

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ELETRÔNICA
Conversores Estáticos (ELP - 20306)

AULA LAB 04
SIMULAÇÃO DE CONVERSORES CA-CA DE BAIXA FREQUÊNCIA

1 INTRODUÇÃO

Esta aula de laboratório tem por objetivo consolidar os conhecimentos obtidos nas aulas teóricas referentes ao estudo de conversores CA-CA monofásicos e trifásicos, principalmente de baixa frequência de comutação. Para tanto, será usado o simulador de circuitos Orcad 9.2 Lite visando confrontar as expressões matemáticas convencionais com os resultados de simulação obtidos via simulador.

Em síntese, objetiva-se:

- Gradador monofásico:
 - Carga resistiva;
 - Carga RL.
- Gradador trifásico com carga resistiva;
- Controle por ciclos inteiros:
 - Funcionamento normal;
 - Efeito na rede.
- Gradador monofásico de baixo custo.

2 GRADADOR MONOFÁSICO

Simule o circuito mostrado na figura 1, inicialmente com carga resistiva, anotando os resultados na tabela 1. Em seguida altere a carga para RL e anote os resultados na tabela 2, conforme mostrado na figura 1.

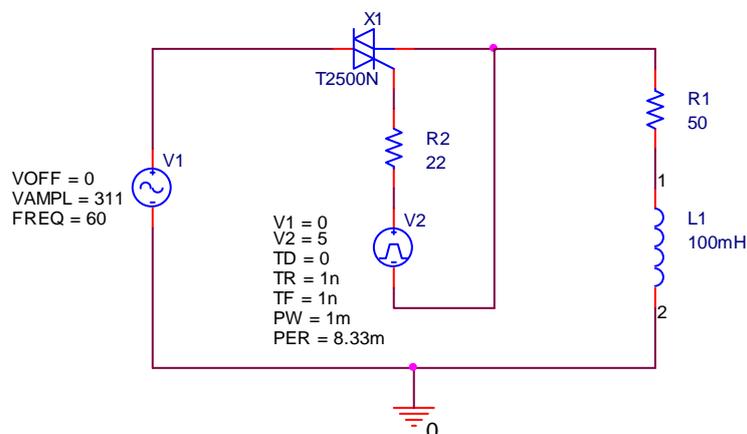


Figura 1 – Circuito para simulação.

Tabela 1 – Gradador monofásico com carga resistiva.

Parâmetro		Valor
$\alpha = 0^\circ$	Tensão eficaz na saída	
$\alpha = 90^\circ$		
$\alpha = 151^\circ$		
Ângulo da corrente na fonte para $\alpha = 90^\circ$		
THD da corrente na fonte (%) para $\alpha = 90^\circ$		
Fator de potência na fonte para $\alpha = 90^\circ$		
Características da carga		$R = 50 \Omega$ e $L = 100 \text{ nH}$ ($L = 0$)

Tabela 2 – Gradador monofásico com carga RL.

Parâmetro		Valor
$\alpha = 0^\circ$	Tensão eficaz na saída	
$\alpha = 90^\circ$		
$\alpha = 151^\circ$		
Ângulo da corrente na fonte para $\alpha = 90^\circ$		
THD da corrente na fonte (%) para $\alpha = 90^\circ$		
Fator de potência na fonte para $\alpha = 90^\circ$		
Características da carga		$R = 50 \Omega$ e $L = 100 \text{ mH}$

O fator de potência é calculado pela expressão abaixo, considerando que a tensão da fonte é livre de harmônicas:

$$FP = \frac{\cos(\theta_1)}{\sqrt{1 + THD^2}}$$

Onde:

- θ_1 = ângulo de deslocamento da corrente na fonte em relação à tensão da fonte;
- THD = taxa de distorção harmônica da corrente na fonte.

3 GRADADOR TRIFÁSICO

Simule o circuito mostrado na figura 2 com carga resistiva e anote os valores solicitados na tabela 3.

Tabela 3 – Gradador trifásico com carga resistiva.

Parâmetro		Valor
$\alpha = 30^\circ$	Tensão eficaz na saída	
$\alpha = 90^\circ$		
$\alpha = 120^\circ$		
Potência ativa em uma carga para $\alpha = 90^\circ$		
Potência aparente em uma fonte para $\alpha = 90^\circ$		
Características da carga		$R = 50 \Omega$

A potência ativa (Watts) pode ser obtida diretamente do simulador. Por sua vez, a potência aparente pode ser calculada por:

$$S = V_{ef} \cdot I_{ef} \quad [VA]$$

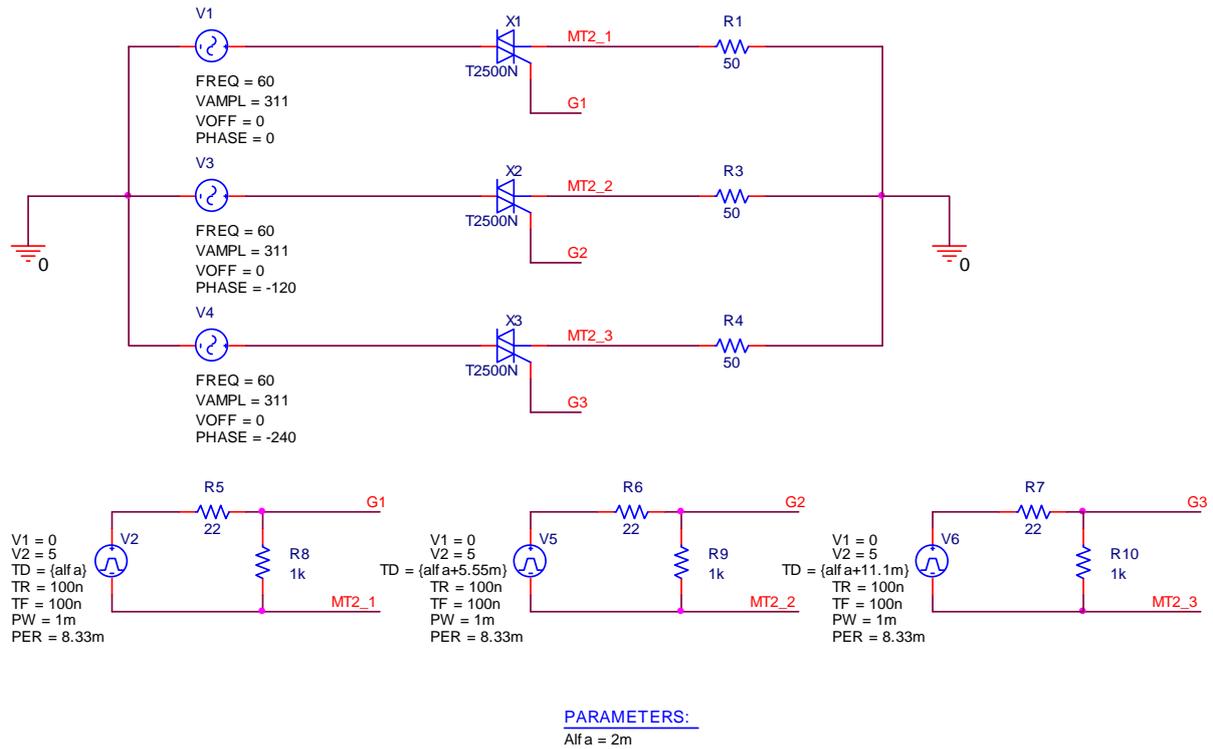


Figura 2 – Circuito para simulação.

4 CONTROLE POR CICLOS INTEIROS

Simule o circuito mostrado na figura 3 anotando os valores na tabela 4. Atente para o fato da frequência da rede ter sido alterada para 50 Hz, visando facilitar os valores a serem inseridos no circuito de comando do Triac.

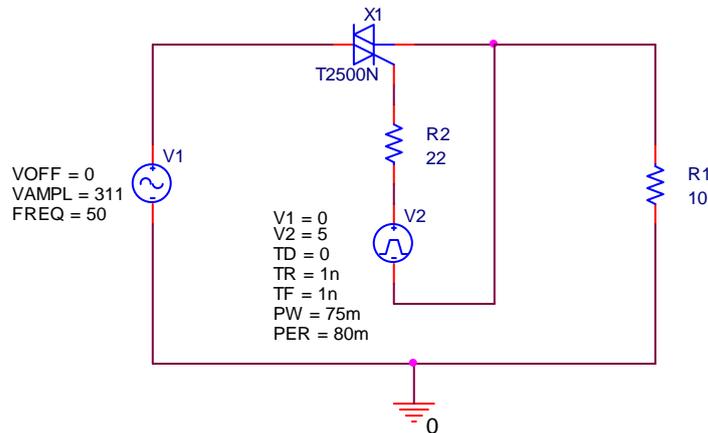


Figura 3 – Circuito para simulação.

Tabela 4 – Controle de carga resistiva por ciclos inteiros.

Parâmetro		Valor
1 ciclo/4 ciclos (PW = 12m e PER = 80m)	Potência média na carga	
2 ciclos/4 ciclos (PW = 35m e PER = 80m)		
4 ciclos/4 ciclos (PW = 75m e PER = 80m)		
Características da carga		R = 10 Ω e P = 4,88 kW

Insira no circuito da figura 3 uma impedância de linha, representando as indutâncias e resistências de transformadores e condutores da rede, conforme mostrado na figura 4. Anote os valores solicitados na tabela 5.

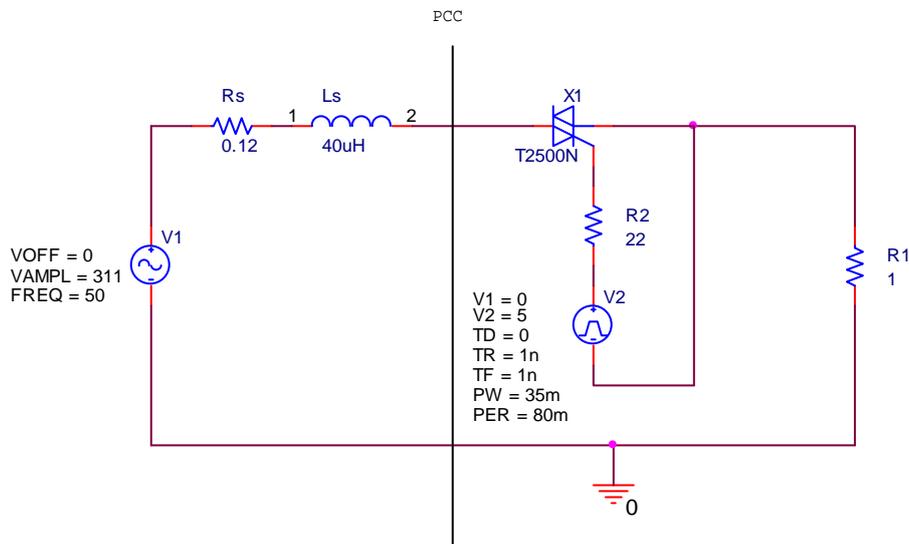


Figura 4 – Circuito para simulação.

Tabela 5 – Controle de carga resistiva por ciclos inteiros.

Parâmetro		Valor
2 ciclos/4 ciclos (PW = 35m e PER = 80m)	Tensão eficaz no PCC com a carga ligada	
Características da carga		R = 1 Ω e P = 48,8 kW

Com esta simulação se comprova que outras cargas conectadas ao ponto de conexão comum (PCC) podem sofrer a influência de circuitos controlados por ciclos inteiros.

5 GRADADOR MONOFÁSICO DE BAIXO CUSTO

Simule o circuito mostrado na figura 5 anotando os valores na tabela 6. Será necessário inserir o modelo do DIAC (diode for alternating current) no Orcad conforme instruções no arquivo fornecido pela ST.

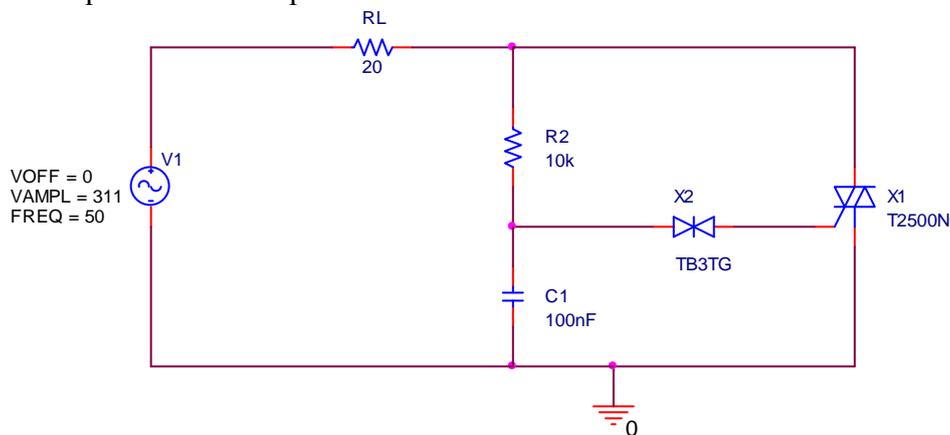


Figura 5 – Circuito para simulação.

Tabela 6 – Controle de carga resistiva por gradador de baixo custo.

Parâmetro		Valor
$R_2 = 10 \text{ k}\Omega$	Ângulo aproximado de condução do triac	
$R_2 = 270 \text{ k}\Omega$		
$R_2 = 510 \text{ k}\Omega$		
Características da carga		$R = 20 \Omega$

6 CIRCUITO DE COMANDO DE GRADADORES

Apresentar um circuito de comando para gradadores com as seguintes características:

- Monofásico para controle de triac;
- Opere sincronizado com a tensão de fase da rede;
- Permita a variação da potência na carga pelo controle por ciclos inteiros;
- O ajuste da potência na carga deve ser realizado usando um potenciômetro analógico;
- O circuito deve ser analógico.