PEA3455 - Tópicos em Geração Distribuída

Parte: Eletrônica de Potência Aula: 1

Roteiro de Simulação: O conversor VSC monofásico: operação, filtragem da corrente e da tensão, rastreamento da corrente CA e regulação da tensão CC

v. 18/10/2017

Prof. Lourenço Matakas Junior

1. Objetivos
	1. de aprendizado:
* operação do conversor tipo fonte de tensão monofásico e trifásico e modulação em largura de pulso;
* filtragem da corrente CA;
* rastreamento da corrente CA;
* operação com fator de potência unitário;
* regulação da tensão CC;
* despacho de valores de P e Q predefinidos.
	1. habilidades:
* representar um sistema de eletrônica de potência por modelos simplificados;
* simular o sistema a partir do modelo simplificado;
* validar o modelo adotado e propor aprimoramentos caso necessário.
1. **Verificação da operação conversor monofásico tipo meia ponte operando com PWM natural (baseado em portadora triangular).**

**2a. Verificação da operação do modulador PWM e seus limites.**

Executar o arquivo ***inv\_1f\_RL .psimsch*** com: L=0.02H, R=100 Ohms, frequência de chaveamento= frequência da portadora=ftri=1200Hz.

- Impor o pico do sinal de referência vref nos valores 0, 50, 100, 130V e plotar para cada caso os gráficos da tensão de saída do conversor vc(t) e do seu espectro.

- Comentar sobre o comportamento da componente fundamental de vc(t) com o pico de vref.

**2b. Filtragem da corrente no lado CA do conversor**

Executar o arquivo ***inv\_1f\_RL .psimsch*** com vref\_pico =100V.

- Usando os valores de ftri e L indicados na tabela I, plotar para cada caso:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| caso | L (H) | Ftri (Hz) |
| 1 | 0.02 | 1200 |
| 2 | 0.04 | 1200 |
| 3 | 0.02 | 2400 |

* Uma figura com dois gráficos, um com vc(t) e outro com iL(t).
* Uma figura com dois gráficos, um com o espectro de vc(t) e outro com o espectro de i(t).

- comentar o efeito do aumento de L e de ftri na ondulação da corrente no lado CA do conversor.

1. **Impondo corrente arbitrária no lado CA do conversor**

**3a - *Operação em malha aberta***

Neste item o conversor é conectado à rede com tensão v(t) senoidal. Será utilizado o arquivo **inv\_1f\_H\_rede.psimsch**. Antes de prosseguir, notar e certificar-se que entendeu porque o conversor sofreu as seguintes alterações:

* o conversor meia ponte foi substituído por um ponte H.
* a tensão CC foi elevada de 100 para 120 V
* o sinal de referência foi dividido pela tensão CC
* a portadora passou a ter amplitude unitária.
* apesar das alterações, vc(t) continua a ter 2 níveis e continua valendo tudo o que foi visto nos itens 2a e 2b.

-. Calcular a amplitude e fase do sinal de referencia vref(t) que impõe uma corrente senoidal com amplitude unitária e fase nula, considerando que a rede v(t) tem amplitude de 100V e fase nula.

- simular o arquivo **inv\_1f\_H\_rede.psimsch** plotando um figura com dois gráficos, a tensão na rede v(t) e a corrente na rede iL(t). Funcionou?

- verificar que no caso anterior, uma potência ativa de 50W foi injetada na rede (operação como inversor) . Você conseguiria absorver 50W da rede e enviar para o lado CC do conversor (operação como retificador)? Se sim, recalcule vref e simule este caso.

**3b- Impondo corrente arbitrária no lado CA do conversor - *Operação em malha fechada***

O item anterior mostra que a resposta dinâmica do compensador pode ser muito lenta. É inviável controlar um conversor real usando formulas fasoriais, que demandam pelo menos meio ciclo para serem calculadas.

Uma solução é a introdução de uma malha de controle da corrente conforme mostrado na figura 3 (arquivo **malha de corrente.psimsch)**. Uma referência de corrente “ILref(t)” correspondente à corrente desejada (capacitiva ou indutiva) é comparada com a corrente medida “ILmed(t)”, gerando um sinal de erro e(t), que é aplicado a um controlador PI, que gerará o sinal Vref(t), na entrada do PWM, responsável por garantir que o erro de corrente (e(t)=ILref(t)-ILmed ) seja nulo Com esta solução obtêm-se tempos de resposta da ordem de décimos do período da rede.

Utilizando o arquivo **malha de corrente.psimsch (fig. 1)** ajuste o controlador PI de modo que a corrente ILmed(t) siga a referência ILref(t) com mínimo erro. Comentar o erro de rastreamento e o tempo de resposta. Para o ajuste do PI sugere-se iniciar com Kp=0.1 e constante de tempo de 1s. Aumentar o ganho Kp até o sistema começar a ficar oscilatório, ou instável. Reduzir o valor da constante de tempo até obter valores aceitáveis de erro de amplitude e fase. Plotar em um único gráfico “ILref(t)” e ILmed(t).



Figura 1- malha de rastreamento de corrente

1. Malha para geração de sinal de corrente em fase com a tensão da rede

Para se obter um sinal de referencia em fase com a tensão existem duas possibilidades:

* Mede-se a tensão da rede v(t) , estima-se seu valor de pico Vp e calcula-se v(t)/Vp, que será uma senoide em fase com v(t) e de amplitude unitária. A seguir multiplica-se este sinal por Ip, de modo a se obter Iref. O problema desta solução é que tensão de rede deformada produzirá iref(t) deformada. Nesta aula usaremos esta estratégia.
* Aplica-se o sinal v(t) a um bloco PLL (phase locked loop), que fornece em sua saída um sinal senoidal de amplitude unitária em fase com a componente fundamental de v(t). Esse sinal é posteriormente multiplicado por Ip, como no caso anterior.

4a Simular o arquivo **regulação de tensao CC.psimsch** ajustando o PI da malha de tensão até que obtenha uma boa resposta transitória. Verifique se entendeu a malha de regulação de Vcc. Verifique que a fonte CC foi substituída por um capacitor e uma fonte de corrente que emula um sistema de geração injetando corrente no lado CC do inversor. A tensão Vcc tenderá a aumentar mas a malha de regulação de Vcc aumenta Ipico, aumentando a potência ativa injetada pelo conversor na rede até que esta seja igual à potência injetada no link , mantendo Vcc constante.

4b- qual a frequência da ondulação em Vcc? Por que?

4c- o que acontece se você aumentar muito o ganho proporcional? E se reduzir muito?

Atividade Individual (para fazer em casa)

Conversor Trifásico

1. Simular o conversor trifásico com carga resistiva, usando o arquivo **trifásico\_R.psimsch**. Obtenha uma figura com os 3 gráficos separados das tensões nas resistências de carga.
2. Repetir a simulação interligando os pontos G1 e G2.
3. Preencha a tabela abaixo, que contempla as tensões entre cada fase e o ponto G1 e entre cada fase e o ponto G2, utilizando-a para explicar o comportamento das tensões na carga para os itens 1 e 2.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Va\_g1 | Vb\_g1 | Vc\_g1 | vo | Va\_g2 | Vb\_g2 | Vc\_g2 |
| -Vcc | -Vcc | -Vcc |  |  |  |  |
| -Vcc | -Vcc | Vcc |  |  |  |  |
| -Vcc | Vcc | -Vcc |  |  |  |  |
| -Vcc | Vcc | Vcc |  |  |  |  |
| Vcc | -Vcc | -Vcc |  |  |  |  |
| Vcc | -Vcc | Vcc |  |  |  |  |
| Vcc | Vcc | -Vcc |  |  |  |  |
| Vcc | Vcc | Vcc |  |  |  |  |

1. Simular o conversor trifásico com carga resistiva e filtro L , usando o arquivo **trifásico\_RL.psimsch**. Obtenha uma figura com os 3 gráficos separados das correntes de linha. Obtenha outra figura com os 3 espectros das correntes de linha.
2. Repita o item 4 interligando G1 e G2.
3. Explicar as formas de onda de corrente e seus espectros a partir dos resultados dos itens 1, 2 e 3.