

Juvenal. S. Langa

**FONTE DE ALIMENTAÇÃO ININTERRUPTA
“ NO BREAK ECSI ”**

UNIVERSIDADE PEDAGÓGICA

Escola Superior Técnica

Maputo, 2010

Juvenal. S. Langa

**FONTE DE ALIMENTAÇÃO ININTERRUPTA
“ NO BREAK ECSI “**

Projeção de uma Fonte de Alimentação Ininterrupta “ NO BREAK ECSI “ para Aeroporto Internacional de Maputo, com autonomia de 12 horas. A ser apresentado à Central Eléctrica do Aeroporto Internacional de Maputo e à Departamento de Manutenção Industrial, para fins avaliativos ao Eng. Edrisse Mahomed e ao Coordenador do Curso Eng. Jacinto Costa.

UNIVERSIDADE PEDAGÓGICA

Escola Superior Técnica

Maputo, 2010

FONTE DE ALIMENTAÇÃO ININTERRUPTA

“ NO BREAK ECSI “

Moçambique, 2010

Esta publicação foi baseada na **NBR 15014:2003** – Conversor e semicondutor – Sistema de alimentação de potência ininterrupta, com saída em corrente alternada (nobreak) – Terminologia.

Para eventuais esclarecimentos e consultas sobre funcionamento, montagem, padronização para que tenha uma certa autonomia em função da finalidade e mais, queiram contactar:

Endereço: **Cidade da Matola, Rua “ O ” Talhão nº 85. Q. 17, Maputo - Moçambique**

Cell: **(+258) -846006088** ou **(+258) -825131059**

E – Mail: juvenallanga@gmail.com ou juvenallanga@yahoo.com

Índice	Pág
1. LISTA DE ABREVIATURAS.....	4
2. LISTA DE FIGURAS.....	5
3. INTRODUÇÃO	6
4.OBJECTIVOS	7
4.1. Objectivo geral	7
4.2.Objectivos específicos	7
4.3. Metodologias	7
5. NO BREAK.....	8
5.1. Composição do Sistema	9
6. O Rectificador.....	9
6.1. Diagrama em blocos do rectificador.....	10
6.2. Topologia Rectificador Utilizada em No break.....	10
6.3. Rectificadores Não Controlados.....	11
6.4. Rectificadores Controlados.....	11
6.5. Rectificadores Controlados Trifásicos.....	11
7.SOBRE O TIRISTOR.....	12
7.1. SCR (silicon controlled rectifier)	12
7.2. Métodos de disparo e de comutação do scr	15
7.3. Triac (triode ac switch) - tiristor bidirectional.....	15
7.4. Retificador trifásico de meia-onda controlado	16
7.5. Inversor trifásico em ponte.....	17
7.6. Transmissão de alta tensão em corrente contínua	17
8. BATERIAS.....	18
9. Estágio Inversor Para Nobreaks	18
9.1. Inversores Trifásicos.....	20
9.2. Com barramento CC Único	21
9.3. Com barramento CC Dividido (Neutro Acessível)	22
10. TÉCNICA DE MODULAÇÃO.....	23
10.1. Modulação PWM.....	23

10.2. Filtragem da Tensão de Saída.....	27
11. ESTÁGIO CHAVE ESTÁTICA PARA NO BREAK.....	28
11.1. Símbolo e funcionamento.....	28
11.2. Transistor como chave no no braek.....	29
12. DARLINGTON.....	30
13. FILTRO.....	31
13. CARREGADOR DE BATERIAS.....	31
13.1. Fonte bi-voltagem.....	33
14. FONTE CHAVEADA.....	35
14. CONCLUSÃO.....	41
15. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42

1. LISTA DE ABREVIATURAS

No Break.....	fontes ininterruptas de energia.
C.C.....	Corrente continua
A.C.....	Corrente Alternada
MLP.....	Modulação por largura de pulso
PWM.....	.pulse-width modulation.
UPS.....	.Uninterruptible Power Supply
j1, j2 e j3.....	.Junções do material semiconductor
PWM:.....	.Modulação por largura de pulsos
PLL.....	Phase Locked Loop (elo de fase travada)
ADM.....	Aeroportos de Moçambique
EDM.....	Electricidade de Moçambique
SCR.....	Silicon Controlled Rectifier
TRIAC.....	Triode ac switch(tiristor bidirecional)
B.....	Base
E.....	Emissor
C.....	Colector
A.....	Ânodo
K.....	Cátodo
G.....	Gate
CI.....	Circuito Integrado

2. LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estagio de ratificação (On-line dupla conversão)

Figura 2: Ponte de Graetz a Tiristor

Figura 3: a) Estrutura SCR e b) Símbolo de SCR

Figura 4: a) circuito e b) Característica $V \times I$

Figura 5: a) Símbolo de Triac e b) Circuito equivalente

Figura 6: Retificador trifásico

Figura 7: Inversor trifásico em ponte

Figura 8: Topologia on-line dupla conversão conforme NBR15014.

Figura 9: Conceito básico da conversão de tensão CC/CA.

Figura 10: Topologia de inversor trifásico

Figura 11: Inversor trifásico com saída isolada e barramento CC único.

Figura 12: Inversor trifásico sem transformador isolador.

Figura 13: Formação dos pulsos de comando com modulação PWM.

Figura 14: Controle em fonte Chaveada

Figura 15: Filtro passa -baixa e seu efeito no espectro harmónico

Figura 16: a) Estrutura do TRIAC; b) Símbolo do TRIAC; c) Circuito equivalente a 2 SCR's.

Fig.ura 17: Curvas características de saída de um transístor npn

Figura 18: Controlador de Caregador das baterias

Figura19: Circuitos integrados de controle PWM, TL494 utilizado na construção

Figura20 : Noflyback

Figura 21: Circuito buck com o tl494

3. INTRODUÇÃO

De uma forma geral, os sistemas ininterruptos de energia, conhecidos popularmente no Mundo como No Breaks, possuem como função principal fornecer à carga crítica energia condicionada (estabilizada e filtrada) e sem interrupção, mesmo durante uma falha da rede, EDM caso particular Moçambique. Ao receber a energia eléctrica da EDM por exemplo, o No Break transforma esta energia não condicionada, isto é; abundante em flutuações, transitórios de tensão e de frequência, em energia condicionada, onde as características de tensão e frequência são rigorosamente controladas. Desta forma oferece parâmetros ideais, o que é fundamental para o bom desempenho das cargas críticas (sensíveis).

Transitórios e deformações da forma de onda de tensão, variações de frequência e mini interrupções (duração de até 0,1 segundo) dependem de uma série de factores, tais como: proximidades de cargas reactivas ou não lineares (rectificadores controlados), comutação de cargas na rede, descargas atmosféricas, ruídos, sobrecargas, curto-circuitos e mais. Estes fenómenos perturbam a operação e comprometem a confiabilidade dos sistemas de comunicação, iluminação e computacionais e mais.

4.OBJECTIVOS

4.1. Objectivo geral

Conhecer o equipamento que Aeroporto Internacional de Maputo utiliza neste âmbito de rumo a Modernidade.

4.2.Objectivos específicos

- Conhecer a importância, a operação e a composição de equipamento
- Apresentar as principais configurações para o estágio de entrada de um sistema ininterrupto de energia.
- Descrever os princípios de funcionamento de cada estadia do sistema ininterrupto de energia.
- Interpretar os alarmes e assistência de algumas avarias.
- Configurar para os modos de operação com ou se Rede eléctrica da EDM.

4.3. Metodologias

Viver o equipamento, que consistiu em:

- Estar em contacto directo com o equipamento.
- Leitura do manual de manuseio do equipamento.
- Investigação de mais detalhes sobre o No Break junto ao fabricante via Internet.
- Discussão de alguns detalhes sobre o funcionamento com trabalhadores da ADM.
- Compilação de trabalho
- Posteriormente a presente entrega do trabalho final.

5. NO BREAK

Uma fonte de alimentação ininterrupta, (Uninterruptible Power Supply) é um sistema de alimentação eléctrica que, caso haja uma quebra de corrente, entra em acção alimentando os dispositivos a ele ligado.

Para compreender seu funcionamento, é necessário conhecer os princípios básicos de uma fonte de alimentação, fonte chaveada e circuitos digitais de controle.

O No-Break, tecnicamente conhecido por UPS Uninterruptable Power Supply, tem como função principal o suprimento temporário de energia ao sistema, fazendo isso de forma automática em caso de falha na transmissão eléctrica. O No-Break além de evitar interrupções no equipamento no caso de uma falha de energia, também protege o equipamento contra descargas estáticas e variações da rede eléctrica, prolongando a vida útil do equipamento nele ligado.

É importante não confundir o No-Break com estabilizador de voltagem. Enquanto o estabilizador de voltagem corrige a tensão eléctrica, o No-Break produz corrente e também estabiliza e filtra a tensão.

No-Break está dividido em 3 categorias:

- 1. On Line:** A rede só é alimentada pelas baterias.
- 2. Off Line ou Stand By:** Alimentação pela rede eléctrica, passando pela bateria em caso de queda.
- 3. Line-Interactive** (Linha Interactiva): Trata-se de um meio-termo entre o tipo Off Line e o On Line.pode ser configurado para operação, o inversor (dispositivo que converte a corrente contínua das baterias em corrente alternada), trabalha em paralelo com a rede, fornecendo parte da energia necessária. Em caso de falha, este No-Break assume a carga total da alimentação.

O circuito verificador tem por função detectar o estado da energia eléctrica, inclusive "prever" descargas estáticas. O chaveamento é um dos maiores segredos do sucesso de um No-Break.

Ele deve ser o mais rápido possível. Para o caso deste é aproximadamente 5 mili-segundos No caso do On-Line, o chaveamento nem existe, pois em nenhum momento haverá corte de energia, já que o equipamento é alimentado directa mente pela bateria

EKSS é um No-Break inteligente é porque é comandado por Software. Ele envia para a tela do micro mensagens que alertam o usuário sobre o tempo restante da energia, possibilitando que o tome conhecimento antes de extinguir por completo a carga da bateria. De acordo com a sofisticação do Software, o programa pode até emitir relatório sobre as últimas ocorrências de interrupção da rede elétrica e até mesmo apresentar um auto-diagnóstico

5.1. Composição do Sistema

O sistema de alimentação de potência ininterrupta (NoBreak) é composto por circuito rectificador/carregador de baterias, banco de baterias, circuito inversor de tensão e chave estática ou bypass automático.

6. O Rectificador

O Rectificador é o conversor de potência capaz de alterar a forma de tensão de entrada de alternada para contínua. O rectificador do No Break realiza a primeira conversão, de C.A. para C.C. sendo o inversor de saída responsável pela segunda conversão, de C.C. para C.A. Vai se gera-se assim uma tensão com amplitude e frequência controladas, totalmente independente da entrada. Portanto o rectificador funciona como um isolador aos efeitos indesejáveis da rede eléctrica, pois o barramento C.C. absorve e transfere a potência da entrada para a saída, formando elemento **tanque de energia**

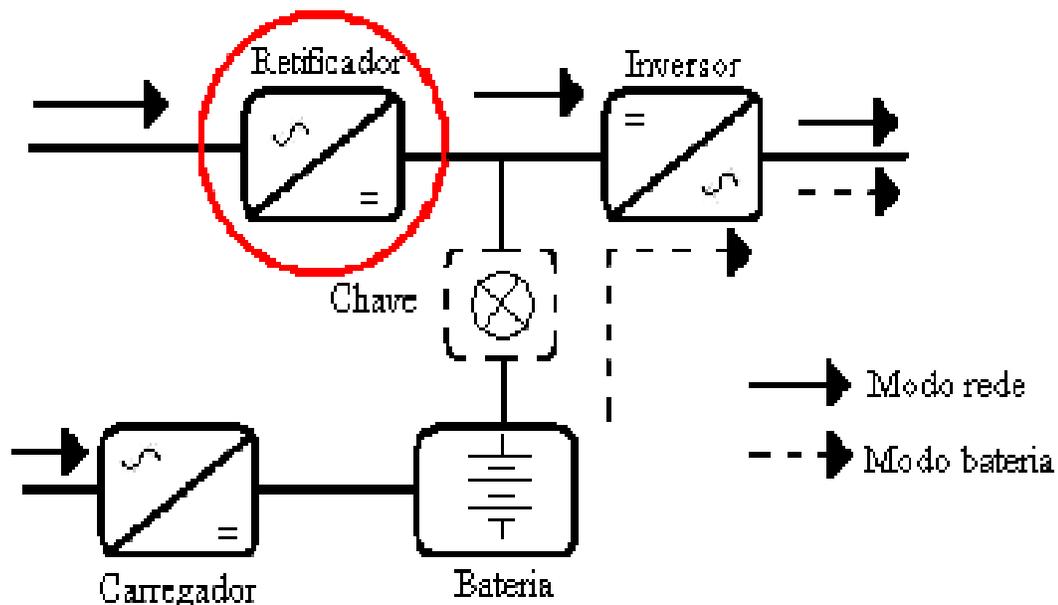


Figura 1: Estagio de ratificação (On-line dupla conversão)

6.1. Diagrama em blocos do rectificador

Basicamente, o rectificador possui as seguintes etapas ou blocos:

1. Protecção (fusíveis)
2. Transformador de força
3. Ratificação
4. Filtragem
5. Regulação

A Protecção é feita com fusíveis que se interrompem a qualquer anomalia da rede. O Transformador deve abaixar a tensão ou elevá-la, de acordo com o valor necessário do aparelho a ser alimentado. O rectificador converte CA em CC pulsante. O sistema de Filtragem fornece uma CC constante a partir da CC pulsante. O circuito de Regulação tem por função manter a voltagem de saída num determinado valor. Ele deve compensar automaticamente qualquer alteração de voltagem, a fim de manter a tensão de saída no valor necessário.

O elemento básico de um regulador é o diodo zener. O díodo zener é uma junção PN que foi especialmente dopada durante sua construção para que frente a uma polarização reversa operasse num nível que compensasse eventuais quedas de tensão. Se a voltagem de entrada do circuito regulador diminui, a voltagem no zener também diminui, provocando uma diminuição na corrente do zener. Para um acréscimo na voltagem de entrada, a corrente no zener é aumentada, provocando um acréscimo na corrente total do circuito. Logo, teremos uma queda de voltagem em RS (figura 22) elevando a tensão através do zener e, portanto, a carga é reduzida para a tensão de saída ideal. Todos os aparelhos electrónicos que necessitam ter uma tensão bem estável, possuem na fonte um circuito de regulação com zener.

6.2. Topologia Rectificador Utilizada em No break

Os rectificadores utilizados em No Breaks dividem-se em dois grupos principais: controlados e não controlados, sejam em aplicações monofásicas ou trifásicas.

6.3. Rectificadores Não Controlados

Como o próprio nome sugere para esta topologia, o elemento utilizado para efectuar a ratificação é o diodo. Sabe-se que este dispositivo electrónico entra em condução quando é polarizado directamente, não possuindo nenhum tipo de controle para comandar momento exacto de condução ou bloqueio da corrente.

6.4. Rectificadores Controlados (Usado neste No Break)

É o rectificador usado neste No Break. A escolha por barramento C.C. controlado passa necessariamente pela utilização de chaves activas de potência (**tiristores**, mosfets ou IGBTs) no circuito rectificador.

Benefícios obtidos ao controlar a tensão

- Adaptar o valor da tensão C.C. conforme a necessidade da aplicação;
- Barramento C.C. estável;
- Corrigem o factor de potência;
- Limitação da corrente de entrada;
- Melhora na resposta dinâmica da saída do equipamento (inversor).

6.5. Rectificadores Controlados Trifásicos

As topologias para rectificadores controlados trifásicos dividem-se em a baixadores e elevadores. O espaço para o uso dos rectificadores trifásicos controlados abaixadores (Ponte de Graetz a Tiristor) vem sendo reduzido ao passar do tempo para aplicações em nobreak, apesar disto é uma opção viável quando o banco de baterias é conectado ao barramento C.C., tendo o conversor também a função de carregador de baterias.

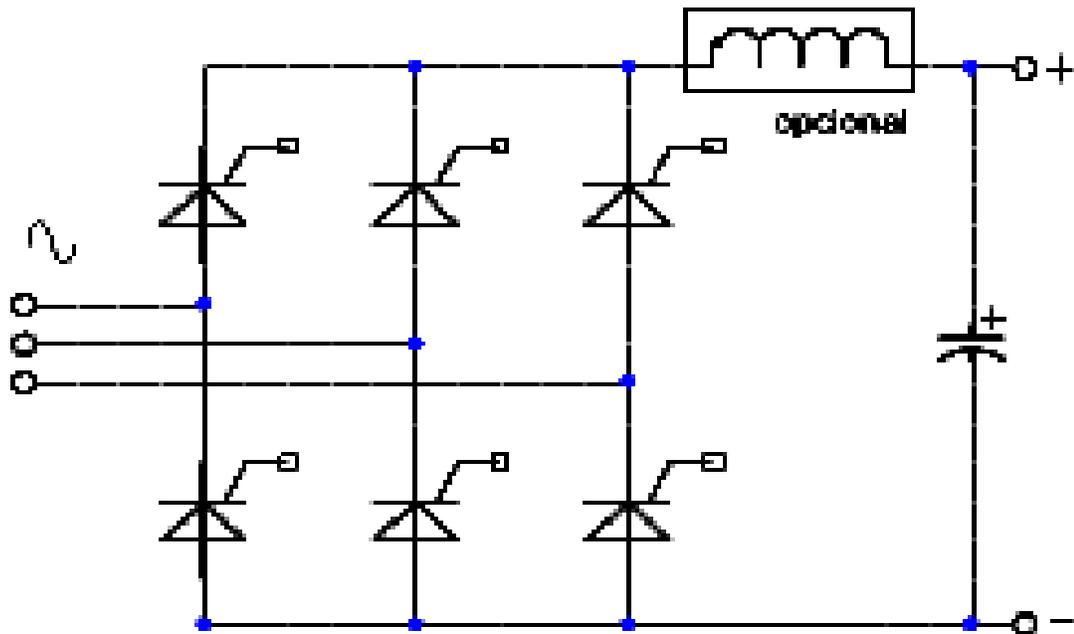


Figura 2: Ponte de Graetz a Tiristor.

Esta topologia também pode utilizar um filtro indutivo para melhorar o factor de potência. Este, por sua vez, possui valor máximo de 0,95 quando os tiristores conduzem com ângulo de disparo $\alpha = 0^\circ$. Porém esta é uma situação particular, sendo o factor de potência degradado na medida em que a aumenta ou, em termos práticos, na medida em que a tensão C.C. reduz. Porém, em função do nível de tensão da rede e da tensão necessária no barramento C.C., esta topologia opera com factor de potência abaixo de 0,92.

7.SOBRE O TIRISTOR

Tiristor pertence a uma família de semicondutores de 4 camadas PNPN com três junções e três terminais: ânodo (A), cátodo (K) e gate (G). O tiristor é um dispositivo importante semiconductor utilizado na electrónica industrial.

7.1. SCR (silicon controlled rectifier)

É o componente principal da família dos tiristores, que por ter uma aplicação muito grande em electrónica de potência, recebe em muitas bibliografias a denominação de tiristor. Deve se, portanto, considerar que: todo SCR é um tiristor mas, nem todo tiristor é um SCR.

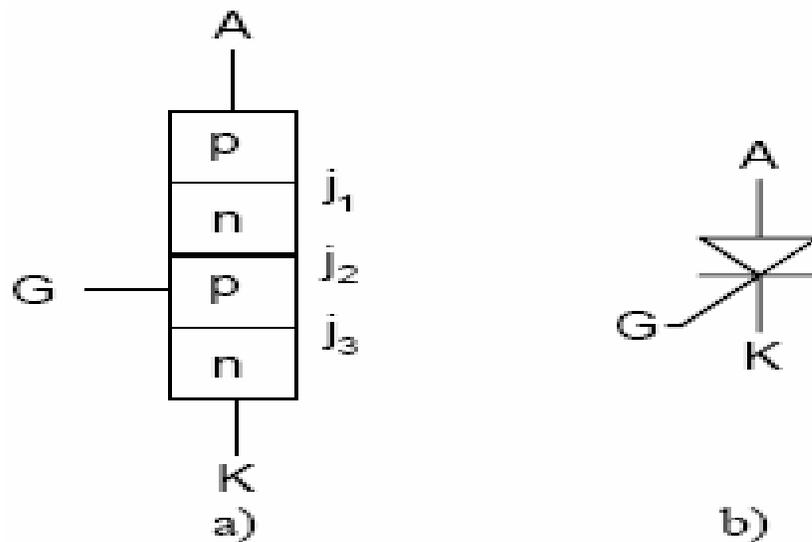


Figura 3: a) Estrutura SCR e b) Símbolo de SCR

Onde o gate do SCR permite controlar o momento em que a condução deve se iniciar, quando a tensão $V_A > V_K$ as junções j_1 e j_3 são directamente polarizadas. A junção j_2 está reversamente polarizada e somente uma pequena corrente de fuga circula pelo SCR. Se V_{AK} atinge um valor suficientemente grande que venha a romper a junção j_2 , o SCR conduz por sobre tensão (forward breakdown voltage), assim há o movimento de electrões através das três junções, resultando em uma corrente de ânodo grande.

A queda de tensão de condução directa do SCR é tipicamente 1V, podendo ser menor ou maior, dependendo do nível de potência do componente.

Uma vez que o SCR está conduzindo, não há mais controle sobre o componente ou seja, o circuito de gate perde a sua função. Para que o SCR cesse sua condução, a corrente I_{AK} deve ser levada a um valor inferior a corrente de manutenção I_H , especificada pelo fabricante, indo para então para o estado de bloqueio reverso.

Quando $V_A < V_K$, a junção j_2 fica directamente polarizada mas, j_1 e j_3 reversamente polarizadas ficando o SCR, reversamente polarizado.

Característica $V \times I$

Na figura abaixo tem se a característica $V \times I$ do SCR., na região reversa, nota-se que a curva é semelhante àquela de um diodo normal de silício: ao aumento da tensão aplicada corresponde a passagem de uma pequena corrente (micro amperes), até se atingir a tensão de ruptura reversa, além da qual se tem um rápido aumento da corrente e a destruição do componente.

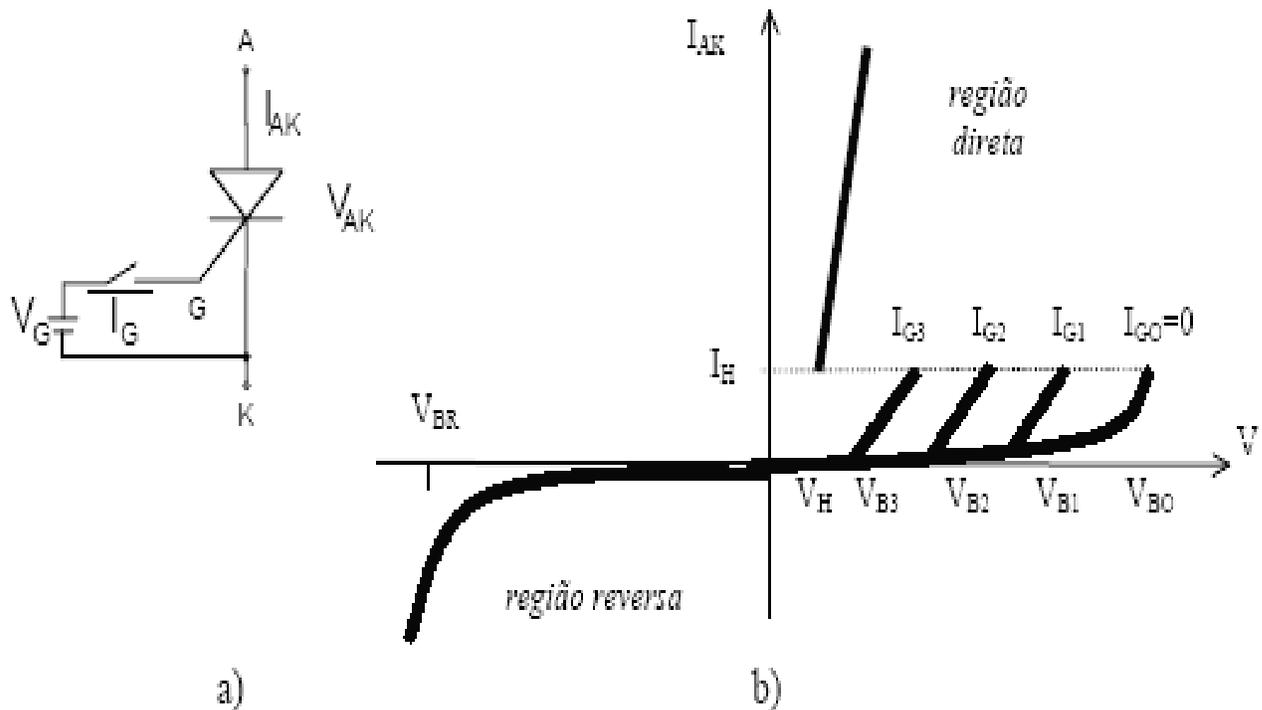


Figura 4: a) circuito e b) Característica V × I

Na região directa, e na ausência da corrente de gate I_G , tem-se também a passagem de uma pequena corrente de fuga directa (microamperes), até que se atinja a tensão de “break-over” (tensão de ruptura directa), a partir da qual o SCR entra em condução, assumindo então a característica de um diodo normal, com uma queda directa de cerca de 1,5V, ligeiramente crescente com o aumento da corrente.

Quando se aplica uma corrente I_G , a tensão de “break-over” cai em proporção a esta corrente; com uma corrente de gate suficientemente elevada, o SCR passa à condução com qualquer valor de tensão aplicada, desde que superior ao valor da queda directa (V_H - holding voltage).

$$I_{G3} > I_{G2} > I_{G1} > I_{G0} \quad \& \quad V_{B3} < V_{B2} < V_{B1} < V_{B0}$$

Esta corrente de gate I_G é especificada pelo fabricante. Este fornece a amplitude desta corrente e o tempo em que esta tem que ficar aplicada no gate do SCR, de forma a garantir o disparo do componente. Se a amplitude ou o tempo não forem respeitados, o SCR deixará de conduzir assim que for retirado o pulso do gate.

Para que o SCR continue a conduzir, após ser retirado o pulso do gate, é necessário que a

corrente IAK tenha um valor superior a de corrente de manutenção IH (holding current). Esta corrente é especificada pelo fabricante na folha de dados do componente.

7.2. Métodos de disparo e de comutação do scr

DISPARO : Para que o SCR possa ser disparado, é necessário que ele esteja directamente polarizado ou seja, a tensão de ânodo VA mais positiva que a tensão de cátodo VK.

Os disparos mais comuns no no break são: disparo por sobre tensão, disparo por $\frac{dV}{dt}$, disparo por aumento de temperatura, disparo por pulso no gate e disparo por luz ou radiação.

Comutação Comutar um SCR significa levá-lo do estado de condução, para o estado de bloqueio. São muitos os tipos de comutação utilizados para se comutar um SCR. O tipo de comutação depende, necessariamente da fonte que está alimentando o circuito onde está o componente e, deve-se observar que a comutação do componente irá ocorrer quando a corrente IAK for menor que a corrente de manutenção IH ($I_{AK} \cong \text{zero}$) ou, quando aplicar-se uma tensão reversa sobre os terminais do SCR ($V_{AK} < 0$). Assim pode-se citar alguns tipos de comutação no no break:

comutação natural e comutação forçada (comutação pela carga, comutação por tensão, reversa, auto-comutação, comutação por impulso auxiliar, comutação por impulso complementar e comutação por pulso de corrente),

7.3. Triac (triode ac switch) - tiristor bidirecional

Este componente conduz tanto directo quanto reversamente polarizado. É geralmente utilizado em controle de fase CA, onde controla-se o valor eficaz (rms) da tensão CA que esta sendo fornecida para a carga. O TRIAC pode ser considerado como sendo dois SCR's ligados em anti-paralelo, mas com apenas um gate em comum,

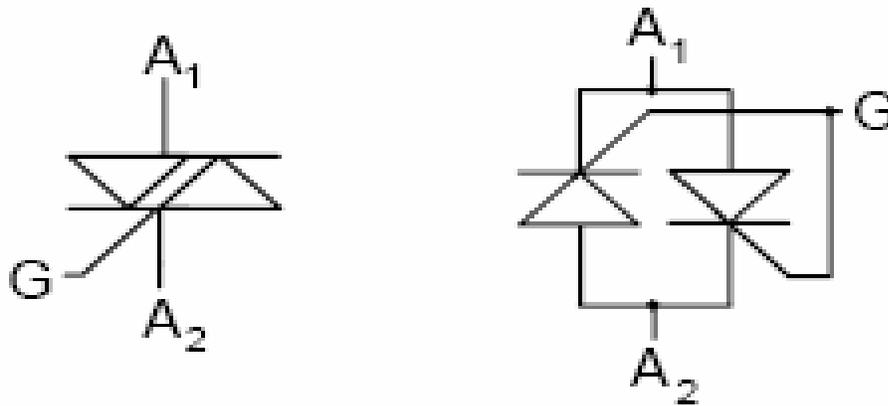


Figura 5: a) Símbolo de Triac e b) Circuito equivalente

Pode notar se que o TRIAC é um elemento de cinco camadas, tendo dois caminhos *P-N-P-N* entre os terminais principais **A1** e **A2**, podendo portanto conduzir nos dois sentidos.

7.4. Retificador trifásico de meia-onda controlado

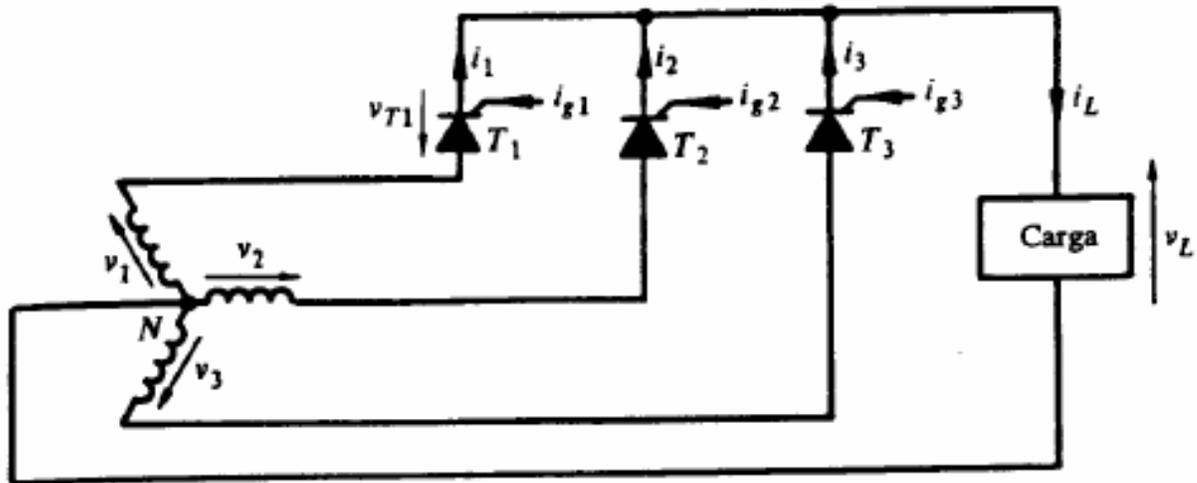


Figura 6: Retificador trifásico

7.5. Inversor trifásico em ponte

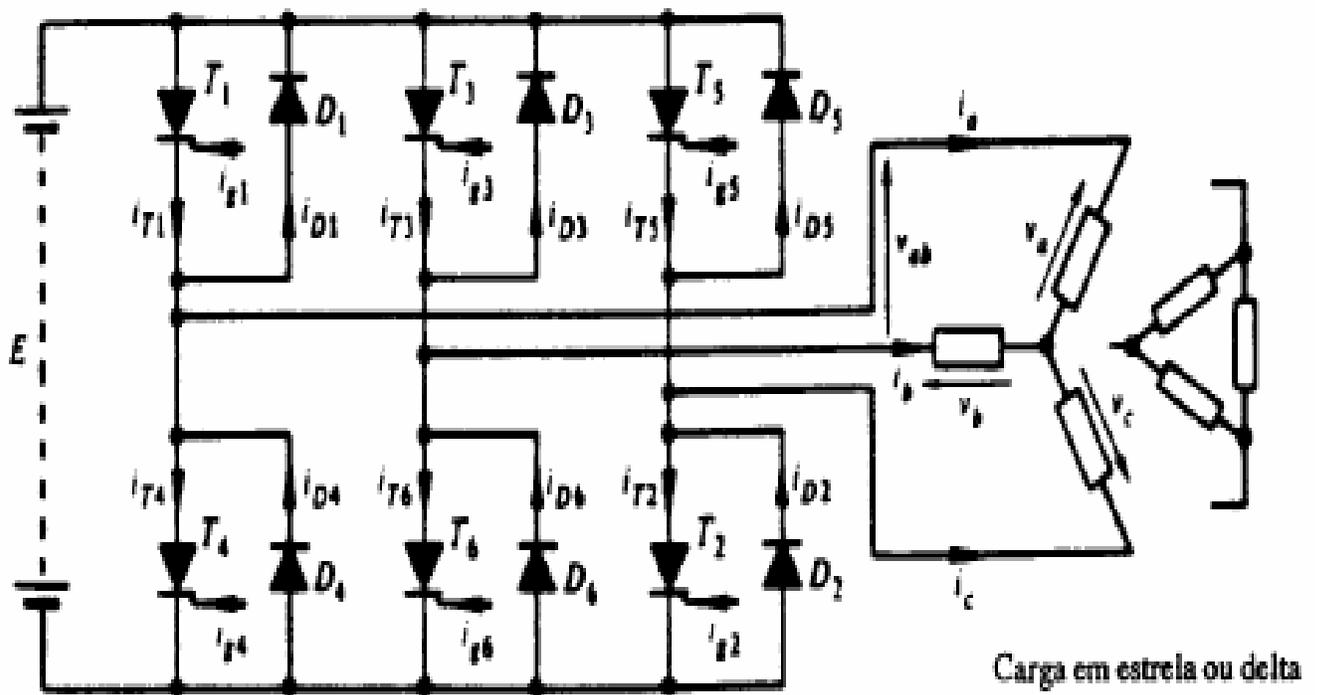
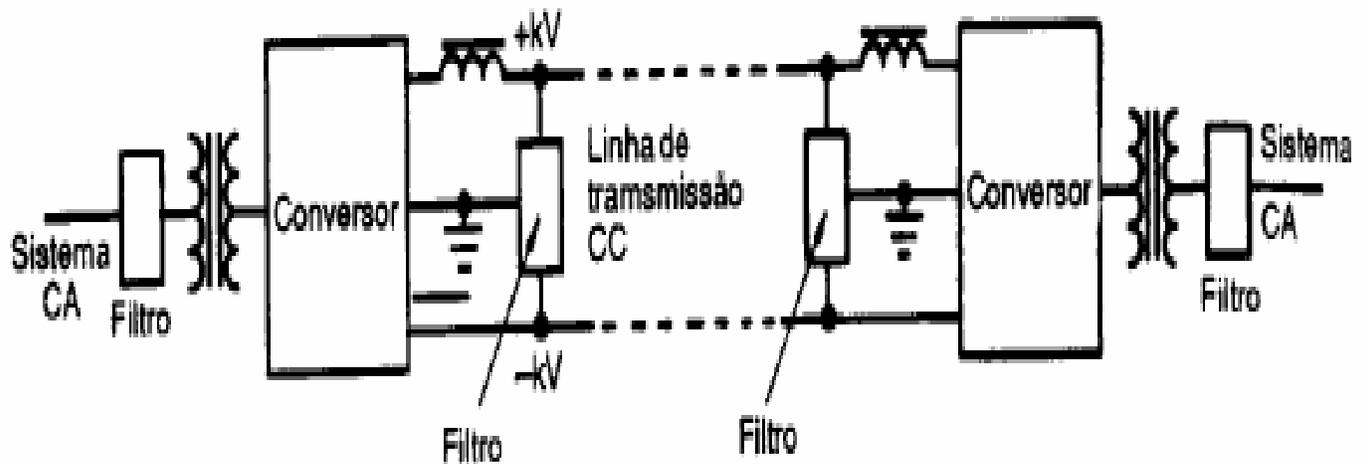


Figura 7: Inversor trifásico em ponte

7.6. Transmissão de alta tensão em corrente contínua

HVDC : high-voltage direct-current



8. BATERIAS

As baterias formam a alternativa de energia durante a falha da rede. As baterias estacionárias são as mais indicadas para No-Break pois podem fornecer uma corrente de valor médio por um grande intervalo de tempo.

9. Estágio Inversor Para Nobreaks

O inversor é o circuito mais complexo do No-Break. Esse circuito transforma a corrente contínua proveniente das baterias em uma corrente alternada de ciclagem igual a 50 Hz em valor fixo de 220 volts. Os circuitos inversores ideais trabalham com tiristores e com circuitos PWM - Pulse Width Modulation. Basicamente, toda sofisticação de No-Breaks fica neste estágio. Ou ainda pode se dizer que **O Inversor** é um conversor de potência capaz de converter uma tensão contínua em alternada. Este conversor opera através de uma específica sequência de disparo dos interruptores de potência, como IGBTs, MOSFETs, etc. A nomenclatura mais adequada ao estágio inversor é “conversor CC/CA”, porém a sua terminologia mais difundida é inversor.

Nos equipamentos que operam com dupla conversão de energia, de acordo com a NBR 15014:2003, o inversor realiza o segundo estágio de conversão, de CC para CA. Desta forma, está sempre operando, seja no modo rede ou no modo bateria. O primeiro estágio de conversão, de CA para CC, é uma tarefa do retificador. A Figura a baixo ilustra a topologia de nobreak on-line dupla conversão, ressaltando o estágio inversor.

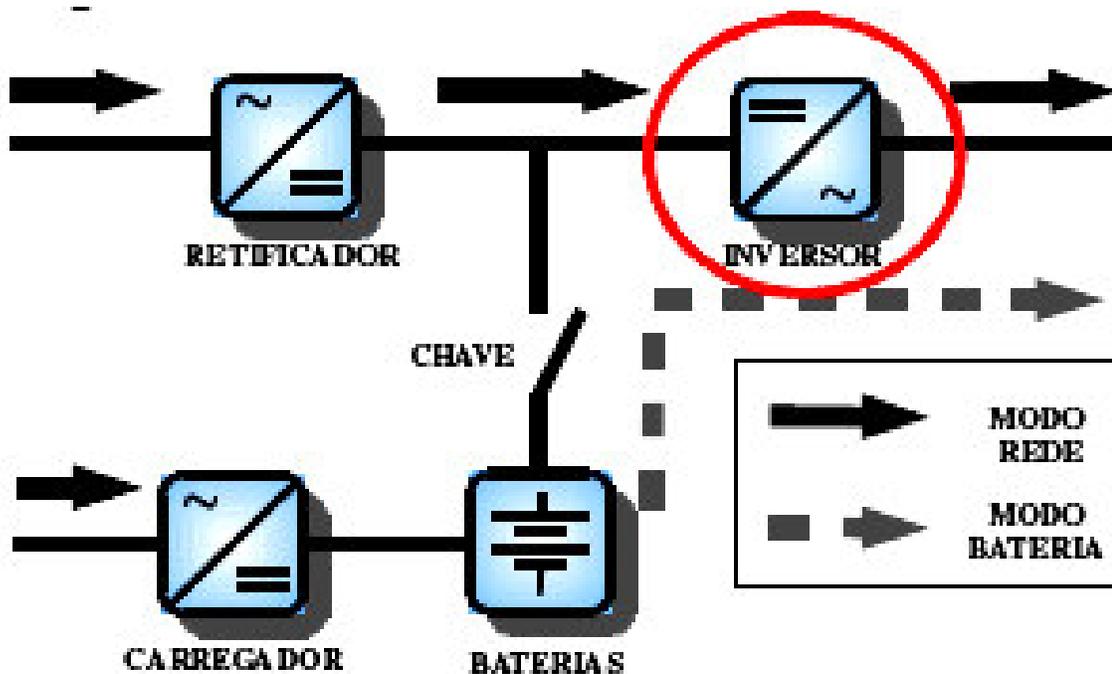


Figura 8: Topologia on-line dupla conversão conforme NBR15014.

O conjunto rectificador/inversor gera na saída uma tensão com amplitude e frequência controladas, totalmente independente da tensão e frequência da rede de alimentação da entrada, caracterizando o nobreak on-line dupla conversão. O inversor, portanto, absorve e transfere a potência do barramento CC, proveniente do estágio rectificador, para a saída, convertendo a tensão contínua em alternada. O barramento CC forma o que é chamado de elemento “*tanque de energia*” desacoplando a entrada da saída.

Existem basicamente dois tipos de inversores, que são os inversores de tensão e os inversores de corrente. O primeiro converte a tensão contínua em tensão alternada. Já o inversor de corrente converte a corrente contínua em corrente alternada. O inversor de corrente se destina a aplicações específicas, sendo pouco utilizado. Já o inversor de tensão é largamente utilizado. O inversor de tensão pode ser entendido como uma fonte de tensão alternada controlada, que retira energia de uma fonte de tensão contínua, como baterias ou saída de algum estágio rectificador, transferindo à carga. Esta mudança na forma de tensão, de contínua para alternada, é possível devido às comutações dos estados de condução dos interruptores de potência. A Figura abaixo ilustra o conceito básico envolvido na conversão de tensão CC/CA.

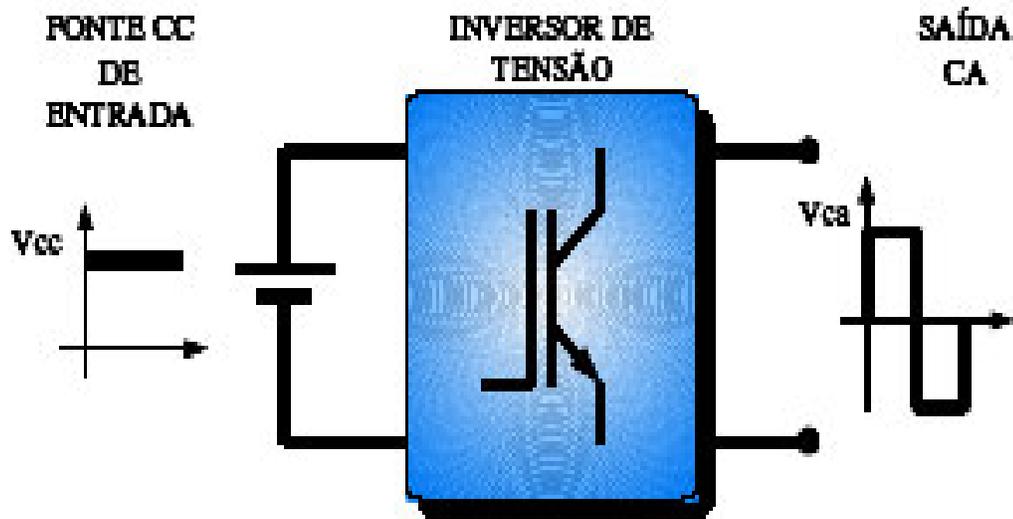


Figura 9: Conceito básico da conversão de tensão CC/CA.

9.1. Inversores Trifásicos

A utilização de no breaks monofásicos como fonte ininterrupta para alimentação de grandes cargas não é a melhor opção. Em para este no break em estudo ou geral, para potências superiores a 15 kVA os no breaks monofásicos não são a alternativa mais atractiva. A partir desta faixa de potência as estruturas trifásicas começam a ser mais atractivas.

Há diversas formas de se obter os inversores de tensão trifásicos, que são empregados em No breaks trifásico, porém a forma mais simples e conhecida usada neste é com o uso de três braços inversores, de acordo com a Figura abaixo a seguir.

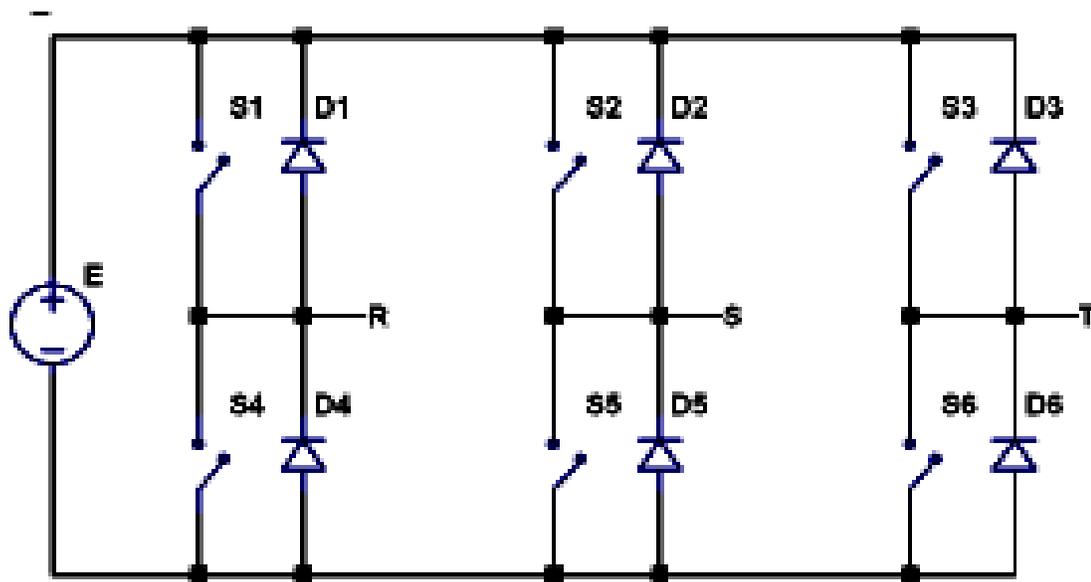


Figura 10: Topologia de inversor trifásico.

O inversor trifásico opera como se fosse constituído de três inversores meia ponte, onde cada um modula uma tensão alternada desfasada de 120° eléctricos em relação às outras.

No inversor trifásico, do mesmo modo que no inversor ponte completa monofásico, a tensão que surge entre dois braços inversores acaba sendo sempre modulada em três níveis,

Para o inversor trifásico, a tensão máxima nos interruptores controlados é calculada com base na formula:

$$V_{SM=\max} = E \text{ onde } E \text{ é a tensão do barramento CC.}$$

A corrente máxima nos interruptores é a mesma corrente de pico extraída do braço inversor, que para uma carga conectada em estrela também é a mesma corrente de pico na carga, ou seja:

$$I_{S \max} = I_{o-PK}$$

Dependendo da estrutura de nobreak trifásico a ser utilizado podem ser empregados dois tipos de inversores de tensão, que diferem basicamente quanto ao barramento CC e ligação do neutro.

9.2. Com barramento CC Único

Esta estrutura é empregada em aplicações onde há um transformador trifásico isolador ligado na saída do nobreak. O barramento CC é obtido a partir de uma fonte CC única, como retificador trifásico ou baterias. O neutro da carga é conectado ao neutro da conexão estrela do secundário do transformador isolador.

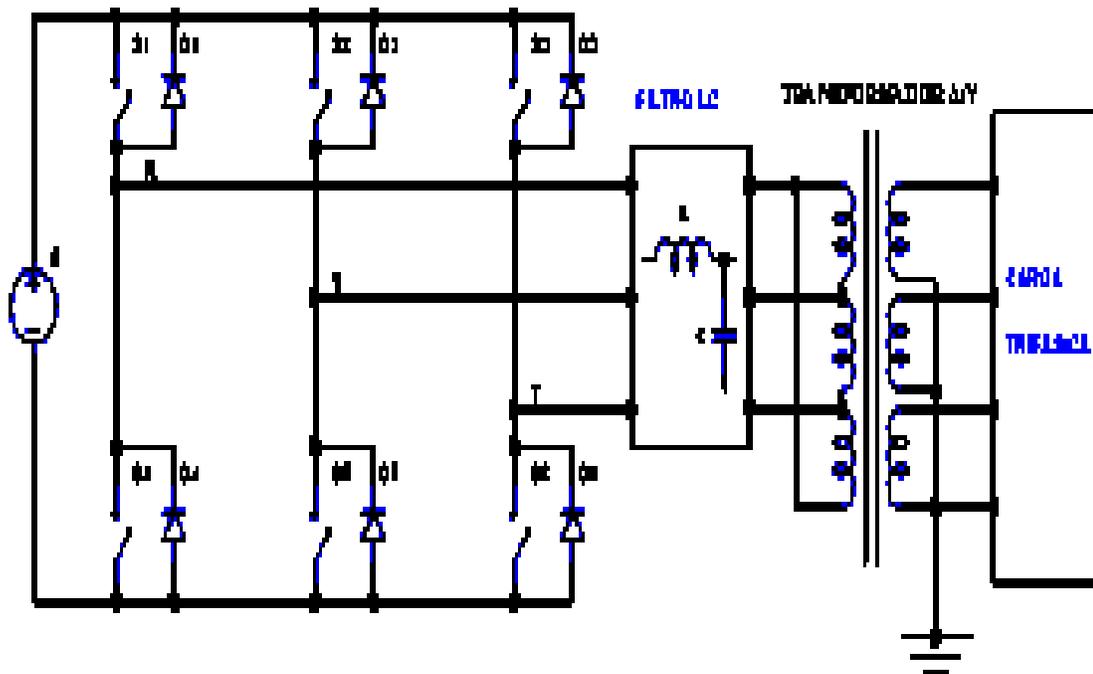


Figura 11: Inversor trifásico com saída isolada e barramento CC único.

9.3. Com barramento CC Dividido (Neutro Acessível)

Quando o transformador isolador estiver presente na entrada do nobreak, ou mesmo quando o barramento CC for proveniente de um rectificador controlado de alto factor de potência, a conexão do neutro da carga pode ser feita de acordo com a Figura. Nesta ligação o barramento CC é dividido, o circuito opera como três inversores meia ponte.

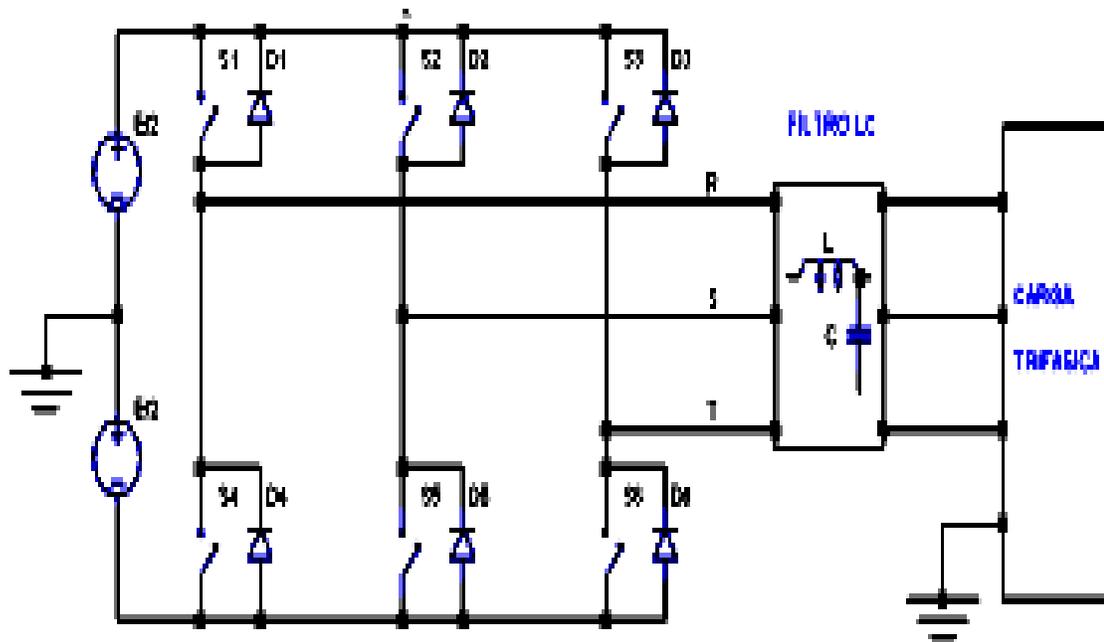


Figura 12: Inversor trifásico sem transformador isolador.

10. TÉCNICA DE MODULAÇÃO

O nobreak pode ser entendido como uma fonte de tensão ininterrupta. Sendo assim, seu objectivo principal é fornecer energia sem interrupções, dentro de certas especificações, tais como, valor eficaz da tensão, frequência, distorção harmónica e mais. Os requisitos da carga, quanta distorção harmónica, frequência e valor eficaz de tensão são bastante rígidos, sendo que um inversor de tensão com saída em onda rectangular atenderia estas exigências sob pena de uso de filtros muito volumosos e pesados. Para fugir deste problema e cumprir as exigências da carga se faz necessário o uso de uma técnica de modulação em alta frequência. O uso da modulação aliada ao filtro de saída do inversor garante uma tensão de saída senoidal, com distorção harmónica muito baixa, regulação do valor eficaz e ajuste da frequência garantidos pelo sistema de controle do nobreak

10.1. Modulação PWM (MLP),

A modulação é um processo de variação de um sinal modulador, àquele que se deseja reproduzir, através da influência de um sinal portador ou onda de transporte. Nos conversores electrónicos de potência, dentre estes se encontram os inversores, a modulação empregada é, em geral, a

modulação por largura de pulso (MLP), muito conhecida por sua sigla em inglês PWM (*pulse-width modulation*).

Os conversores de potência operam com comutação de estados, ou seja, seus interruptores alteram os estados entre a condição de condução e bloqueio, sendo que idealmente não há estados intermediários. Desta forma, a modulação PWM opera na essência dos conversores de potência, pois tem como resultado os pulsos de comando dos interruptores. Estes comutam entre os estados de condução e bloqueio, assim como os pulsos da modulação PWM.

Há várias formas de se obter a modulação PWM. Uma das mais conhecidas é através da comparação da onda moduladora com a portadora. A Figura a baixo ilustra a modulação PWM obtida dessa forma.

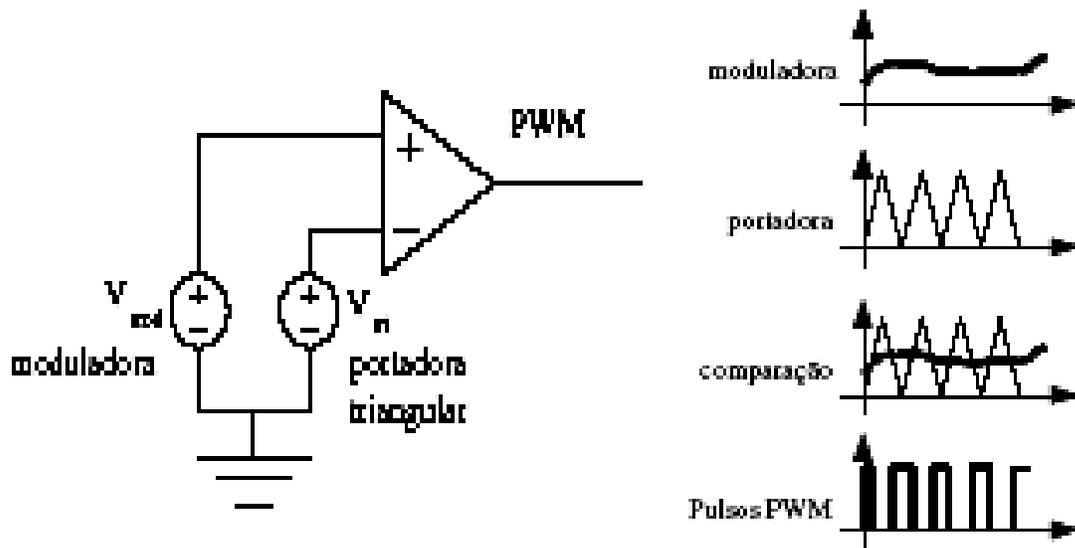


Figura 13: Formação dos pulsos de comando com modulação PWM.

Quando a onda moduladora é uma senóide, a modulação PWM é conhecida como modulação PWM senoidal. A modulação PWM senoidal é utilizada nos inversores para que em sua saída seja obtida uma tensão senoidal.

Uma das vantagens da modulação PWM senoidal é que o espectro das componentes harmônicas da tensão é deslocado para frequências mais elevadas, como pode ser visto na Figura 4.3, onde pode ser visto o espectro harmônicos das tensões de saída de um inversor com modulação PWM senoidal e também de um inversor de onda rectangular.

O deslocamento do espectro harmónico beneficia a filtragem, pois causa diminuição de peso e volume do filtro. Desta forma se obtém um nobreak leve e compacto, com tensão de saída de alta qualidade, com baixíssima distorção harmónica. Um CI PWM, destinado a controle em fontes chaveadas e também em conversores de tensão DC/DC. Os circuitos de controle actualmente usados nos circuitos integrados que controlam a fonte chaveada são denominados de PWM - Moduladores por Largura de Pulso. O circuito funciona da seguinte forma: o oscilador carrega e descarrega o capacitor C1 entre dois níveis de tensão determinados e cujo valor de frequência é dado por RC.

Como a carga do capacitor é feita por corrente constante, a tensão do capacitor tem a forma de uma rampa. Durante a descarga do capacitor, o oscilador fornece um pulso positivo de curta duração que ocasiona o Reset interno do CI, alterando a combinação da porta NOR e inibindo a saída. Uma realimentação (feedback) será necessária para informar ao operacional a situação na carga. Só então o operacional (ou o par deles) vai produzir uma tensão contínua denominada de tensão de erro.

O operacional destinado a produzir a tensão de erro necessita de um divisor resistivo externo que adequará o valor da tensão a ser comparada com a tensão de referência. Os amplificadores operacionais possuem alto ganho em frequências baixas, o que é desejável para a boa regulação da fonte. A seguir, comentaremos alguns circuitos integrados controladores de largura de pulso aplicados em No-Breaks.

Incorporação de um flip-flop que é usado como Latch. Durante a descarga do capacitor, o oscilador fornece um pulso positivo de curta duração que ocasiona o Reset do latch, fazendo mudar a condição da saída do flip-flop e inibindo as saídas. O latch é usado para armazenar o estado ou nível do comparador. Ao receber um pulso de clock, o latch vai para o estado zero até que a tensão de erro seja menor do que a tensão VC, quando então passa para nível alto e fica armazenando este nível até novo clock

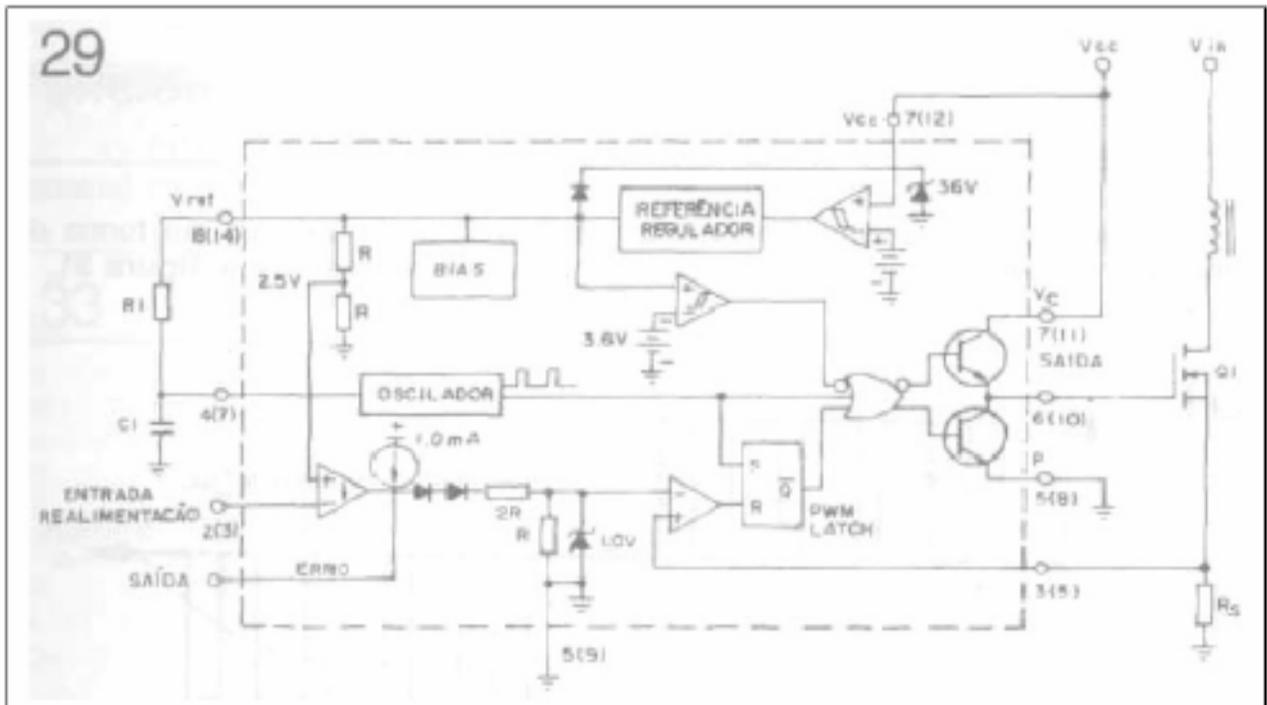
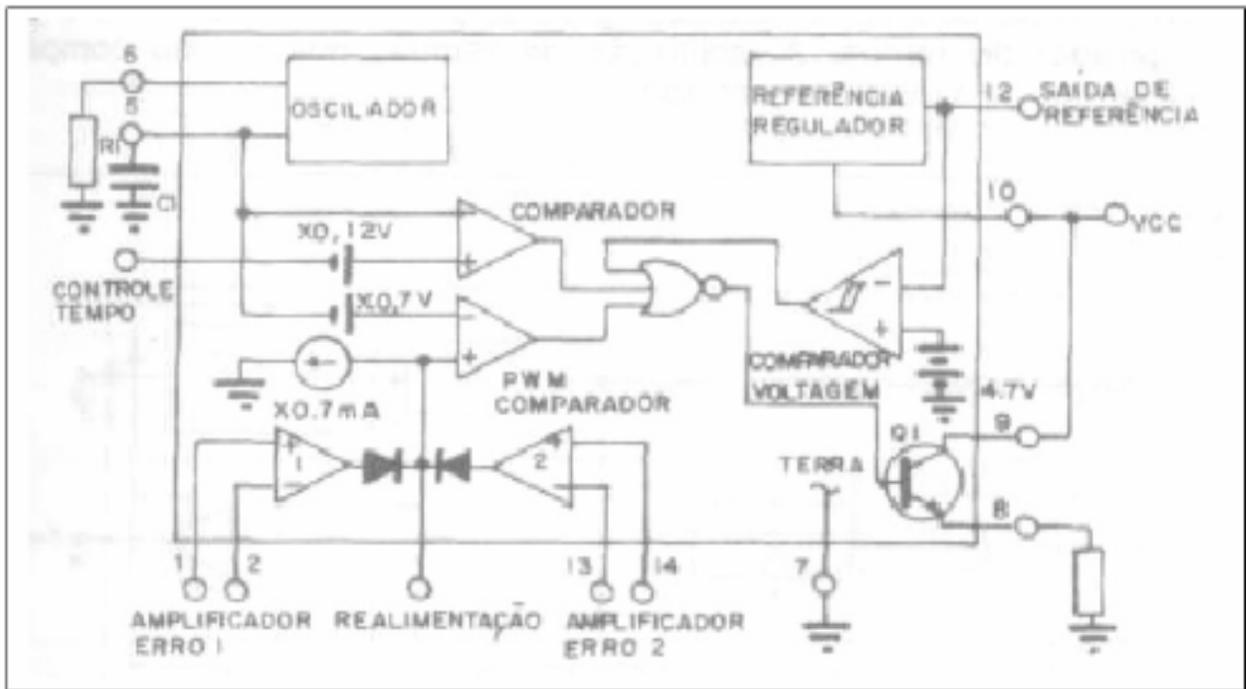


Figura 14: Controle em fonte Chaveada

Durante a descarga do capacitor, o oscilador fornece um pulso positivo de curta duração que ocasiona o Reset do latch, fazendo mudar a condição da saída do flip-flop e inibindo as saídas. O

latch é usado para armazenar o estado ou nível do comparador. Ao receber um pulso de clock, o latch vai para o estado zero até que a tensão de erro seja menor do que a tensão VC, quando então passa para nível alto e fica armazenando este nível até novo clock. Na figura abaixo está ilustrado um CI MC 34066. Ele é um PWM do tipo quase ressonante. Neste circuito, o oscilador gera os pulsos de clock para o latch e para o gerador de rampa. A inclinação da rampa, que vai ao comparador PWM, depende da tensão de entrada.

10.2. Filtragem da Tensão de Saída

Independente da estratégia de modulação aplicada ao inversor, a tensão presente na saída o braço inversor será constituída por pulsos rectangulares que variam entre uma tensão máxima e mínima. Para algumas aplicações, nobreaksb em estudo, a tensão chaveada ou comutada não é adequada à alimentação das cargas, pois apresenta grande distorção harmónica. Nesta situação é necessário usar se um filtro para diminuir ou eliminar as componentes harmónicas indesejadas. Desde que seja feita de forma apropriada, a modulação não introduz frequências harmónicas inferiores à fundamental. Desta forma, o tipo de filtro mais adequado aos inversores é o passa - baixa, eliminando as frequências harmónicas superiores à fundamental.

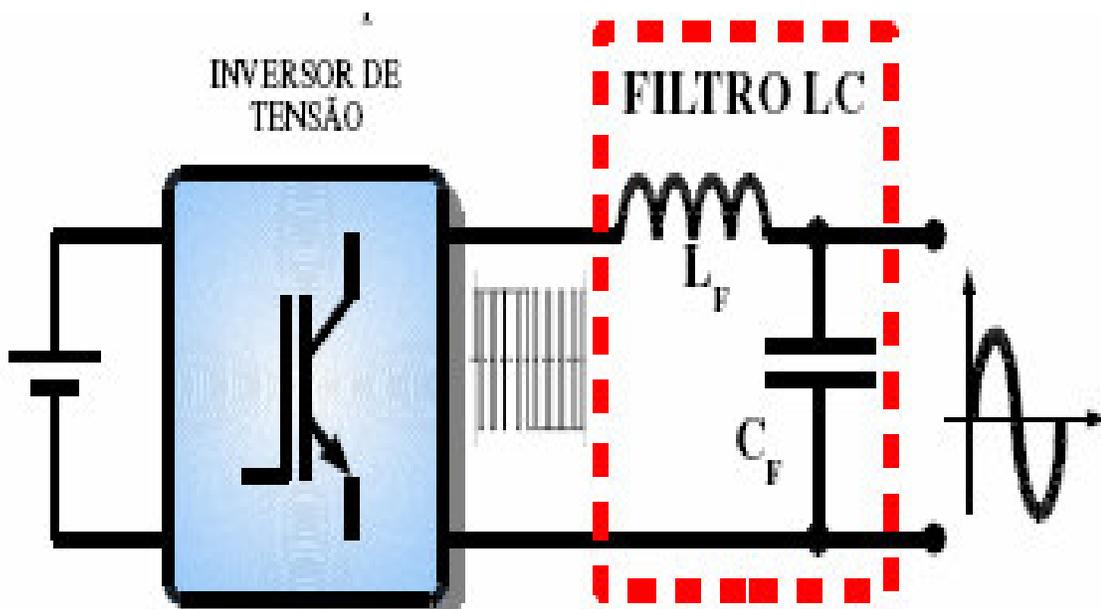


Figura 15: Filtro passa -baixa e seu efeito no espectro harmónico

Existem diversas tipos de filtros passivos passa - baixa, porém o filtro LC, de segunda ordem, é o mais difundido e utilizado. Esta topologia é utilizada por sua eficiência e baixo número de componentes. O filtro LC e seu comportamento em frequência podem ser vistos na Figura a cima.

A tensão de saída do inversor apresentava uma distorção harmónica da ordem de 96% antes da filtragem, passando para 0,2% após a filtragem. Há três factores importantes no projecto do filtro do inversor, que são: frequência de corte, regulação de tensão e corrente a vazio. A frequência de corte deve ser o mais baixa possível, porém superior à frequência de saída, para que o filtro não atenua a própria tensão de saída. A combinação paramétrica de L_f e C_f determina a frequência de corte do filtro da seguinte forma:

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_f \times C_f}} \text{ onde } f_o \text{ é a frequência de corte do filtro de saída.}$$

O circuito inversor é de fato o mais crítico, pois além de trabalhar com alta potência, envolve componentes mais sensíveis a estáticas tais como FET, tiristores e circuitos integrados. Antes de comentarmos os defeitos e suas causas, vamos abordar os procedimentos de testes dos componentes especiais tais como FET e tiristores.

11. ESTÁGIO CHAVE ESTÁTICA PARA NO BREAK

A chave estática é outro estágio do No-Break e constitui-se como um By- Pass para a carga. Ela é uma chave electrónica, sem contacto. Geralmente utiliza se transístores de chaveamento ou TRIAC ou pode se dizer também que é transfere a carga para a rede em caso de falha no sistema.

TRIAC foi um termo criado para identificar o comutador de corrente alternada que conta com três eletrodos, constituindo uma espécie de triodo semiconductor. É um triodo tiristor bidirecional que substitui as válvulas eletrônicas.

TRIAC conduz corrente em ambos os sentidos, conforme a polaridade do sinal no gatilho seja positiva ou negativa. O objetivo principal que levou à criação deste componente foi o de possibilitar um controle tecnicamente mais perfeito e mais económico da corrente alternada.

11.1. Símbolo e funcionamento

O símbolo do TRIAC, a sua configuração de cristais e sua equivalência em SCR.

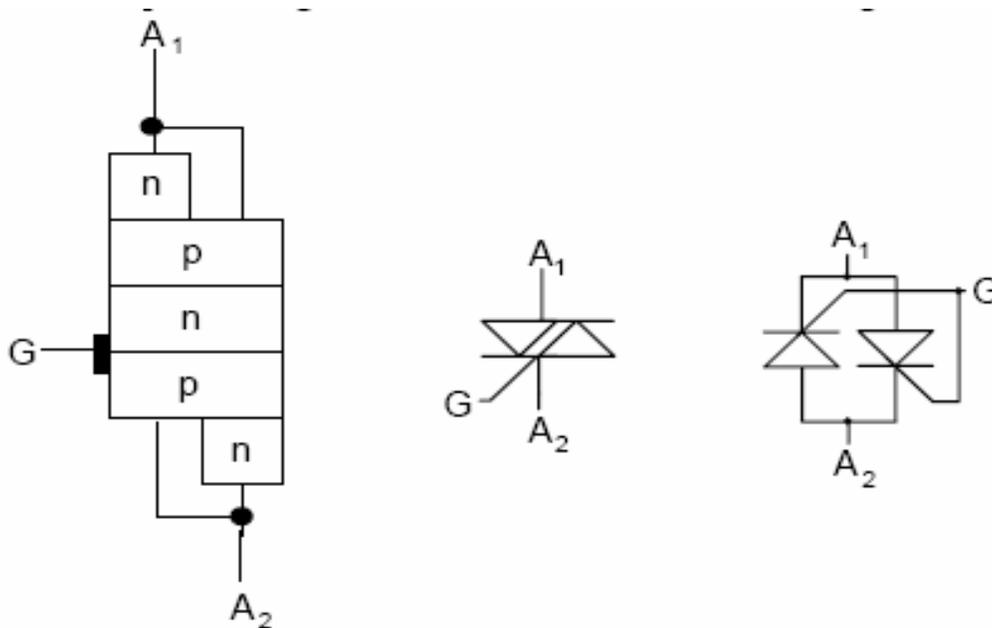


Figura 16: a) Estrutura do TRIAC; b) Símbolo do TRIAC; c) Circuito equivalente a 2 SCR's.

Devido ao fato de que a porta ou gatilho pode ser disparada tanto por pulsos positivos quanto por pulsos negativos, a porta está conectada a ambas as regiões P e N.

Há quatro modos possíveis de operação com um TRIAC

- A1 positivo em relação a A2, porta positiva.
- A1 positivo em relação a A2, porta negativa.
- A2 positivo em relação a A1, porta positiva.
- A2 positivo em relação a A1, porta negativa

11.2. Transistor como chave no no braek

O transistor bipolar depende da sua polarização para poder operar, há três possibilidades de fazer um transistor operar: na região aquiescente, no corte ou na saturação. Para uma corrente de base pequena, temos o estado do corte. Para uma elevada corrente de base, temos o estado da saturação.

Nos transistores de potência, com exceção dos amplificadores, o transistor é polarizado para operar exclusivamente nos estados de corte e saturação. Deste modo, tanto o processo de fabricação (que dimensiona o substrato para suportar tensões, correntes, potências e temperaturas

elevadas) quanto a polarização (corte/saturação), determinam os parâmetros para os transistores de potência.

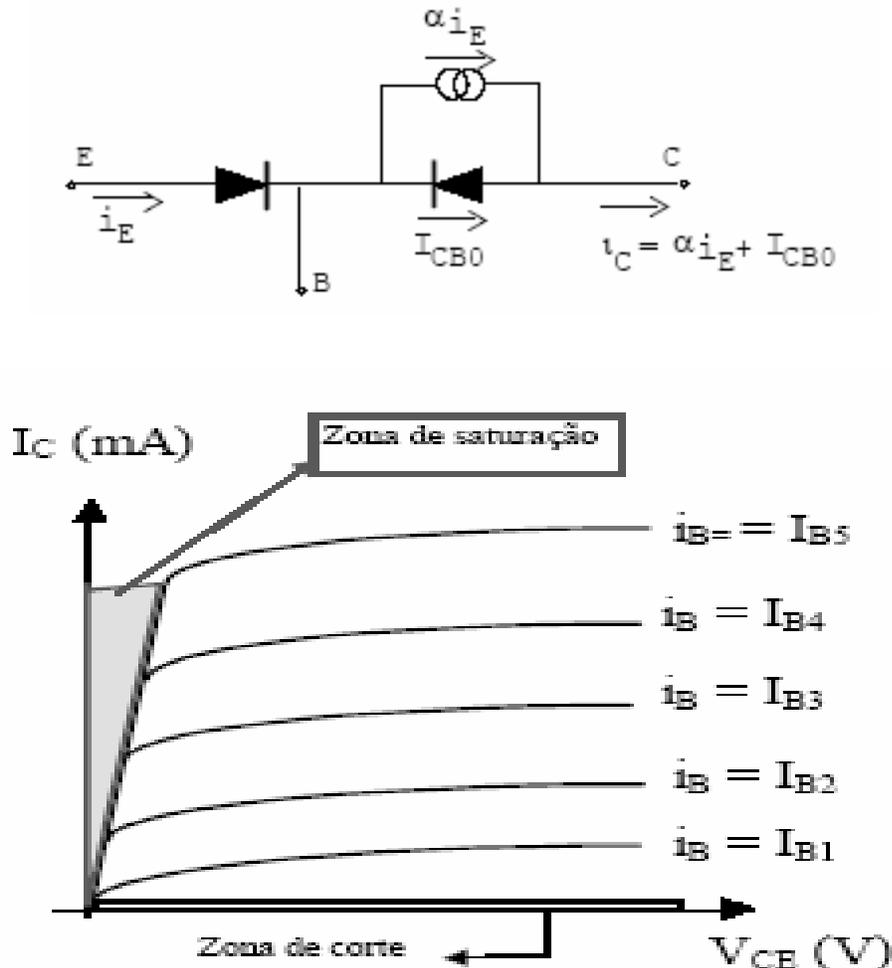
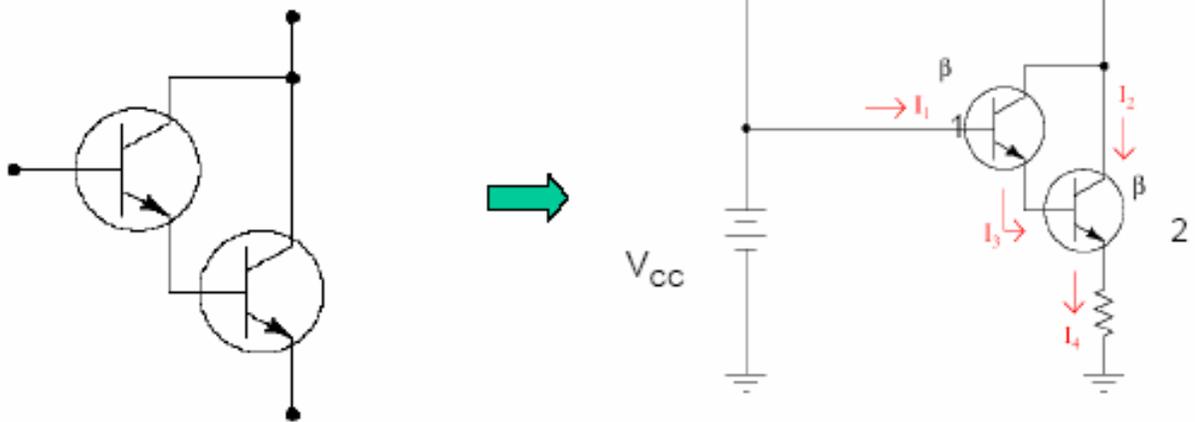


Fig.ura 17: Curvas características de saída de um transistor *npn*.

$$i_c = \beta i_b : i_E = (\beta + 1) i_b : \beta = \frac{\alpha}{1 + \alpha}$$

12. DARLINGTON

Um dos maiores inconvenientes dos transistores bipolares de potência é o ganho estático. A configuração Darlington resolve este problema. O ganho de corrente é aumentado pelo fato de termos dois transistores montados em um só substrato. Os resistores R1 e R2 (também internos) diminuem a amplificação das correntes de fuga coletor-base no estado de corte.



Um caminho fácil de aumentarmos efetivamente o ganho de corrente de um transistor é colocar em modo cascata dois transistores em uma configuração “Par Darlington com: Alta impedância de entrada $Z_{ent} = \beta \cdot R_E$.O par Darlington opera como um único transistor com ganho entre

$$1000 \text{ e } 20000. \quad I_4 = I_3 \times \beta_2 = I_1 \times \beta_1 \times \beta_2$$

13. FILTRO

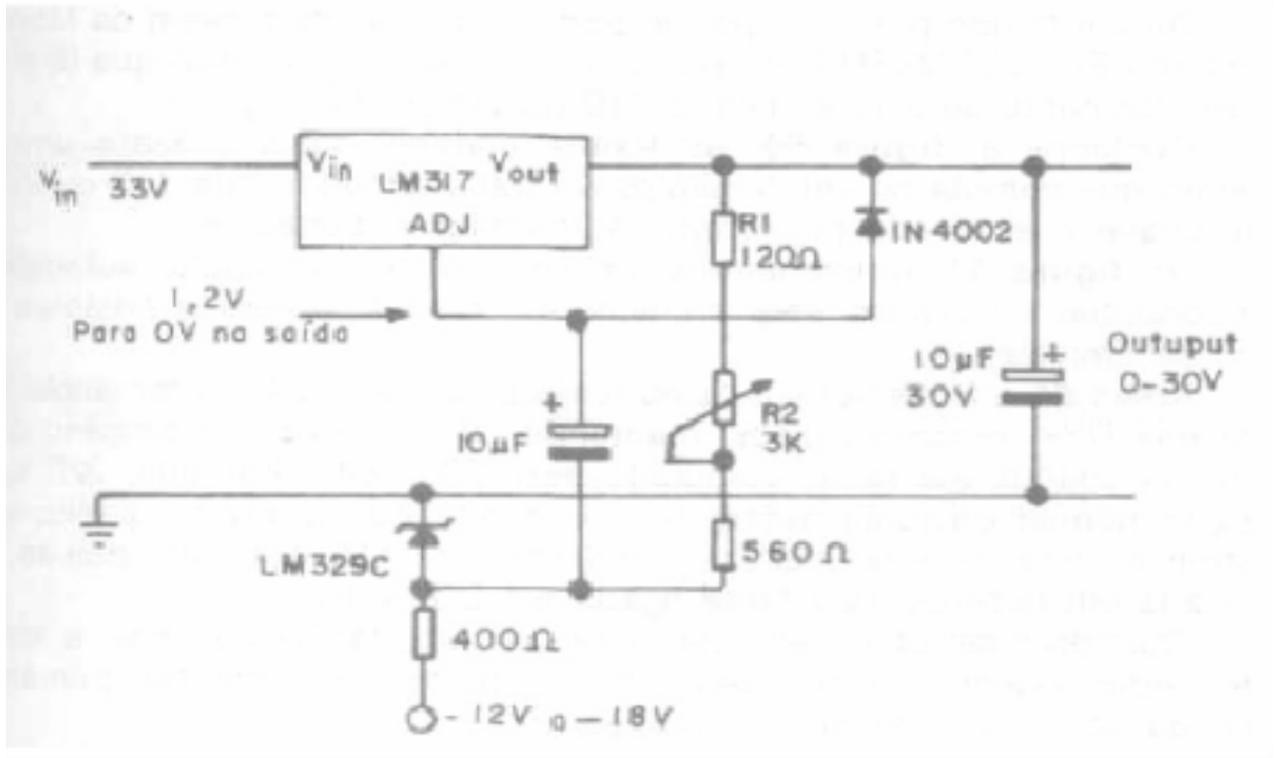
Apesar de a própria bateria e o inversor efectuarem a filtragem da rede contra transientes (picos e ruídos de tensão), muitos modelos utilizam filtros na saída do inversor, com o objectivo de "limpar" plenamente a tensão de alimentação, há 3 tipos de filtros passivos:

- a) Filtro indutivo;
- b) Filtro em Pi (nome derivado da letra grega π);
- c) Filtro tipo T com dois indutores e um capacitor.

13. CARREGADOR DE BATERIAS

Faz parte do circuito do No-Break, o carregador é uma fonte de tensão regulada, um CI muito comum encontrado em No-Breaks da marca EKSI Internamente, ele possui um circuito de protecção, um gerador de corrente e um operacional configurado como comparador.

O transistor FET foi colocado com o propósito de referenciar o regulador automaticamente. Quando não se usa o FET, é necessário colocar um trimpot e um diodo zener



13.1. Fonte bi-voltagem

Sabe-se que se uma fonte de alimentação for conectada em uma rede de tensão superior, queima-se grande parte dos seus elementos (transformador, diodos, mais).

De um tempo para cá, grande parte dos aparelhos saem da fábrica com o sistema BI-VOLTAGEM, ou seja, com o sistema automático que lê e identifica eletricamente se a rede local é 220 volts como acontece com EKSI..

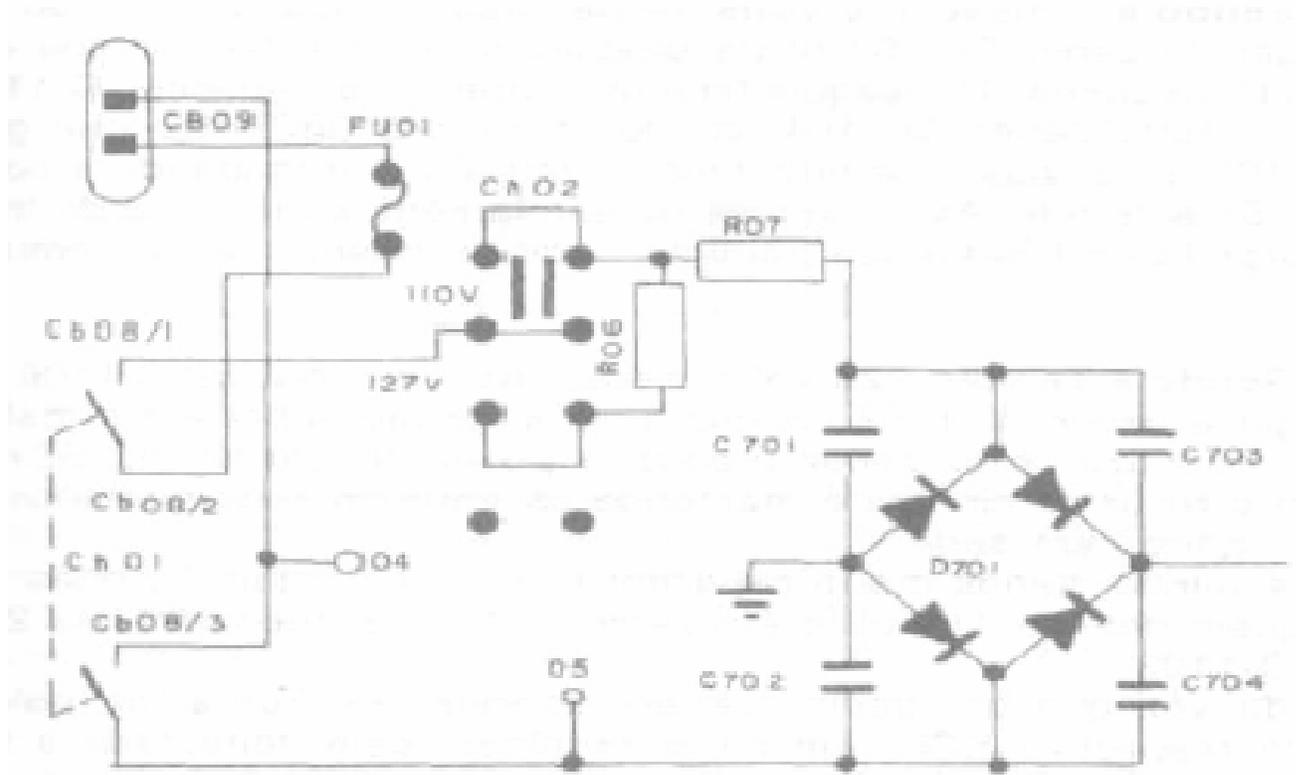
A fonte convencional no EKSI utiliza uma chave selectora que comuta os enrolamentos do transformador para 220 volts. Esta chave é eliminada no sistema automático bi-boltagem.

A comutação automática é feita por componentes como, capacitores, diodos zeners e tiristores (SCR), além de um relê.

Antes de a fonte ser ligada á rede CA, os terminais 3-2 e 7-6 do relê RY-1 estão fechados, mantendo os enrolamentos primário do transformador ligados em série, comutado para 220 volts.

Portanto, 220 volts é a posição normal da fonte automática, evitando que qualquer defeito venha a destruir a fonte, um defeito poderia colocá-la em risco se esta fosse ligada em 220 volts.

Quando ligamos o cabo de força CA da rede, a tensão da rede, independente do seu valor, passa pelos enrolamentos primários e é aplicada no circuito detector de voltagem. Esta tensão, 220 volts e é rectificada pelos diodos.



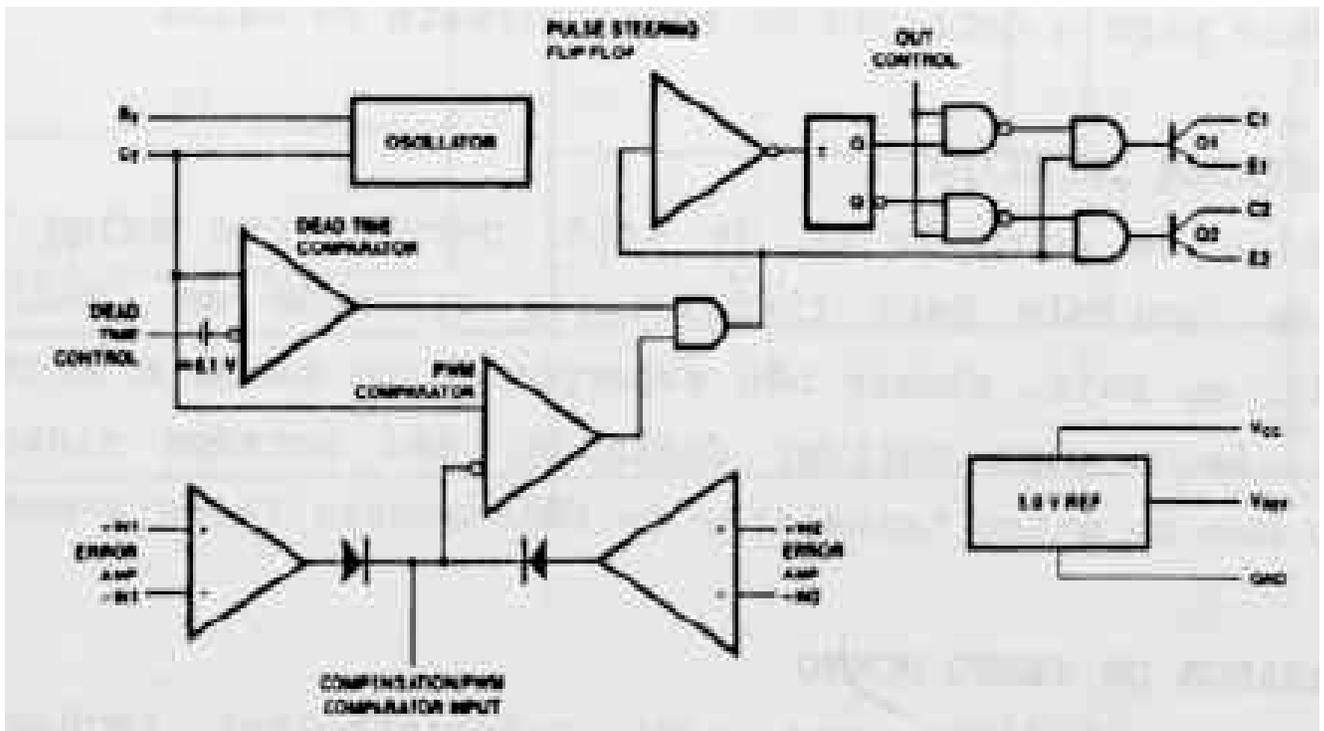


Figura19: Circuitos integrados de controle PWM, TL494 utilizado na construção

Oscilador dente-de-serra

O oscilador dente-de-serra interno é programável, sendo a frequência determinada por um capacitor C_T e um resistor R_T externos. A escolha de C_T e R_T para uma dada frequência de chaveamento é feita de um gráfico fornecido pelo fabricante

$$f_{osc} = \frac{1,1}{R_r C_r}$$

As fontes chaveadas são divididas em vários tipos: Buck, Boost, Flyback, Cuk e mais.

Flyback. Em todas as configurações, quando o transistor satura, a energia (corrente) está sendo armazenada pelo indutor através da tensão primária V_E . Quando o transistor corta, os diodos conduzem a corrente armazenada no indutor, transferindo a potência para a saída. Quando o transistor conduz, a fonte fornece a corrente para o indutor. Quando o transistor corta, essa corrente é transferida para o capacitor e a carga. Isto é um exemplo do que ocorre no Flyback.

No Flyback, a tensão de saída tem a polaridade oposta à tensão de entrada. A seguir, estudaremos os principais tipos de fontes chaveadas.

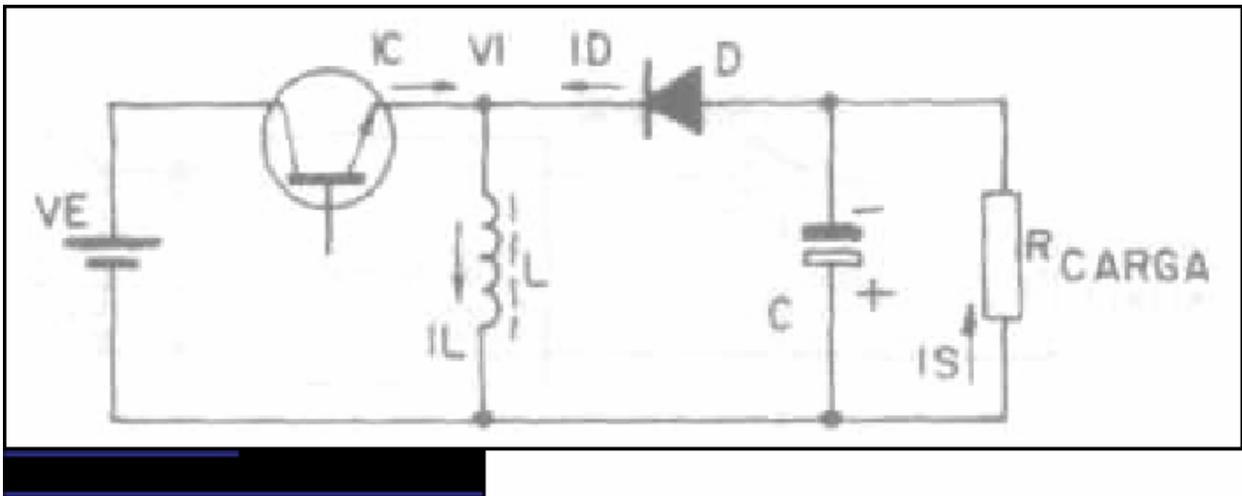


Figura20 : Noflyback

Buck As fontes denominadas de conversores BUCK são as mais utilizadas actualmente, devido às suas boas características. Seu funcionamento baseia-se no armazenamento de corrente pelo indutor e tem a tensão de saída dependente da amplitude e largura dos pulsos

Pelo capacitor circula a parte alternada da corrente e pelo resistor circula a parte contínua. O capacitor em paralelo com a carga serve para diminuir o ripple. É muito importante que o valor do capacitor esteja muito bem dimensionado, pois uma pequena alteração de valor pode provocar transiente de tensão e este transiente pode accionar os circuitos de protecção, gerando problemas na fonte.

A tensão de erro V_c é dada por: $V_c = \left[1 \frac{R_2}{R_1} \right] V_s - \frac{R_2}{R_1} V_{ref}$

$V_c = \frac{R_1}{R_2} [V_s - V_{ref}]$ onde a resistência R é dada Por: $R_3 = R_2 // R_1$

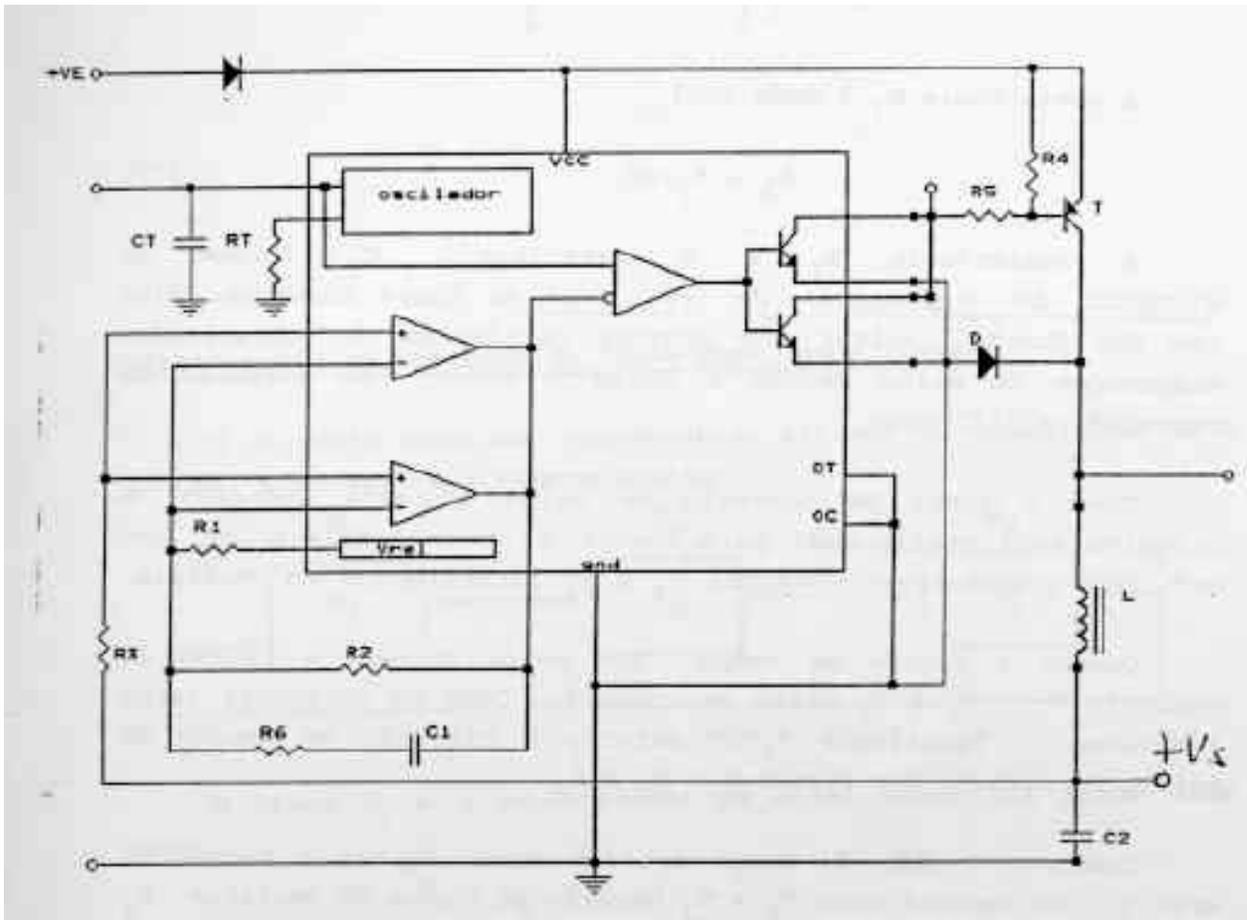


Figura 21: CIRCUITO BUCK COM O TL494

Boost a fonte conversora BOOST é semelhante ao FLYBACK, quando o transistor satura, uma corrente circula pelo indutor, que armazena energia para fornecer à carga, quando o transistor entrar no corte.

Todas estas fontes chaveadas acima citadas geram muito ruído, devido às formas de onda serem rectangulares, além das harmónicas das altas frequências (são irradiadas através do meio ambiente e pelos cabos). É por isso que se torna necessário um circuito de filtragem e de controle.

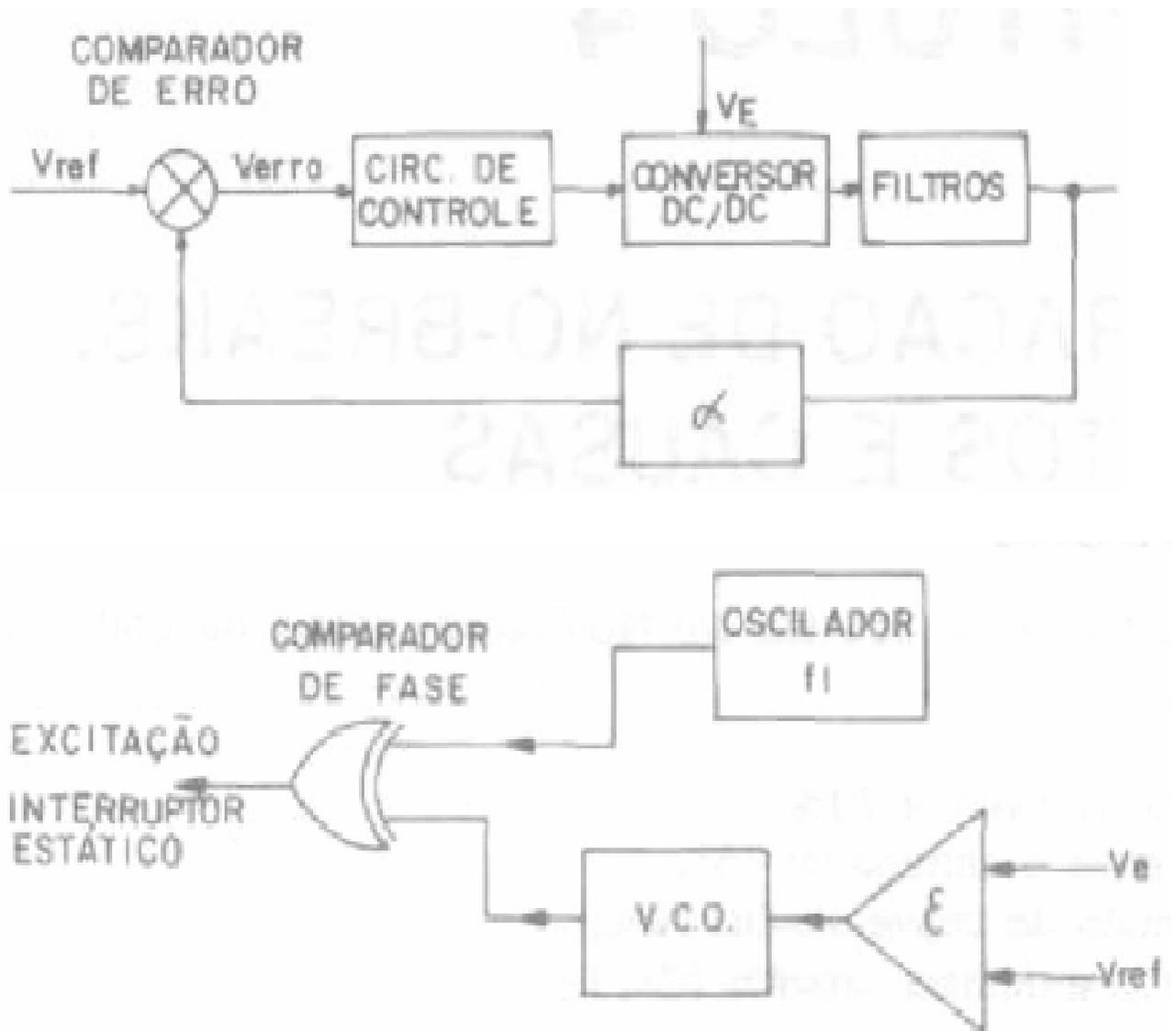


Figura 22: PLL, Phase Locked Loop, que significa elo de fase travada

Três Sistema de saída do UPS 10-200KVP e especificação dos cabos em mm²

Capacidade	Entrada					Saída				Bateria	
	R	S	T	N	E	R	S	T	N	+	-
EKSS10	6	6	6	6	6	6	6	6	6	10	10
EKSS15	6	6	6	6	6	6	6	6	6	10	10
EKSS20	6	6	6	6	6	6	6	6	6	10	10

EKSS30	10	10	10	10	10	10	10	10	10	20	20
EKSS40	16	16	16	16	16	16	16	16	16	30	30
EKSS50	25	25	25	25	25	25	25	25	25	50	50
EKSS60	25	25	25	25	25	25	25	25	25	50	50
EKSS80	40	40	40	40	40	40	40	40	40	80	80
EKSS100	50	50	50	50	50	50	50	50	50	100	100
EKSS120	60	60	+60	60	60	60	60	60	60	120	120
EKSS160	75	75	75	75	75	75	75	75	75	150	150
EKSS200		100	100	100	100	100	100	100	100	200	200

14. CONCLUSÃO

Foi apresentada neste artigo uma visão geral e comparativa das topologias principais para o estágio rectificador utilizado em fontes ininterruptas de energia. Deve ficar claro que não existe uma solução única para um determinado produto. Cabe ao projectista fazer as escolhas que agreguem o maior número de benefícios ao equipamento. Como é o caso do fabrica de EKSI. As informações contidas neste trabalho ajudam a distinguir os diferentes modos de construção destas topologias e os impactos de cada uma. Quanto mais confiáveis a topologia do estágio rectificador, maior será o tempo médio entre falhas do conjunto (MTBF).

Por tudo que foi apresentado no trabalho, o desafio principal é o de conciliar confiabilidade e performance técnica como esta mostrado no trabalho, fornecendo benefícios que tragam ao usuário, tais como: alto MTBF, elevado factor de potência de entrada ($>0,92$) e para EKSIO factor de potencia é de 0.8.

Ainda neste trabalho de investigação sobre EKSI foram apresentadas algumas das principais topologias de inversores utilizados nas fontes ininterruptas, conhecidas como nobreaks. Os nobreaks do tipo on-line dupla conversão são identificados por duas conversões de energia. Os inversores formam o segundo estágio de conversão de energia, de CC para CA. O primeiro estágio, de CA para CC, é uma tarefa dos rectificadores. Algumas diferenças entre as topologias utilizadas em nobreaks monofásicos foram apresentadas de forma comparativa. Estas topologias são escolhidas de acordo com alguns factores como potência, limites de esforços de tensão e corrente nos interruptores, peso e volume. Também foram apresentadas algumas das formas de se obter inversores trifásicos, sendo utilizados em nobreaks com ou sem transformador isolador. A modulação PWM foi abordada de forma simples, para ilustrar como funciona este esquema de modulação amplamente utilizado em nobreaks com saída senoidal. Além disso, abordou-se a filtragem da tensão na saída do inversor, eliminando-se os componentes harmónicos indesejados para que seja entregue à carga apenas uma tensão puramente senoidal.

15. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Manual do No Break EKSI: Disponível na Central Eléctrica do Aeroportos Internacional de Maputo.

http://www.NoBreakEKSI.com.br/upl/artigo_16.pdf: Capturado no dia 20 de Novembro 2010, pelas 14 horas e 32 minutos da tarde.

http://www.NoBreakEKSI/Rectificador/Inversor.com.br/upl/artigo_16.pdf: Capturado no dia 22 de Novembro 2010, pelas 12 horas e 06 minutos da tarde.

NBR 15014:2003 – Conversor e semiconductor – Sistema de alimentação de potência ininterrupta, com saída em corrente alternada (nobreak) – Terminologia.

BARBI, I., Eletrônica de Potência – Florianópolis – Edição do Autor

A. S KASSATKIN: *Fundamentos da Electrotecnia*, 2ª Edição, Mir editora Moscovo, 1984, pp.(114 à 121) e (179 à 182)

M. DOURIAU & F. JUSTER: *Construção de pequenos transformadores*, 1ª Edição, Lisboa, porto Editora, (9 à 76)

PADILHA, António. J. Gil: *Electrónica Analógica*, 2ª Edição, Editora McGRAW-HILLde Portugal, 1990, pp (74 à 111)

MILLMAN, JACOB PH D: *electrónica” dispositivos e circuitos*, Volume 1, São Paulo, 1911, pp. (68 à 73).