

Data: _____

Bancada n° _____

Nota: _____

Nome: _____

RA: _____

Nome: _____

RA: _____

Nome: _____

RA: _____

MÓDULO 1

RETIFICADORES NÃO CONTROLADOS E FATOR DE POTÊNCIA

Seguindo o roteiro, complete os resultados com suas medições, faça os cálculos solicitados e responda as questões apresentadas. No final da aula entregue este roteiro para avaliação

Definição de Fator de Potência

Fator de potência é definido como a relação entre a potência ativa e a potência aparente de um dispositivo ou equipamento, independentemente das formas que as ondas de tensão e corrente apresentem, desde que periódicas (período T).

$$FP = \frac{P}{S} = \frac{\frac{1}{T} \int v_i(t) \cdot i_i(t) \cdot dt}{V_{ief} \cdot I_{ief}}$$

$$TDH = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1}$$

$$V_{ief} = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_t^{t+T} v_i^2 \cdot dt}$$

$$I_{ief} = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_t^{t+T} i_i^2 \cdot dt}$$

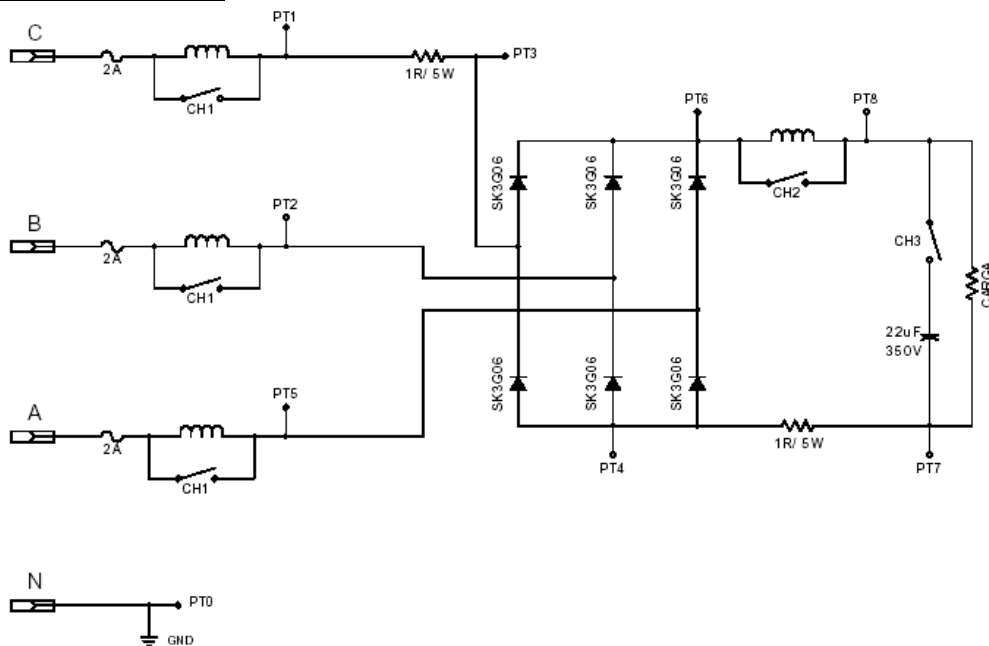
$$FR = \frac{V_{oCA}}{V_o} \text{ (fator de ripple)}$$

V_o: valor médio da tensão de saída

V_{or}: Valor pico-a-pico apenas da ondulação da tensão de saída

V_{oCA}: Valor eficaz apenas da ondulação da tensão de saída

Parte Experimental 1



Testes com entrada monofásica

Uma entrada monofásica será obtida utilizando as fases B e C da rede, ou seja, desconecte a fase A e o neutro. Faça isso soltando o cabo na *saída do contator*. Conecte a carga (1 k Ω /200 W) nos terminais apropriados.

Sempre recorra ao esquemático para entender com clareza de que maneira os procedimentos indicados estão alterando a configuração do circuito.

As correntes serão observadas sobre resistores de 1 Ω . Desta forma, a tensão observada no osciloscópio corresponde, numericamente, à corrente. Como a queda de tensão em tais resistores é relativamente pequena, seu impacto na observação da tensão pode ser desconsiderado.

Ambos os canais do osciloscópio devem ter um mesmo ponto de referência. Siga as instruções do roteiro para garantir a operação segura dos equipamentos e, principalmente, sua segurança pessoal.

a) Característica de saída

A tensão de saída será observada entre os pontos 8 (positivo) e 4. A corrente será observada no ponto 7, também em relação ao ponto 4. A queda de tensão sobre o resistor de 1 Ω (sobre o qual se observa a corrente) é considerada desprezível para efeito da medida da tensão.

a.1) Carga resistiva, sem filtro no lado CC

Com as chaves CH1, CH2 **fechadas** (curto-circuitando as indutâncias) e CH3 **aberta** (sem o capacitor), observe e analise os valores da tensão e da corrente na saída do retificador (lado CC), conforme medidos pelo osciloscópio.

Valor médio da tensão CC: medido= teórico=

Valor eficaz da tensão de saída

Frequência de ondulação da tensão CC

a.2) Filtro capacitivo

Feche a chave CH3. Isto conecta um capacitor à saída.

Qual o valor médio da tensão de saída?

Qual o valor pico a pico da ondulação de tensão?

Qual o valor eficaz da tensão de saída?

Qual o valor eficaz da ondulação da tensão de saída?

Calcule o Fator de *Ripple* da tensão de saída:

a.3) Filtro LC

Abra a chave CH2 (isso coloca o indutor de saída no circuito), mantendo CH3 fechada.

Qual o valor médio da tensão de saída?

Meça o valor pico a pico da ondulação da tensão CC

Meça o valor eficaz da ondulação da tensão de saída

Calcule o Fator de *Ripple* da tensão de saída:

b) Características de entrada.

A tensão de entrada será observada entre os pontos 2 e 1 (positivo em 2, "terra" em 1). A corrente será observada no ponto 3.

b.1) Filtro capacitivo

Feche a chave CH2 (retirando o indutor do circuito) e feche a chave CH3, conectando o capacitor à saída. Observe e analise as formas da tensão e da corrente de entrada. A partir de formas de onda e medições com o osciloscópio, determine o FP.

Tensão eficaz: Corrente eficaz:

Potência aparente: Potência ativa:

Fator de potência:

Utilizando a função FFT do osciloscópio observe e analise o espectro da **corrente** de entrada.

Atenção, para que o espectro esteja correto é preciso que a base de tempo (s/div) garanta uma quantidade inteira de ciclos da rede na tela do osciloscópio. Utilize a escala de 10ms/div. Na configuração da FFT ajuste "Intervalo" para 1 kHz e "Central" para 500 Hz. O espectro do osciloscópio indica o valor eficaz de cada componente.

Considerando até 11ª harmônica, meça os valores da fundamental e das harmônicas e estime a TDH da corrente. Utilize escala linear e faça uso dos cursores para obter os valores das componentes espectrais. Certifique-se que está observando o espectro desde a frequência zero.

$I_1=$ <input type="text"/>	$I_3=$ <input type="text"/>	$I_5=$ <input type="text"/>	$I_7=$ <input type="text"/>	$I_9=$ <input type="text"/>	$I_{11}=$ <input type="text"/>
-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	--------------------------------

TDH= %

b.2) Filtro LC

Abra a chave CH2 (mantendo CH3 fechada). Observe e registre as formas de onda. Determine o FP e comente as diferenças em relação ao item anterior.

Tensão eficaz: Corrente eficaz:

Potência aparente: Potência ativa:

Fator de potência:

Utilizando a função FFT do osciloscópio observe e registre o espectro da **corrente** de entrada. Utilizando até 11ª harmônica, meça os valores da fundamental e das harmônicas e estime a TDH da corrente. Utilize escala linear e faça uso dos cursores para obter os valores das componentes espectrais.

$I_1=$	$I_3=$	$I_5=$	$I_7=$	$I_9=$	$I_{11}=$
--------	--------	--------	--------	--------	-----------

TDH= %

Questões:

1. Compare os filtros C e LC na saída do retificador. Comente sobre vantagens e desvantagens do uso de cada filtro, incluindo os aspectos quantizados nos experimentos.

Assinatura: _____

Assinatura: _____

Assinatura: _____

Data: _____

Bancada n° _____

Nota: _____

Nome: _____

RA: _____

Nome: _____

RA: _____

Nome: _____

RA: _____

Seguindo o roteiro, complete os resultados com suas medições, faça os cálculos solicitados e responda as questões apresentadas. No final da aula entregue este roteiro para avaliação

MÓDULO 1

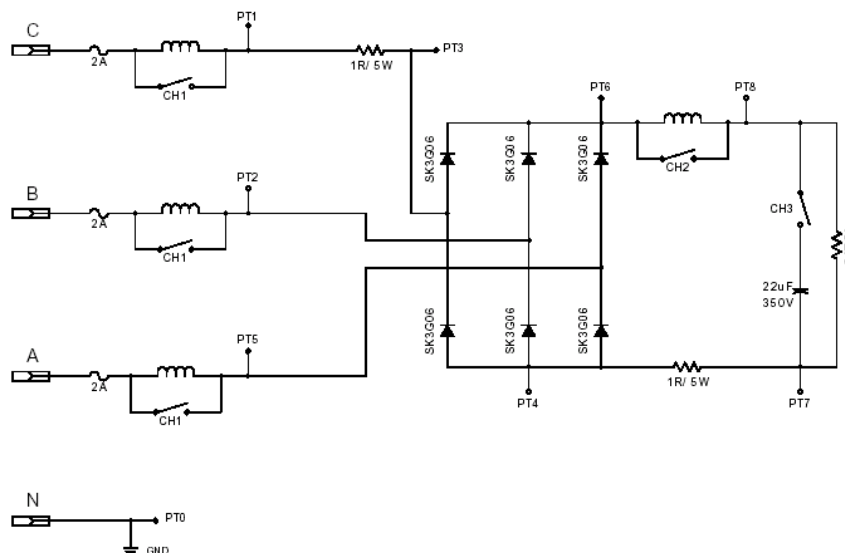
RETIFICADORES NÃO CONTROLADOS E FATOR DE POTÊNCIA

Definição de Fator de Potência

Fator de potência é definido como a relação entre a potência ativa e a potência aparente de um dispositivo ou equipamento, independentemente das formas que as ondas de tensão e corrente apresentem, desde que periódicas (período T).

$$FP = \frac{P}{S} = \frac{\frac{1}{T} \int v_i(t) \cdot i_i(t) \cdot dt}{V_{ief} \cdot I_{ief}} \quad V_{ief} = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_t^{t+T} v_i^2 \cdot dt} \quad I_{ief} = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_t^{t+T} i_i^2 \cdot dt} \quad TDH = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1}$$

Parte Experimental: Testes com entrada trifásica



Conecte a alimentação das três fases e do neutro. Conecte a carga (1kΩ/200W) nos terminais apropriados. As correntes serão observadas sobre resistores de 1Ω alocados no circuito. Desta forma, a tensão observada no osciloscópio corresponde, numericamente, à corrente. Como a queda de tensão em tais resistores é relativamente pequena, seu impacto na observação da tensão pode ser desconsiderado.

Lembre-se que ambos os canais do osciloscópio **sempre** devem ter um mesmo ponto de referência. Siga cuidadosamente as instruções do roteiro para garantir a operação segura dos equipamentos e, principalmente, sua segurança pessoal.

Sempre recorra ao esquemático para entender com clareza de que maneira os procedimentos indicados estão alterando a configuração do circuito.

a) Característica de saída (lado CC)

A tensão de saída será observada entre os pontos 8 (positivo) e 4. A corrente será observada no ponto 7, também em relação ao ponto 4. A queda de tensão sobre o resistor de 1Ω é considerada desprezível, de forma a não alterar o comportamento geral do circuito.

a.1) Carga resistiva, sem filtro de saída

Com as chaves CH1 e CH2 fechadas, e CH3 aberta, observe e analise a tensão e corrente na saída. Meça:

Valor médio da tensão

Valor pico a pico da ondulação da tensão de saída

Frequência da ondulação da tensão

a.2) Filtro capacitivo

Feche a chave CH3. Isto conecta um capacitor à saída. Meça:

Valor médio da tensão de saída:

Ondulação (pico a pico) da tensão de saída:

a.3) Filtro LC

Abra a chave CH2 (mantendo CH3 fechada). Observe as formas de onda e analise as diferenças em relação ao ensaio anterior.

Qual o valor pico a pico da ondulação de tensão?

Use acoplamento CA para poder analisar apenas a ondulação em uma escala adequada.

a.4) "Inrush" de corrente - Filtro C

Com a chave CH1, CH2 e CH3 fechadas, observe e analise a forma do *impulso inicial de corrente, ou seja, aquele que carrega o capacitor quando o contator é fechado*. Para facilitar a visualização, procure um ajuste adequado no comando de "trigger" do osciloscópio.

Meça o valor do pico de corrente.

A duração aproximada do pico inicial da corrente é

O que limita a corrente de "inrush"?

a.5) Abra a chave CH2, repita o item anterior.

Valor de pico da corrente:

Meça a máxima tensão observada na saída:

A duração aproximada do pico inicial da corrente é

No instante em que a derivada da corrente é nula, meça o valor da tensão no capacitor:

Que informação pode ser obtida da medida anterior? Qual a origem da sobretensão no segundo ensaio?

b) Características de entrada.

A tensão de entrada será observada entre os pontos 1 e 0 - neutro (positivo em 0 e ref. em 1). A corrente será obtida no ponto 3. Esta é a tensão *de fase*.

b.1) Filtro capacitivo

Feche a chave CH2 (tirando o indutor do circuito) e feche também CH3, conectando o capacitor à saída. Observe e analise as formas da tensão e da corrente de entrada. Determine o FP.

Tensão eficaz:

Corrente eficaz:

Potência aparente:

Potência ativa:

Fator de potência:

b.2) Análise espectral

Utilizando a função FFT – *Fast Fourier Transform*, observe o espectro da **tensão** de entrada. Ajuste uma escala horizontal de modo que o espectro mostre, pelo menos, até a 11^a harmônica (660 Hz). Certifique-se que está observando o espectro desde a frequência zero até 1 kHz.

Para que o espectro esteja correto é preciso que a base de tempo (s/div) garanta uma quantidade inteira de ciclos da rede na tela do osciloscópio. Sugere-se uma escala de 10ms/div (6 ciclos na tela).

Com a função FFT do osciloscópio observe e analise o espectro da **corrente** de entrada. Utilizando até 13ª harmônica, meça os valores da fundamental e das harmônicas e estime a TDH da corrente. Utilize escala linear e faça uso dos cursores para obter os valores das componentes espectrais.

$I_1=$	$I_3=$	$I_5=$	$I_7=$	$I_9=$	$I_{11}=$	$I_{13}=$
--------	--------	--------	--------	--------	-----------	-----------

TDH= %

b.3) Filtro LC

Abra a chave CH2, conectando o indutor, mantendo CH3 fechada. Observe e analise as formas da tensão e da corrente de entrada. Determine o FP.

Tensão eficaz: Corrente eficaz:

Potência aparente: Potência ativa: Fator de potência:

b.2) Análise espectral da corrente

Utilizando a função FFT – *Fast Fourier Transform*, observe o espectro da **corrente** de entrada. Ajuste uma escala horizontal de modo que o espectro mostre, pelo menos, até a 13ª harmônica (660 Hz). Certifique-se que está observando o espectro desde a frequência zero até 1 kHz. Estime a TDH da corrente. Utilize escala linear e faça uso dos cursores para obter os valores das componentes espectrais.

Atenção, para que o espectro esteja correto é preciso que a base de tempo (s/div.) garanta uma quantidade inteira de ciclos da rede na tela do osciloscópio. Sugere-se utilizar uma escala de 10ms/div, o que garante 6 ciclos na tela.

$I_1=$	$I_3=$	$I_5=$	$I_7=$	$I_9=$	$I_{11}=$	$I_{13}=$
--------	--------	--------	--------	--------	-----------	-----------

TDH= %

c) Comutação dos diodos

A tensão de entrada será observada entre os pontos 1 e 0 - neutro (positivo em 0 e ref. em 1). A corrente será obtida no ponto 3. Esta é a tensão *de fase* na entrada do retificador

Abra a chave CH3 (retirando o capacitor) e feche CH2 (curto-circuitando o indutor do lado CC). O retificador alimenta uma carga puramente resistiva. Abra a chave CH1 (conectando indutâncias em série com a entrada do retificador). Observe e analise as alterações na tensão e na corrente.

Meça a duração de um dos intervalos de comutação:

Explique o motivo da distorção da tensão na entrada do retificador.
