

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**ELETRÔNICA INDUSTRIAL I**

**(SEL-187)**

**APOSTILA DE LABORATÓRIO**

**1994**

**Autor : prof. Dr. Azauri Albano de Oliveira Jr.**

**SÃO CARLOS, 1994  
PUBLICAÇÃO 085/94**



## ÍNDICE de FIGURAS

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Módulos de cargas                                          |    |
| 1a- Carga resistiva                                                   | 8  |
| 1b Carga indutiva                                                     | 9  |
| Figura 2 - Retificador monofásico de meia-onda, não controlado        | 11 |
| Figura 3 - Retificador monofásico em ponte, não controlado            | 11 |
| Figura 4 - Retificador trifásico de meia-onda, não controlado         | 12 |
| Figura 5 - Retificador trifásico em ponte, não controlado             | 12 |
| Figura 6 - Circuito de teste para o SCR                               | 16 |
| Figura 7 - Circuito de teste para o TRIAC                             | 17 |
| Figura 8 - Diagrama funcional de uma unidade de disparo               | 19 |
| Figura 9 - Circuito de disparo com transistor de unijunção            | 20 |
| Figura 10 - Retificador de meia-onda controlado                       | 23 |
| Figura 11 - Controlador CA monofásico de onda completa                | 25 |
| Figura 12 - Retificador monofásico semi-controlado, ponte simétrica   | 28 |
| Figura 13 - Retificador monofásico semi-controlado, ponte assimétrica | 29 |
| Figura 14 - Módulo de disparo, setor do TCA780                        | 32 |
| Figura 15 - Módulo de disparo, setor dos amplificadores               | 33 |
| Figura 16 - Controlador CA monofásico com SCR's em anti-paralelo      | 35 |
| Figura 17 - Retificador trifásico de meia-onda controlado             | 36 |

## **INTRODUÇÃO**

As disciplinas Eletrônica Industrial I e II ministradas durante os nono e décimo períodos do curso de Engenharia Elétrica da EESC-USP, tratam dos fundamentos básicos relativos à sub-área da Engenharia Elétrica denominada de Eletrônica de Potência. Esta é vista, pelos especialistas, como uma interface entre a Eletrônica de baixo sinal, o Controle e a tradicional Eletrotécnica, a qual envolve o estudo dos Sistemas Elétricos de Potência, Máquinas Elétricas, etc.

O Laboratório de Eletrônica Industrial I é constituído de várias práticas que vêm sendo desenvolvidas e aperfeiçoadas ao longo de vários anos no Departamento de Engenharia Elétrica da EESC-USP, no sentido de dar ao estudante uma maior compreensão e sedimentação dos conceitos envolvidos no estudo dos Conversores Estáticos. Neste primeiro Laboratório sobre Eletrônica de Potência, o estudante entrará em contato com algumas das principais topologias de Conversores com Comutação de Linha, e deverá utilizar os conhecimentos adquiridos, não só na teoria da própria disciplina, mas também, e principalmente em disciplinas fundamentais de seu curso, tais como Circuitos Elétricos, Circuitos Eletrônicos e Instrumentação. Na verdade, o estudante terá a oportunidade de observar novas roupagens de velhos conceitos. Entre eles, será dada especial atenção (até com alguma insistência) aos conceitos que envolvem Potência e Fator de Potência, pois a Eletrônica de Potência trata, em última análise, da manipulação eficiente, e adequada a diversas finalidades, do fluxo de energia (potência) elétrica.

Portanto, para que haja um bom aproveitamento do curso, no que se refere às estas aulas de laboratório, é necessário que o estudante de 5º ano de Engenharia Elétrica esteja perfeitamente familiarizado com os conceitos já estudados nas disciplinas fundamentais

acima citadas, bem como estejam acompanhando assiduamente os novos conceitos acerca de Eletrônica de Potência que estarão sendo progressivamente abordados nas aulas teóricas da disciplina Eletrônica Industrial. Pressupõe-se também que o estudante esteja perfeitamente familiarizado com a manipulação e as diversas funções dos instrumentos de laboratório (osciloscópios, multímetros, etc.), as quais, basicamente, são as mesmas de inúmeros outros laboratórios pelos quais já tiveram contato em disciplinas anteriores.

O laboratório foi dividido em 06 práticas, as quais poderão ter a duração de uma ou mais aulas de duas horas cada. A dinâmica do laboratório exige que o estudante tome contato com a prática antes da respectiva aula, e reveja os conceitos necessários para a sua realização, tanto de disciplinas anteriores, quanto da disciplina de Eletrônica Industrial. Diferentemente de outros laboratórios básicos nos quais os alunos são solicitados a fazer uma série de medidas passo a passo, isto é, do tipo **"faça isto, depois faça aquilo, e assim por diante"**, neste laboratório os estudantes serão solicitados a observar e determinar qualitativamente e/ou quantitativamente determinadas condições dos conversores e/ou de seus circuitos de controle de tal forma que, conhecendo-se os conceitos "embutidos" nestas condições deverão julgar qual o conjunto de medidas deverá ser realizada e/ou qual conjunto de cálculos deverá ser feito para que se obtenha os resultados daquela solicitação. Ao final de cada prática, o estudante terá um prazo máximo de 15 dias para entregar um relatório sobre a mesma. Estes relatórios deverão ser bem objetivos, do tipo relatórios técnicos de engenharia, onde o valor principal estará na coerência dos resultados e no conjunto de conclusões obtidas através destes resultados. Em outras palavras, espera-se que o nível dos estudantes que tenham atingido o atual estágio de seu curso de Engenharia Elétrica seja o de já terem alcançado maturidade técnica e de responsabilidade pessoal suficiente para que possam caminhar com as próprias pernas, sem paternalismo.

## **CUIDADOS COM O MANUSEIO DE INSTRUMENTOS E**

### **EQUIPAMENTOS**

Em todas experiências do laboratório são utilizados instrumentos e equipamentos com os quais se deve lidar com o devido cuidado. As normas básicas de segurança em Laboratório de Eletricidade e Eletrônica constituem uma garantia, não só para a preservação dos equipamentos, como também (e principalmente) para se evitar danos físicos àqueles que participam das aulas.

Abaixo lembramos alguns cuidados básicos que devem ser observados dentro do laboratório de Eletrônica Industrial:

1. As tensões de trabalho na maioria das experiências são de 127 V ou 220 V. Choques elétricos nestas tensões podem ser fatais, dependendo da forma em que ocorrem.
2. Os módulos de experiência devem ser montados com a máxima atenção. Erros de montagem podem danificar instrumentos, equipamentos e componentes.
3. Toda vez que for alterar ligações ou mudar pontos de medição que se necessitar abrir parte do circuito, dever-se-á desligar a alimentação. Somente após a alteração da ligação ou do ponto de medição, é que a montagem deve ser novamente energizada.
4. Confira o circuito com a montagem verificando as polaridades de voltímetros, amperímetros, osciloscópio, etc.
5. Verifique se as escalas dos instrumentos são adequadas para a grandeza que será medida.

6. Ao final de cada aula, desligue todos os instrumentos e equipamentos, desfaça a montagem e coloque nos devidos lugares os cabos, módulos, etc.

---

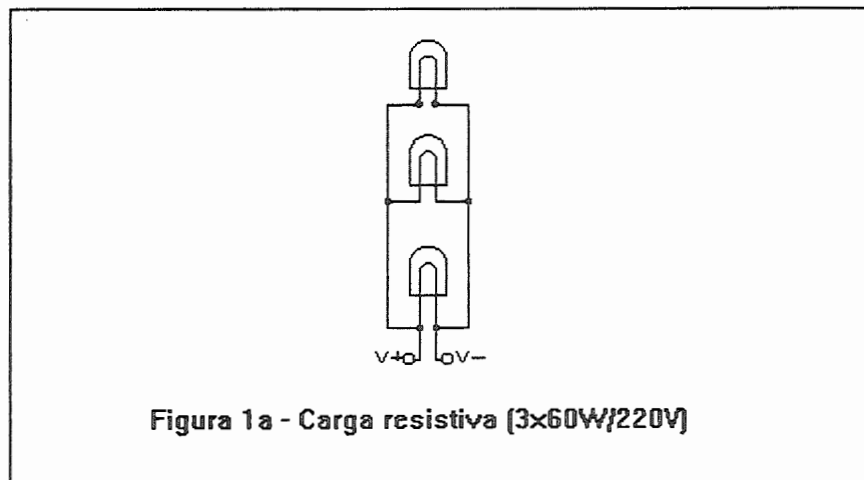
**PENSE SEMPRE ANTES DE TOMAR QUALQUER DECISÃO.  
VOCÊ ESTARÁ GANHANDO TEMPO E EVITANDO MUITOS  
PROBLEMAS.**

---

## MÓDULOS DE CARGAS

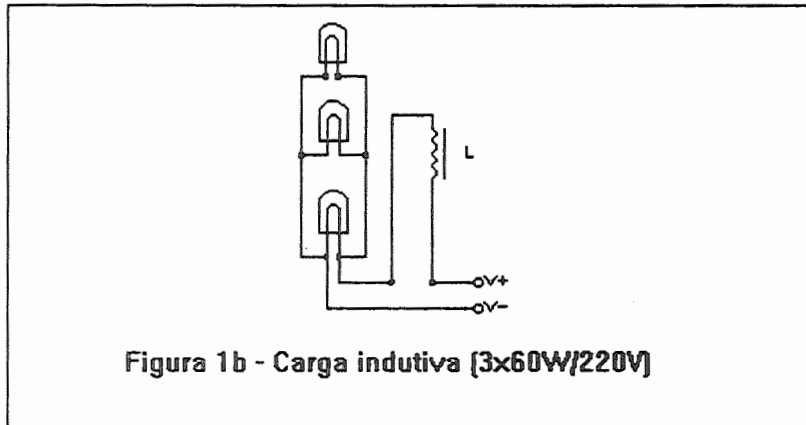
Todas as experiências serão conduzidas de tal forma a serem estudadas os comportamentos dos diversos conversores quando alimentando cargas do tipo resistivas e do tipo indutivas.

A carga do tipo resistiva utilizada em todas as experiências é composta de 3 lâmpadas incandescentes de 60W ( ou 100W ) ligadas em paralelo conforme pode ser visto na figura 1a.



Quando for solicitado que se faça o estudo dos conversores com carga indutiva, esta deverá ser composta do módulo de lâmpadas ( carga resistiva ) em série com um reator ( bobina com núcleo de ferro ), conforme pode ser visto na figura 1b.





Convém ressaltar que a resistência de uma lâmpada incandescente é fortemente variável com a temperatura do filamento. Logo, o valor dessa resistência depende do ponto de operação do circuito em que ela está inserida, isto é, tensão de alimentação, corrente, tipo de conversor, etc. Este fato deverá ser lembrado constantemente pelo estudante ao se medir e/ou deduzir as grandezas quantitativas durante o decorrer dos trabalhos.

Outro fato relevante a ser ressaltado aqui é relativo à carga indutiva. Esta carga, como já foi dito, é composta de um reator físico em série com o banco de lâmpadas. Além do fato das lâmpadas possuírem resistências variáveis, o reator físico não é uma indutância pura. Este reator possui também uma resistência interna de enrolamento que nem sempre pode ser desprezada nas diversas medições e cálculos das grandezas elétricas.

## 1ª. PRÁTICA

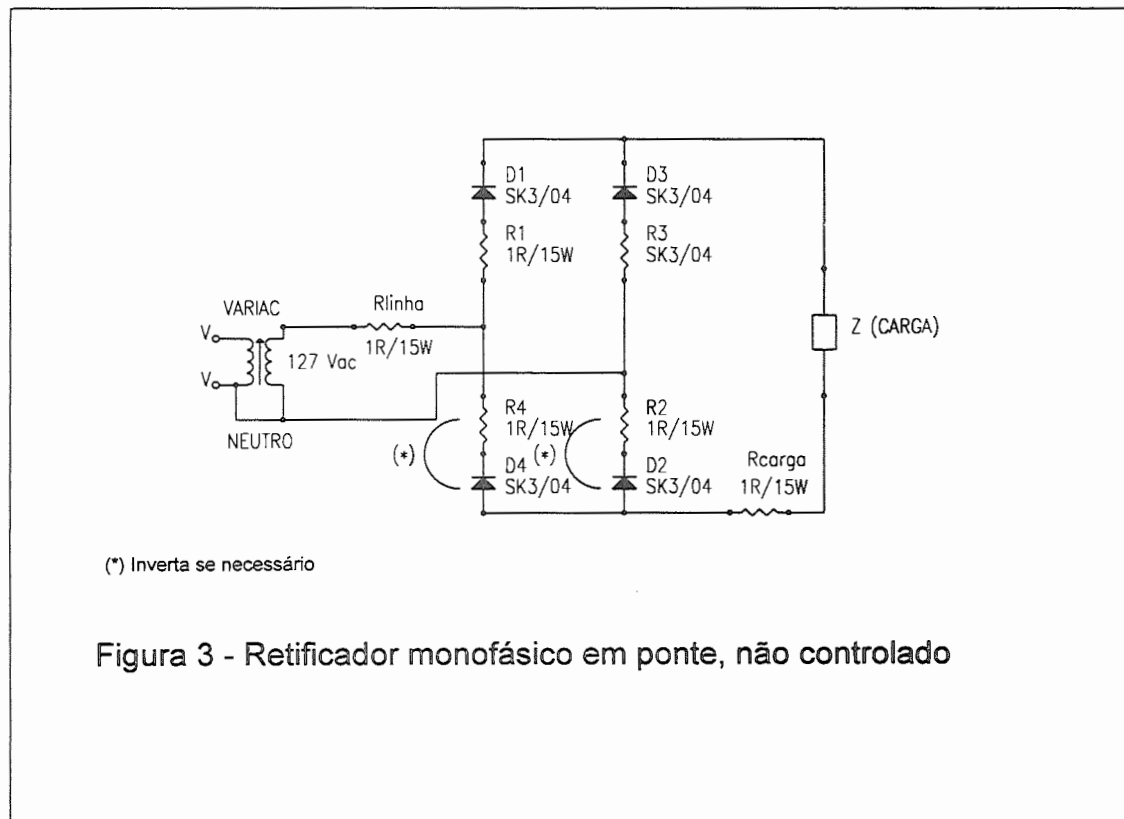
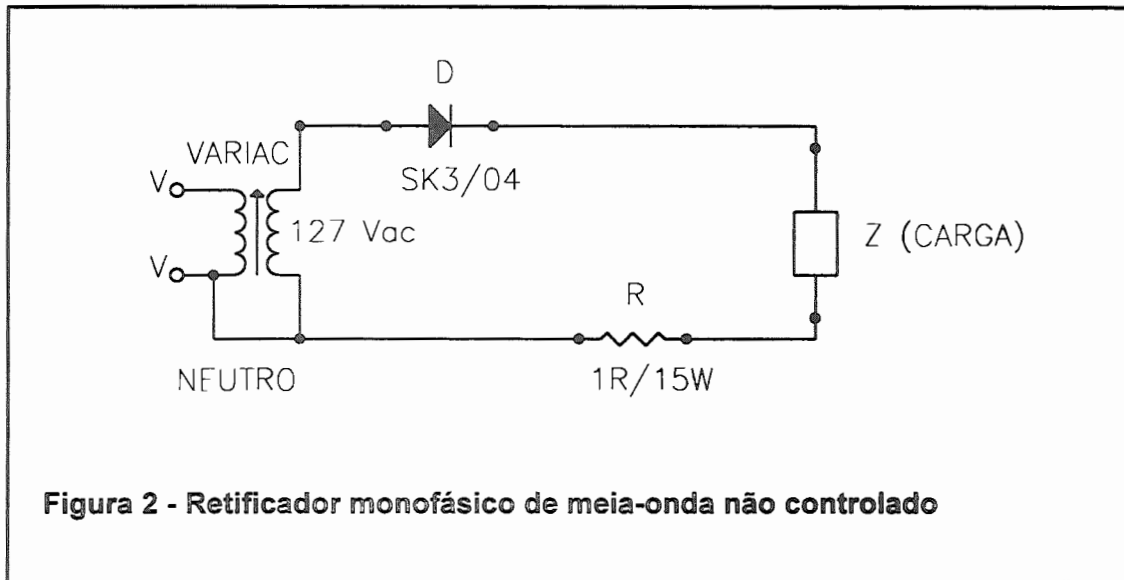
### RETIFICADORES NÃO CONTROLADOS

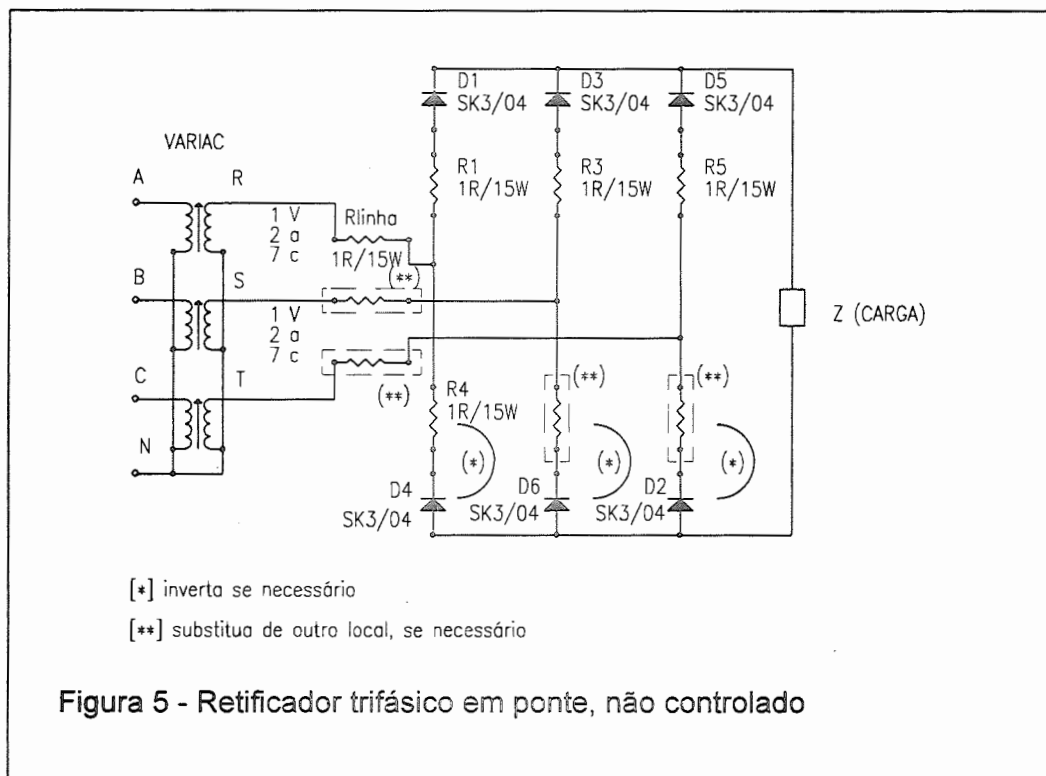
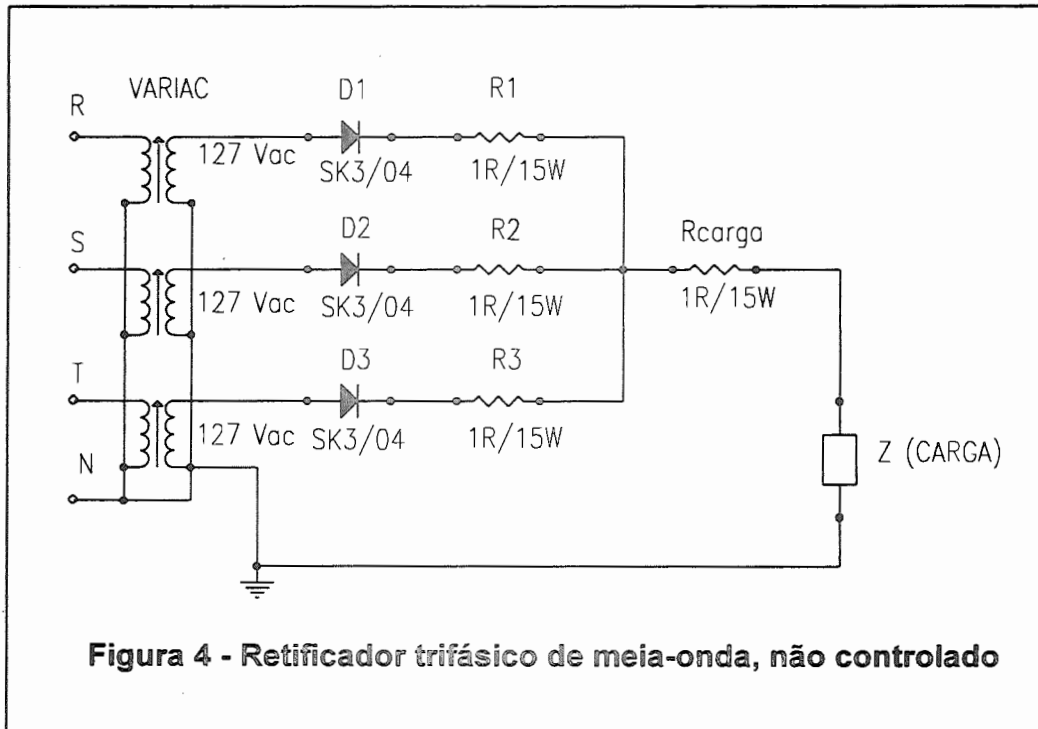
#### I - OBJETIVOS:

1. Estudar o funcionamento de alguns retificadores não controlados alimentando cargas resistivas e indutivas.
2. Observar qualitativamente e quantitativamente as formas de onda de tensão e corrente produzidas por esses retificadores.
3. Determinar as relações de potência e fator de potência em circuitos com retificadores.
4. Determinar as relações de tensão, corrente e frequência de ondulação (ripple).
5. Comprovar as vantagens dos retificadores polifásicos para alimentação de corrente contínua em altos níveis de corrente e tensão.

#### II - PARTE PRÁTICA

Montar e analisar cada um dos circuitos retificadores das figuras 2 a 5, com a carga resistiva e com a carga indutiva (v. fig. 1).





O objetivo da prática é o de entender o funcionamento do circuito e determinar as relações quantitativas importantes, de tal forma que se possa comparar o desempenho desses retificadores, bem como ser capaz de projetar seus diversos componentes. Para tal, deve-se:

a) Observar as formas de onda de tensão e corrente na carga, nos diodos e na alimentação. (desenhe estas formas de onda em papel milimetrado, tendo como referência a mesma origem dos tempos para efeito de comparação).

b) Anotar todos os valores e fazer todas as medidas que julgar necessário para que você possa determinar:

- ângulos de disparo, corte (bloqueio) e condução dos diodos.
- valores médios e eficazes das tensões e das correntes.
- fator de ondulação e frequência de ondulação.
- potência média (eficaz) absorvida pela carga e potência aparente na fonte ca.
- fator de potência visto pela fonte ca.
- perdas nos diodos.

### **III - RELATÓRIOS**

Terminando o estudo de cada retificador, deve-se trazer na semana seguinte um rascunho de relatório constando dos gráficos e tabelas de valores medidos, bem como dos valores calculados a partir das medidas que cubram os tópicos necessários para um projeto do referido retificador.

Após terminar o estudo de todos os retificadores, dever-se-á entregar um relatório completo com todos os dados tirados anteriormente, bem como conclusões comparativas entre

os diversos retificadores. Para que se consiga comparar quantitativamente estas topologias de retificadores, deve-se fazer todas as tabelas em valores por unidade (pu) relacionadas aos mesmos valores de base.

Sugere-se como valores de base para o referido sistema em p.u., os seguintes parâmetros:

$$V_{\text{base}} = \sqrt{2} V$$

$$Z_{\text{base}} = Z_{\text{carga}}$$

onde:

$V_{\text{carga}}$  = valor rms da tensão de alimentação

$Z_{\text{carga}}$  = módulo da impedância da carga para o ponto de operação em estudo.

## **2ª. PRÁTICA**

### **DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DO SCR E**

### **TRIAC**

#### **I - OBJETIVOS:**

1. Verificar o comportamento biestável desses dois tiristores.
2. Verificar as características de disparo desses elementos.

#### **II - PARTE PRÁTICA**

1. SCR (Silicon Controlled Rectifier)
  - a. Montar o circuito da figura 6.
  - b. Com o ohmímetro na escala x100, medir as impedâncias entre os terminais AK, KA, AG, GA, GK e KG dos SCR's.
    - c. Com o terminal de porta desligado, e com a fonte cc em 12V, meça a corrente e a tensão de anodo para o SCR polarizado direta e reversamente. Varie a tensão da fonte nos dois casos e observe o comportamento dessas tensão e corrente.
    - d. Com o SCR polarizado diretamente e depois reversamente, e o POT 1 no máximo (máxima resistência) e ligado à porta, repita o item c.
    - e. Com o SCR polarizado diretamente, e a tensão da fonte fixada em 12 V, varie o POT 1 até o tiristor entrar em condução. Anote os valores de  $V_A$  e  $I_A$  para vários valores da tensão de





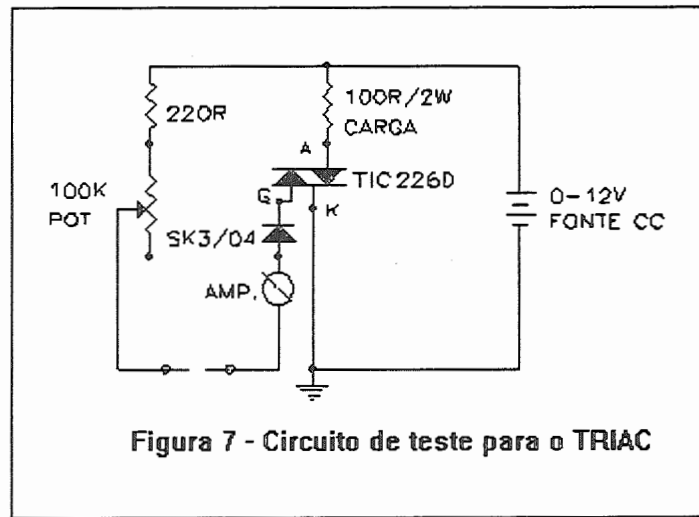


Figura 7 - Circuito de teste para o TRIAC

- b. Com o ohmímetro na escala x100, medir as impedâncias entre os terminais: T1T2, T2T1, T1G, GT1, T2G, GT2 dos TRIAC's.
- c. Repetir os itens c a h da experiência do SCR para o TRIAC.

### III. CONCLUSÕES

Tire conclusões qualitativas e quantitativas sobre o comportamento dos dois componentes estudados. Compare-os entre si.

## **3a. PRÁTICA**

### **CIRCUITO DE DISPARO COM COMPONENTES DISCRETOS**

#### **I - OBJETIVOS:**

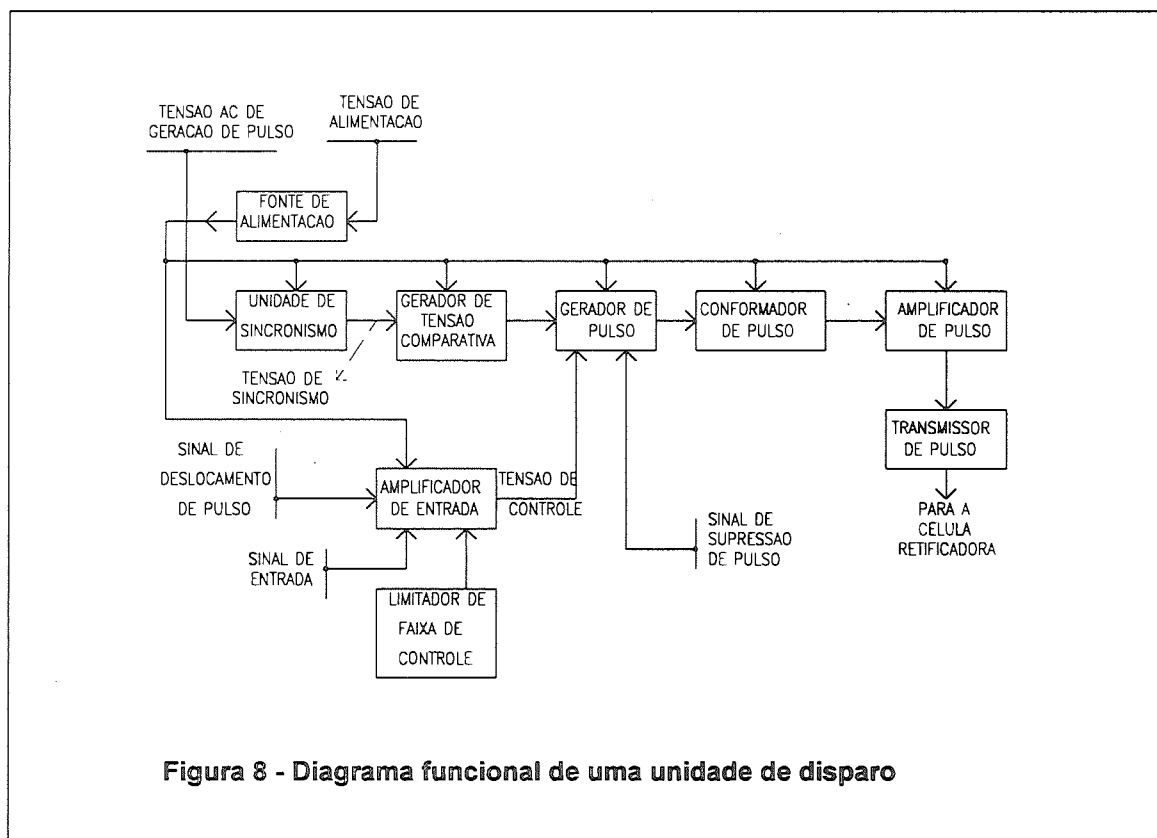
1. Entender o diagrama funcional dos circuitos de disparo, em termos de sistemas.
2. Verificar o funcionamento de um circuito de disparo discreto com transistor unijunção (UJT).
3. Verificar os meios de controlar os disparos por sinais externos.

#### **II - DIAGRAMA FUNCIONAL DE UMA UNIDADE DE DISPARO**

O diagrama da figura 8 mostra em termos de sistemas, os vários estágios necessários para o tratamento de um sinal de disparo de uma chave eletrônica.

A implementação de um circuito de disparo pode ser mais ou menos complexa, podendo ter todos os blocos mostrados no diagrama ou deixar de ter alguns blocos. Muitas vezes ocorre em que um dispositivo, ou parte do circuito, possa ser implementado assumindo a função de vários blocos. Às vezes, acontece também de uma das partes do circuito ter uma função, quando o circuito é usado para um determinado fim, e uma função diferente em outra aplicação.

A escolha do tipo de circuito, da tecnologia empregada, e da complexidade necessária, dependem de vários fatores, tais como: aplicação, grau de segurança, custo, facilidade de manutenção, disponibilidade de componentes, etc.

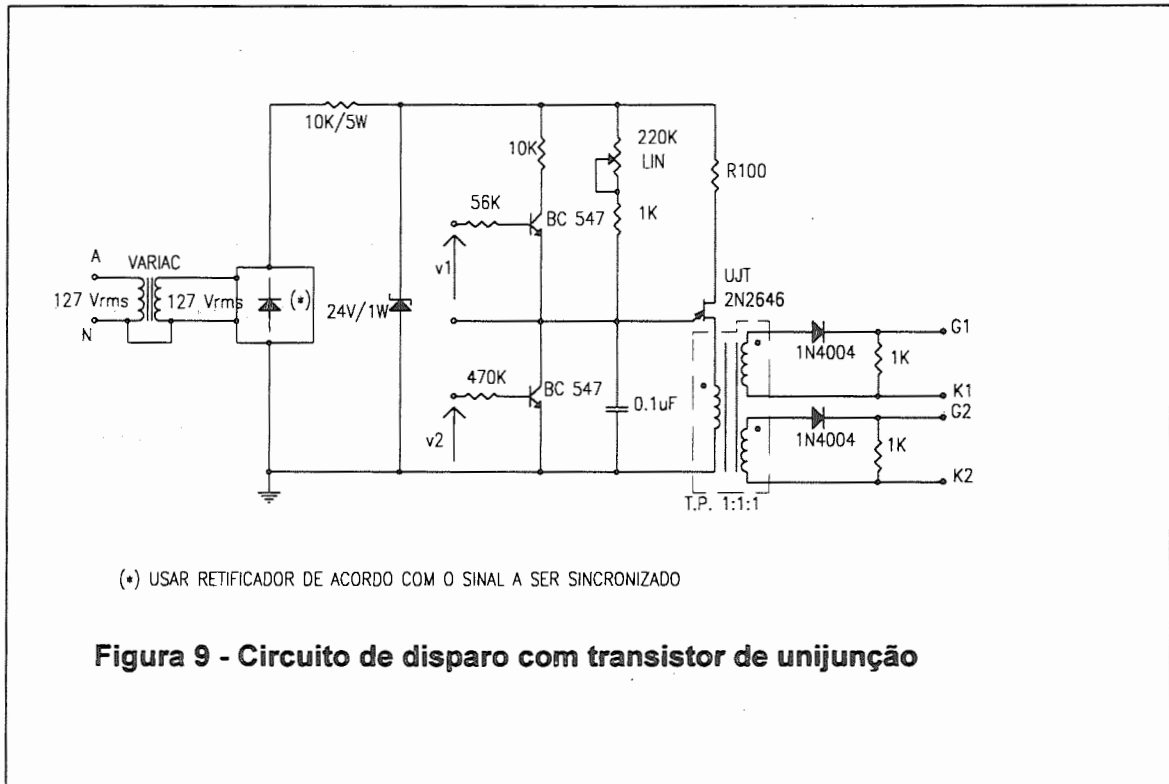


### III - ESTUDO PRELIMINAR

Antes da aula, rever na literatura a teoria de funcionamento do transistor unijunção (UJT).

#### IV - PARTE PRÁTICA

Reporte-se à figura 9 e proceda conforme os itens a seguir.



1. Sem sinal em v1 e v2.

Alimentar o circuito da figura 9 e verificar seu funcionamento, anotando todas as formas de onda:

- Com o potenciômetro no máximo
- Com o potenciômetro no mínimo
- Variando o potenciômetro.

2. Com sinal em v1 (v2 sem sinal)

a. Com o potenciômetro no máximo, observe o comportamento do circuito variando-se a tensão aplicada em v1.

b. Repita a, com o potenciômetro no mínimo.

c. Repita a, com o potenciômetro em um valor intermediário, por exemplo, com ângulo de disparo em  $90^\circ$ .

3. Repita o ítem 2, agora com sinal de tensão aplicado em v2 (v1 sem sinal).

4. Repita o ítem 1, acoplado-se os terminais de porta e catodo de um SCR (sem carga) no secundário do transformador de pulso.

5. Analise os dados obtidos na prática e identifique no circuito da figura 9, os blocos funcionais da figura 8.

## **4ª. PRÁTICA**

### **RETIFICADOR DE MEIA-ONDA CONTROLADO.**

### **CONTROLADOR CA MONOFÁSICO DE ONDA COMPLETA.**

#### **I - OBJETIVOS:**

1. Aplicar o circuito de disparo com UJT estudado na 3ª prática.
2. Estudar os comportamentos das tensões e correntes (qualitativamente e quantitativamente) no retificador e no controlador ca com a variação do ângulo de fase (ângulo de disparo), bem como sob condições de carga variável (resistiva e indutiva).
3. Consolidar o conceito de fator de potência em circuitos com formas de onda não senoidais.

#### **II - ESTUDO PRELIMINAR**

Antes da aula, rever na literatura a teoria de funcionamento do Retificador de Meia-Onda Controlado e do Controlador CA Monofásico de Onda Completa.

### III - PARTE PRÁTICA

1. Monte o circuito da figura 10 (Retificador de Meia-Onda Controlado), primeiro com carga resistiva (banco de lâmpadas), e depois com carga indutiva (banco de lâmpadas + indutor).

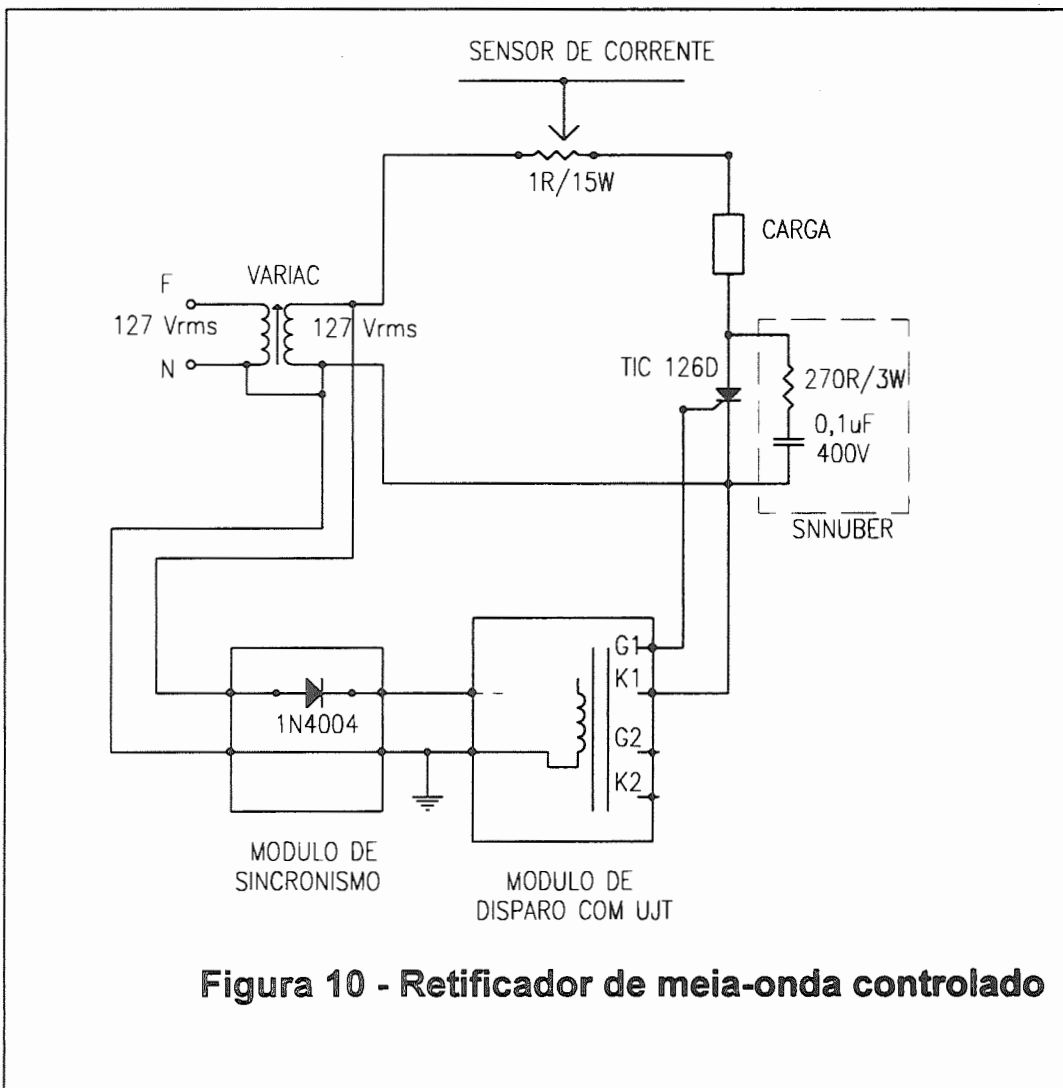


Figura 10 - Retificador de meia-onda controlado

1.1. Observe o comportamento das formas de onda de tensão e corrente variando-se o ângulo de disparo  $\alpha$ .

1.2. Observando o sinal de corrente sobre o sensor de corrente (resistência de  $1\Omega$ ), faça uma variação brusca no ângulo de disparo  $\alpha$  verificando o efeito da variação da resistência das lâmpadas com a temperatura (observação qualitativa).

1.3. Variando-se  $\alpha$  de  $0^\circ$  a  $180^\circ$ , faça as medidas que julgar conveniente (recorde a teoria e pense antes de iniciar) para traçar as seguintes curvas (em papel milimetrado):

- a) Corrente média na carga X  $\alpha$ .
- b) Tensão média na carga X  $\alpha$ .
- c) Corrente RMS na carga X  $\alpha$ .
- d) Tensão RMS na carga X  $\alpha$ .
- e) Fator de potência na fonte ca X  $\alpha$ .

**\*) Observação: Faça os gráficos de tensão e corrente em p.u. usando como valores de base:**

$V_{base} = V_{max}$ ;  $I_{base} = V_{max} / |Z_\alpha|$ ; onde  $|Z_\alpha|$  é o módulo da impedância da carga no ângulo de disparo  $\alpha$ .

2. Monte o circuito da figura 11 (Controlador CA Monofásico de Onda Completa), primeiro para carga resistiva (banco de lâmpadas), e depois para carga indutiva (banco de lâmpadas + indutor).



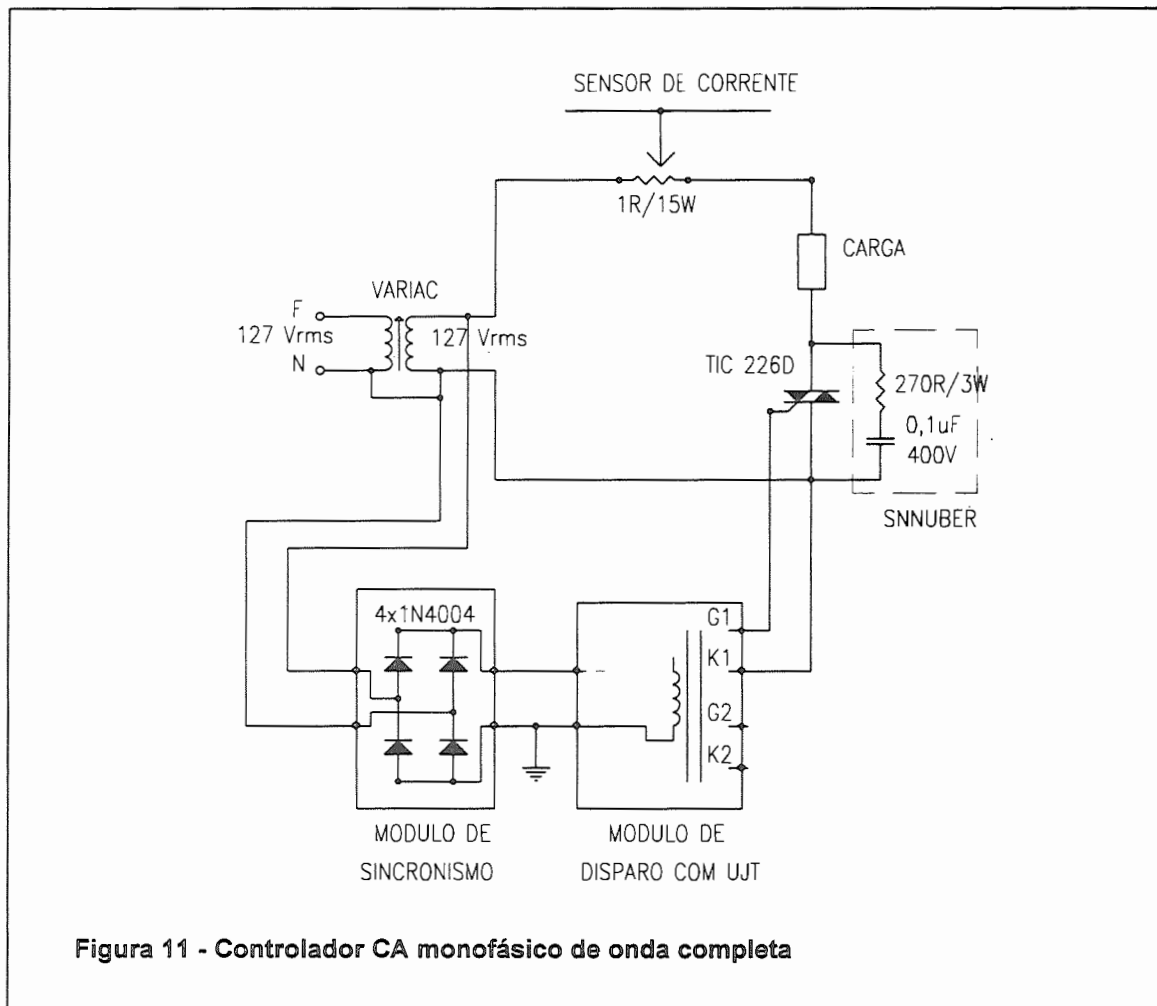


Figura 11 - Controlador CA monofásico de onda completa

2.1. Repita o item 1.1.

2.2. Determine o ângulo de disparo mínimo nos dois tipos de carga para que o controlador funcione adequadamente, e comprove que este ângulo é numericamente igual ao ângulo da impedância da carga.

2.3. Varie  $\alpha$  de  $\alpha_{\min}$  a  $\alpha_{\max} = 180^\circ$  e repita o item 1.3 para traçar as curvas 1.3.c), d) e e) para o Controlador CA.



#### **IV - RELATÓRIO**

Faça um relatório técnico sobre o assunto estudado na prática contendo as observações e conclusões, bem como os gráficos determinados.

## **5ª. PRÁTICA**

### **RETIFICADORES MONOFÁSICOS SEMI-CONTROLADOS**

#### **I - OBJETIVOS:**

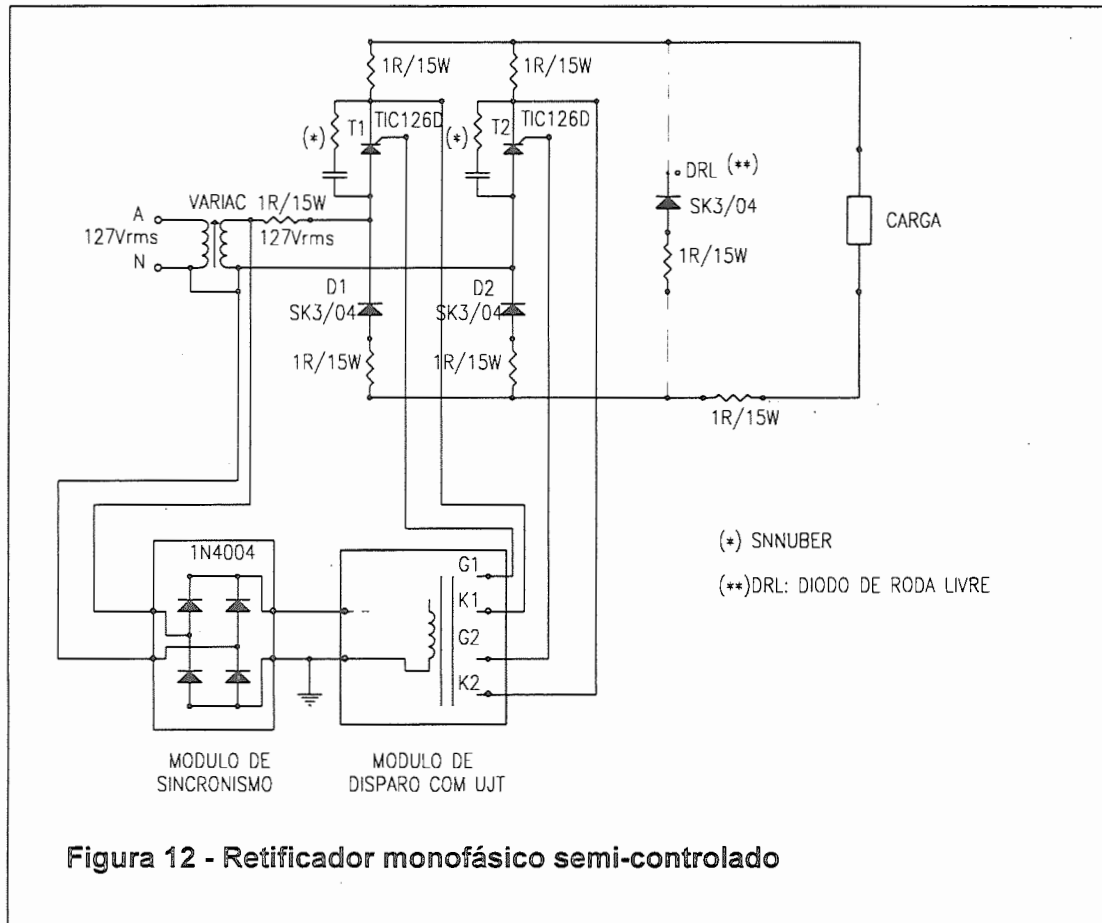
1. Estudar e entender a operação dos retificadores semi-controlados monofásicos, com cargas resistivas e indutivas.
2. Comparar o desempenho de topologias diferentes de retificadores semi-controlados.
3. Consolidar os conceitos de correntes médias e eficazes, bem como de potência e fator de potência em circuitos com formas de onda não senoidais.

#### **II - ESTUDO PRELIMINAR**

Rever na literatura a teoria de funcionamento dos Retificadores Semi-Controlados.

#### **III - PARTE PRÁTICA**

1. Monte o circuito da figura 12, sem o diodo de roda livre (DRL), primeiro com carga resistiva (banco de lâmpadas), e depois com carga indutiva (banco de lâmpadas + indutor).



1.1. Observe o comportamento das formas de onda de tensão e corrente na linha ca, nos tiristores, nos diodos e na carga, variando-se o ângulo de disparo  $\alpha$ . Determine as faixas de variação de  $\alpha$  em que se tem corrente contínua e descontínua (na carga), respectivamente.

1.2. Variando-se  $\alpha$  de  $0^\circ$  a  $180^\circ$ , faça as medidas que julgar conveniente (recorde a teoria e pense antes de iniciar) para traçar as seguintes curvas (em papel milimetrado):

- a) Corrente e tensão média na carga X  $\alpha$ .
- b) Fator de potência na fonte ca X  $\alpha$ .



#### **IV - RELATÓRIO**

Faça um relatório técnico sobre o assunto estudado na prática, contendo principalmente os resultados obtidos durante a prática e as conclusões comparativas entre os 3 tipos de retificadores quanto ao seu desempenho. Compare-os entre si.

## **6ª. PRÁTICA**

### **APLICAÇÃO DE CIRCUITO DE DISPARO COM O CI TCA780.**

### **CONTROLADOR CA MONOFÁSICO DE ONDA COMPLETA.**

### **RETIFICADOR TRIFÁSICO DE MEIA ONDA**

#### **I - OBJETIVOS:**

1. Entender o funcionamento e utilizar o circuito integrado TCA 780 em aplicações de circuitos de disparo de conversores estáticos.
2. Estudar os comportamentos das tensões e correntes (qualitativamente e quantitativamente) nos retificadores com a variação do ângulo de fase.
3. Consolidar os conceitos de potência e fator de potência em circuitos com formas de onda não senoidais.

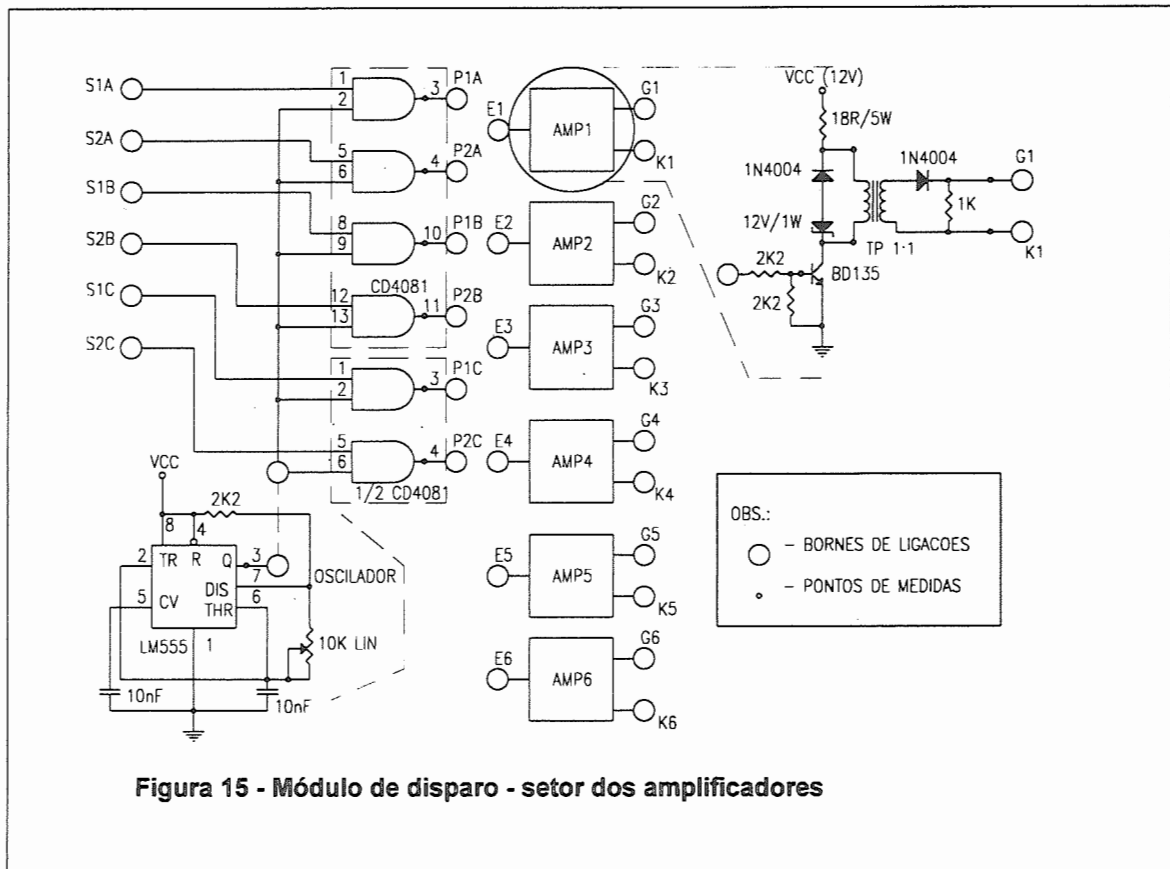
#### **II - ESTUDO PRELIMINAR.**

Antes da aula, rever na literatura a teoria de funcionamento do Controlador CA monofásico e do Retificador Trifásico de meia-onda.





*6a prática: Aplicação de circuito de disparo com o CI TCA780. Controlador CA monofásico de onda completa. Retificaoadr trifásico de meia onda.*



### III - PARTE PRÁTICA.

#### III.1) FUNCIONAMENTO DO MÓDULO DE DISPARO COM TCA780.

Alimentar o painel do módulo de sincronismo com 12 Vcc e verificar o funcionamento (qualitativamente) de um dos TCA780 constante do mesmo. Para tal, ligue o borne de sincronismo Sin-A (ou B ou C, conforme o TCA que esteja utilizando ) a uma amostra do sinal da rede ca, através do módulo dos transformadores. Com as saídas S1 e S2 (pinos 15 e 14)

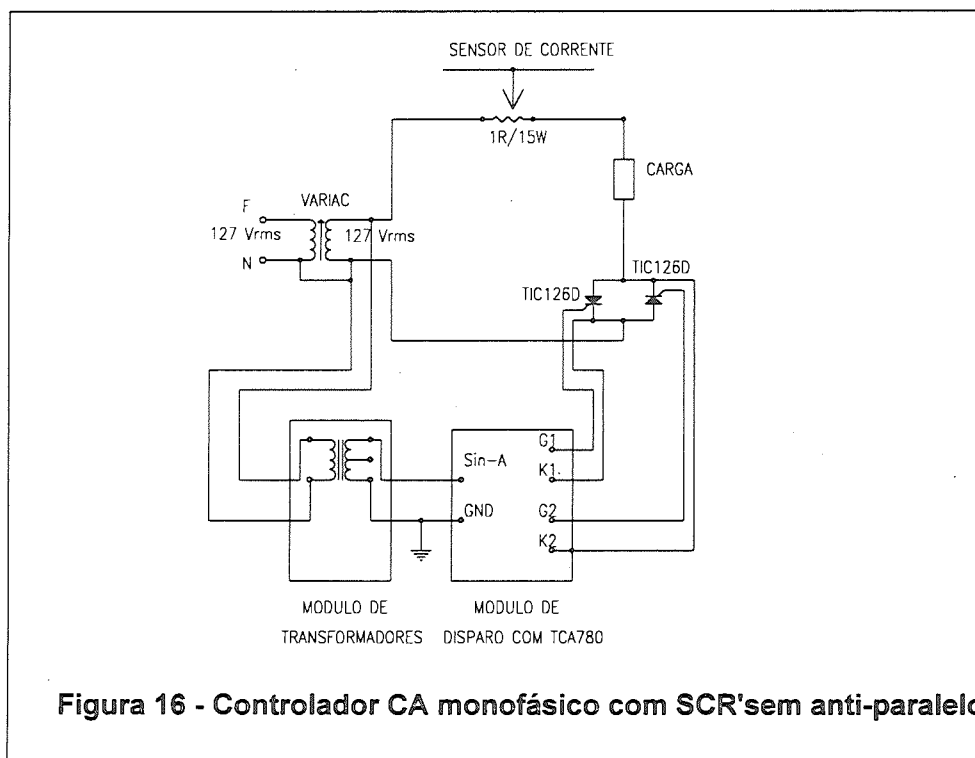
*6a prática: Aplicação de circuito de disparo com o CI TCA780. Controlador CA monofásico de onda completa. Retificação trifásica de meia onda.*

---

abertas, sugere-se que se faça as seguintes verificações para se entender o funcionamento do circuito:

- a) Verificar o sinal de sincronismo.
- b) Verificar a rampa, variando-se o potenciômetro de 100K (pot R-A, R-B, ou R-C do módulo).
- d) Verificar a variação das larguras dos pulsos de saída aterrando-se o pino 12 (LP-A, LP-B ou LP-C).
- e) Verificar a atuação da inibição de pulsos aterrando-se o pino 6 (Inib-A, Inib-B ou Inib-C).
- f) Verificar a tensão da fonte interna de referência Ref-A (ou B ou C), pino 8.
- g) Verifique a saída do circuito do oscilador e ajuste sua frequência para cerca de 20KHz.
- h) Conecte as saídas do TCA e do oscilador às entradas das portas lógicas E (AND), e verifique as saídas das mesmas.
- i) Conecte as saídas das portas lógicas às entradas dos amplificadores e verifique os sinais em todos os pontos de medidas dos mesmos.
- j) Monte o circuito da figura 16, com carga resistiva (banco de lâmpadas), e confirme que seu funcionamento é o mesmo do controlador ca com TRIAC visto na prática 4.

6ª prática: Aplicação de circuito de disparo com o CI TCA780. Controlador CA monofásico de onda completa. Retificadr trifásico de meia onda.



### III.2) RETIFICADOR TRIFÁSICO DE MEIA-ONDA CONTROLADO.

1. Monte o circuito da figura 17, primeiro com carga resistiva (banco de lâmpadas), e depois com carga indutiva (banco de lâmpadas + indutor).

6ª prática: Aplicação de circuito de disparo com o CI TCA780. Controlador CA monofásico de onda completa. Retificadora trifásica de meia onda.

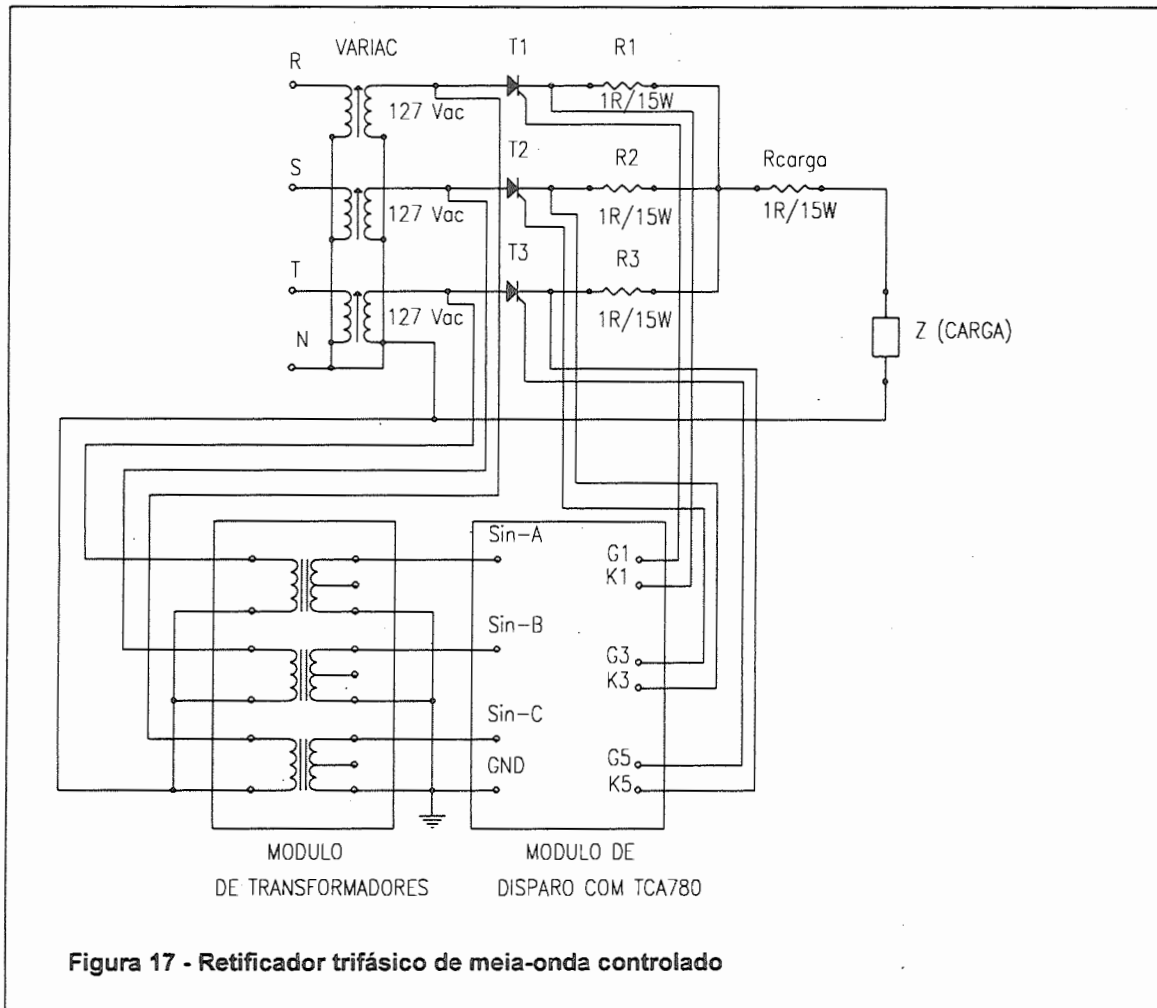


Figura 17 - Retificador trifásico de meia-onda controlado

1.1. Observe o comportamento das formas de onda de tensão e corrente na linha ca, nos tiristores, nos diodos e na carga, variando-se o ângulo de disparo  $\alpha$ . Determine as faixas de variação de  $\alpha$  em que se tem corrente contínua e descontínua (na carga), respectivamente.

1.2. Variando-se  $\alpha$  de  $0^\circ$  a  $180^\circ$ , faça as medidas que julgar convenientes (recorde a teoria e pense antes de iniciar) para traçar as seguintes curvas (em papel milimetrado):

- a) Corrente e tensão média na carga X  $\alpha$
- b) Fator de potência na fonte CA X  $\alpha$

*6a prática: Aplicação de circuito de disparo com o CI TCA780. Controlador CA monofásico de onda completa. Retificação trifásica de meia onda*

---

**\*) Observação: Faça os gráficos de tensão e corrente em p.u. usando como valores de base:**

**$V_{base} = V_{max}$ ;  $I_{base} = V_{max}/|Z_{\alpha}|$ ; onde  $|Z_{\alpha}|$  é o módulo da impedância no ângulo de disparo  $\alpha$ .**

#### **IV - RELATÓRIO**

Faça um relatório técnico sobre o assunto estudado na prática, contendo principalmente os resultados obtidos durante a prática e as conclusões.