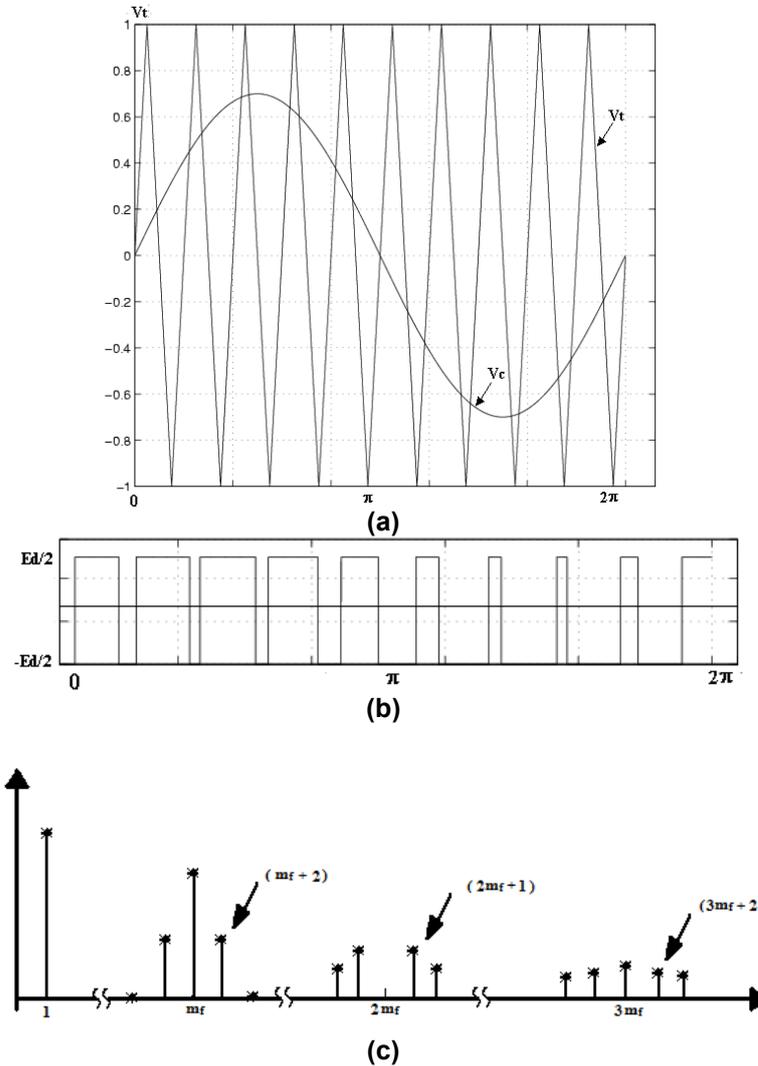


Figura 8:(a) Portadora e Modulante (b) Tensão de Pólo (c) Espectro de Frequência da Tensão de Pólo

Os harmônicos da tensão de saída aparecem com bandas laterais e centradas em torno da frequência de chaveamento e seu múltiplos, ou seja, em torno dos harmônicos $m_f, 2m_f, 3m_f, 4m_f \dots jm_f$ (índice de

modulação em frequência $m_f = \frac{f_t}{f_c}$). Para $m_f > 9$ a amplitude dos harmônicos independe de m_f . Teoricamente, as frequências as quais os harmônicos de tensão ocorrem são fornecidas por:

$$f_n = (jm_f + k)f_1 \tag{15}$$

Ou seja, a ordem do harmônico h corresponde à k -ésima frequência da banda lateral da j -ésima vezes a frequência da fundamental. Para os valores de j , os harmônicos só existem para os valores ímpares de k . Portanto, essa técnica de modulação resulta na redução de harmônicos.

É interessante ressaltar que maior o valor de m_f menor será as amplitudes dos harmônicos de corrente próximo a componente fundamental. Entretanto, a alta frequência de chaveamento pode acarretar na redução do rendimento do inversor, sem falar que o interruptor poderá não responder ao comando de disparo e de bloqueio por não obedecer os tempo de comando.

A escolha de m_f deve ser tal que ele tenha os seguintes valores:

- inteiro: garante que os sub-harmônicos sejam eliminados;
- ímpar: – elimina os harmônicos pares;
- maior que 21: faz com que a banda de harmônicos fiquem centrada em pelo menos 21 vezes o valor da fundamental.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Simulação dos conversores cc/ca.

O modelamento dos conversores estáticos é baseado nas equações das correntes em cada braço e na tensão na carga, e a simulação é realizada usando a plataforma MATLAB.

Em todas as simulações utilizamos a modulação senoidal com as seguintes características:

- coeficiente de modulação em amplitude 0.9;
- coeficiente de modulação em frequência 21;
- frequência da tensão de referência 60 Hz.

Pode-se observar a tensão de referência com a tensão triangular na figura 9.

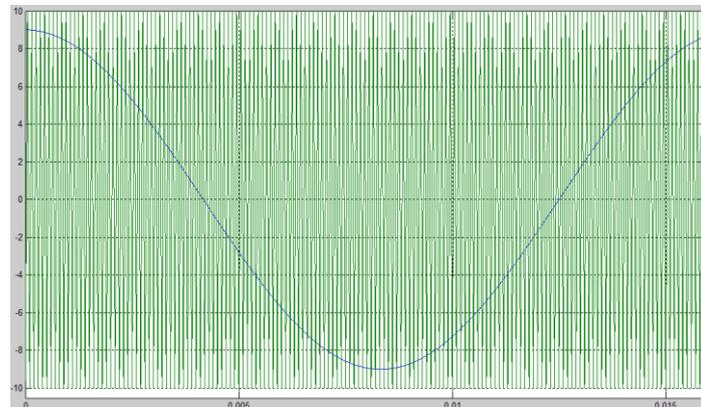


Figura 9: Tensão de referência e a triangular

As equações para tensões e correntes que caracterizam a operação do conversor trifásico são baseadas na tensão de carga. Considerando que a carga é trifásica, a tensão em uma fase da carga é igual a tensão de pólo (Eq. 16), realizando lei de Kirchof isolamos a derivada da corrente que será nossa variável de estados, desta forma as equações são dadas por:

$$V_l = V_{(A,B,C),O} \quad (16)$$

$$v_l = r_l \cdot i_l + l_l \frac{di_l}{dt} \quad (17)$$

$$\frac{di_l}{dt} = \frac{v_l - r_l \cdot i_l}{l_l} \quad (18)$$

Onde $V_{(A,B,C),O}$ é definido pelas equações (8), (9) e (10).

A figura 10.a ilustra as correntes que circulam através das chaves e da carga. Assim como foi indica nos dois tópicos anteriores a representação da corrente na chave foi dividida em duas partes, a primeira apresenta a corrente que circula através da chave controlada e a segunda através do diodo.

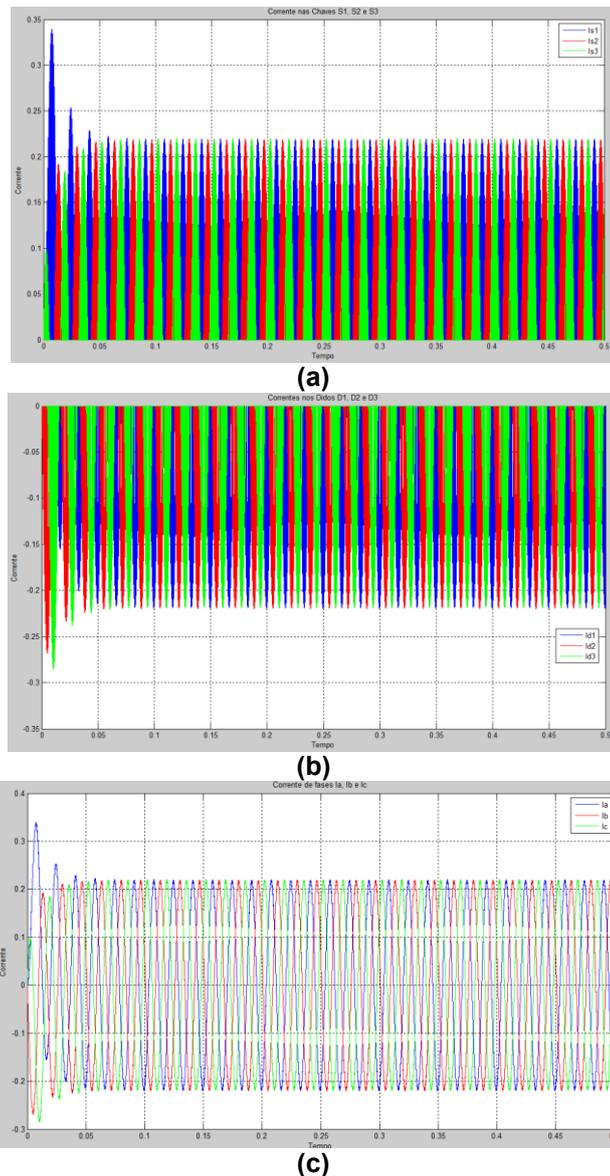


Figura 10:(a) Correntes nas chaves (b) Correntes nos diodos (c) correntes de fase na carga.

Nas condições normais de operação, é desejável que não exista falha de operação no sistema do conversor. No entanto, existem algumas anormalidades no sistema elétrico em que o conversor é inserido. Os componentes elétricos ou eletromagnéticos podem causar operações indesejadas por períodos de tempo muito curto mas suficiente para acarretar a falha de comando das chaves.

Desse modo, pode se verificar que a falha pode ter sua origem em diversos pontos do circuito como também por fatores e causas distintas.

Partindo da consideração que essa falha ocorra, esta pode acarretar duas situações distintas de operação para cada do conversor, estas situações são:

- Curto-Circuito
- Circuito Aberto

Caso a falha de um dos componentes acarrete em um curto-circuito o conjunto de proteção instalado devesse atuar o mais rápido possível impedindo que corrente elevada venham danificar o circuito do conversor. Já no caso de circuito aberto, quando existe a falha de curta duração, esta ocorre normalmente por falta de comando em uma ou ambas das chaves de um braço ou de mais de um braço, acarretando tensão de pólo nula.

Caso a falha persista por um período de tempo superior ao estabelecido em projeto para atuação da proteção por falta de comando o sistema se desenergizará. No entanto, em caso de falha intermitente e de curta duração o sistema de proteção pode não atuar, não descaracterizando a existência da falta, o que acarreta em tensão de pólo nula durante este período.

Na figura 13 pode-se observar o efeito de uma falta em circuito aberto no conversor trifásico (ver Figura 11).

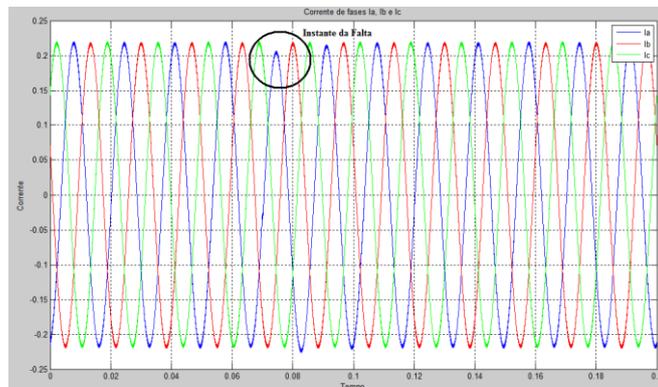


Figura 11: Correntes de Fase com uma Falta na Fase a no Instante 0,07 s

CONCLUSÕES

Neste trabalho foi apresentado o método de acionamento de um conversor estático através da modulação senoidal, o funcionamento em condições ideais dos conversores e o funcionamento em condições de falhas principalmente quando esta falha acarreta um circuito aberto, já que no curto circuito o sistema de proteção deve atuar rapidamente para proteger os componentes do circuito.

Tão somente isso mas a introdução da transformada *wavelet* que é uma ferramenta nova no estudo de análise de sinais que veio para suprir as necessidades da transformada de Fourier que até então era uma das ferramentas mais usadas.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa de Iniciação Científica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. Cohen, I. Daubechies, J.C. Feauveau, Biorthogonal bases of compactly supported wavelets, *Communications on Pure and Applied Mathematics*, 55 (1992), 458-560.
- [2] Serguei, K. and Serguei, B. (2003). A wavelet method for signal analyses of the power electronics circuits, *The 7th Korea-Russia Inter. Symposium on Science and Technologie*, Vol. 2, pp. 129{131.
- [3] Edison Roberto C. da Silva, "Apostila de Eletrônica de Potência". Campina Grande: DEE/UFCG, 2008.
- [4] T. M. Oliveira, H. Raziky, L. Baghliy, E. R. C. Silva, C. B. Jacobina, Análise e identificação de Falta no Comando de Conversores usando Wavelet