

Capítulo 2: Proposta de um Novo Retificador Trifásico

“O mecanismo do descobrimento não é lógico e intelectual. É uma iluminação subterrânea, quase um êxtase. Em seguida, é certo, a inteligência analisa e a experiência confirma a intuição. Além disso, há uma conexão muito forte com a imaginação. A imaginação é mais importante que o conhecimento.”

Albert Einstein (1879 - 1955)

2.1. Apresentação

Neste capítulo é apresentado um novo retificador trifásico, concebido de forma a apresentar Fator de Potência elevado e diminuir a Taxa de Distorção Harmônica da corrente de entrada em comparação com o retificador trifásico básico.

Devido a dificuldade de se descrever com exatidão o processo intuitivo da descoberta, esta apresentação será descrita a partir de uma lista contendo características básicas a serem alcançadas e através de comparações com circuitos apresentados no capítulo anterior.

2.2. Desenvolvimento do Novo Retificador Trifásico

Conforme visto no capítulo anterior, diversas propostas de novas topologias tem sido apresentadas, cada qual com suas vantagens e desvantagens. Através de uma análise crítica de tais topologias, alguns pontos emergem como interessantes para serem reunidos em um novo retificador trifásico, pontos esses descritos na Tabela 2-1.

Voltando-se a atenção ao primeiro item da Tabela 2-1, mostra-se na Figura 2-1 o retificador trifásico básico no qual coloca-se um indutor em série com cada uma das fases de alimentação, já apresentado no capítulo anterior (item 1.7.1). Este retificador apresenta as formas de onda da corrente em cada uma das fases como ilustrado na Figura 2-2. Examinando-se tal figura, nota-se que há intervalos periódicos nos quais a corrente em cada fase permanece nula, sendo tais intervalos equivalentes a 30° do período total da oscilação senoidal da rede. Estas situações correspondem a intervalos nos quais há somente dois diodos em estado de condução, conforme relacionado em cada corrente na Figura 2-2.

Tabela 2-1: Características desejadas em um novo retificador trifásico.

	Característica	Motivação
I	Indutores com indutância elevada em série com cada uma das fases.	Melhorar a confiabilidade do circuito no caso de eventuais curto—circuitos.
II	Interruptores semicondutores comandados em baixa frequência.	1) Facilitar a implementação do circuito de comando. 2) Reduzir o custo. 3) Reduzir as perdas de comutação.
III	Correção do Fator de potência por meio de interruptores auxiliares, que não processam a potência total do conversor	Reduzir as perdas de condução
IV	Alimentação a “três fios”, ou seja, sem conexão de potência ao “neutro” do sistema trifásico.	1) Ausência de correntes de neutro; 2) Eliminar automaticamente as componentes de 3 ^a harmônica na corrente de entrada.

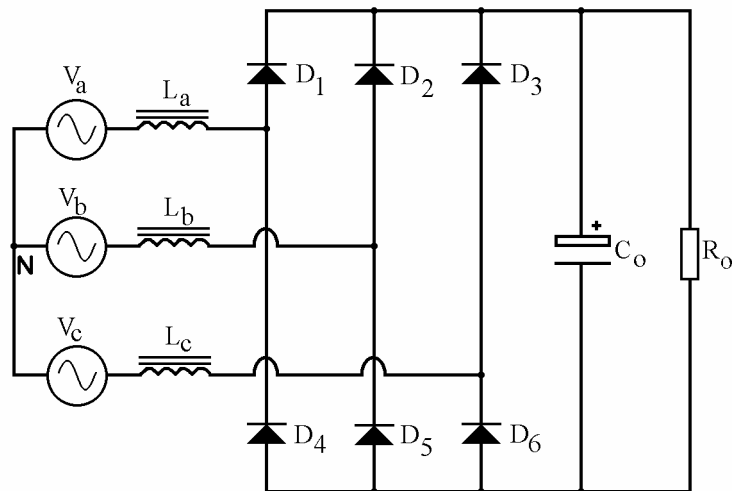


Figura 2-1: Retificador Trifásico com indutores em cada uma das fases.

Tomando-se por exemplo a tensão $v_a(t)$ na Figura 2-2, verifica-se que no intervalo inicial de 30° tem-se tal tensão positiva, mas somente os diodos conectados às outras fases (D_2 e D_6) estão em condução. O diodo D_1 , que está ligado à fase “A”, só entra em estado de condução a partir do instante no qual o valor instantâneo de $v_a(t)$ torna-se maior que $v_b(t)$.

Voltando-se agora para a segunda característica desejada, de se ter um circuito no qual os interruptores semicondutores sejam comandados em baixa frequência, verifica-se que esta estratégia foi aplicada ao retificador apresentado por FAGUNDES, CRUZ & BARBI [13], mostrado no capítulo anterior. Naquele circuito cada um dos interruptores bidirecionais é

comandado à condução durante intervalos equivalentes a 30° , período este onde se teria, no retificador trifásico da Figura 2-1, corrente de entrada nula. O problema do circuito de [13] é que tais interruptores estão ligados ao ponto neutro do sistema trifásico e, como consequência, produzem-se sobretensões indesejáveis nos terminais dos interruptores. Por outro lado, naquela proposta a estratégia de comando dos interruptores bidirecionais fazia com que o Fator de Potência fosse significativamente incrementado em relação ao retificador trifásico apenas com indutores na entrada, sendo que tais interruptores tem característica de potência muito menor que a potência de saída do conversor. Assim, este retificador atende o requisito de apresentar reduzidas perdas por comutação, listado como terceiro item na Tabela 2-1.

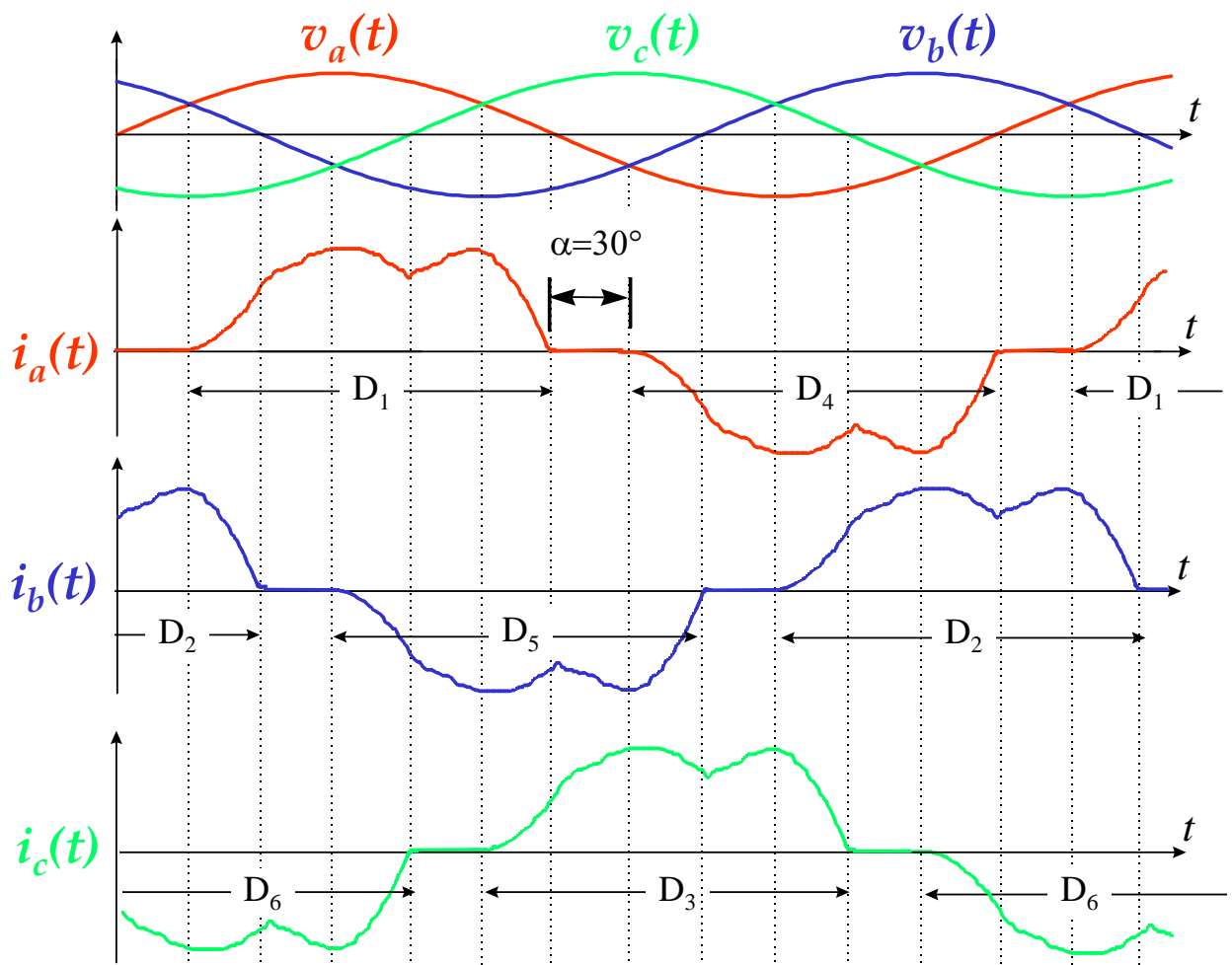


Figura 2-2: Tensões fase—neutro e correntes de entrada de um retificador trifásico dotado de indutores em série com cada uma das fases.

Levando em conta o quarto requisito da Tabela 2-1, tem-se a atenção voltada ao retificador apresentado por KOLAR & ZACK [15], já mostrado no capítulo anterior e cujo circuito é repetido na Figura 2-3. Não há, neste circuito, conexão ao neutro do sistema trifásico, como desejado; os interruptores, no entanto, são comandados em alta frequência, através de

modulação PWM.

Frente ao que foi exposto, verifica-se que as quatro características listadas na Tabela 2-1 podem ser alcançadas através de uma combinação do retificador apresentado por FAGUNDES, CRUZ & BARBI [13] com o apresentado por KOLAR & ZACK [15]. Ou seja, propõe-se usar a topologia com três interruptores bidirecionais conectados ao ponto central entre os dois capacitores de saída de [15], conforme a Figura 2-3, já que a mesma é alimentada a “três fios”, ou seja, sem conexão de potência ao “neutro” do sistema trifásico. Porém, em vez de se comandar tais interruptores através de modulação PWM em alta frequência, os mesmos serão acionados por meio de um esquema de comando em baixa frequência como feito em [13].

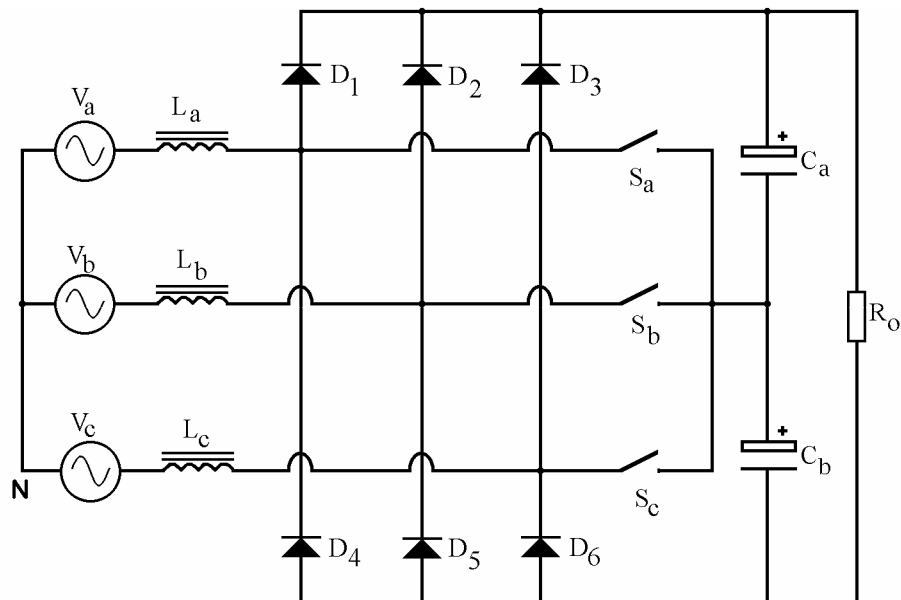


Figura 2-3: Circuito do Novo Retificador Trifásico proposto, com topologia semelhante à apresentada por KOLAR & ZACK [15], mas com comando dos interruptores conforme FAGUNDES, CRUZ & BARBI [13].

A Figura 2-4 mostra o esquema de comando proposto. Cada um dos interruptores bidirecionais é comandado a conduzir no exato instante em que a respectiva tensão fase—neutro atinge o valor nulo, permanecendo nesta condição por um intervalo correspondente a 30° , representado como α . Tem-se portanto um caminho alternativo para a corrente elétrica nesses intervalos, através do respectivo interruptor bidirecional. Como consequência, é válido supor que, uma vez que não mais se tem os intervalos de corrente nula, o ângulo de defasamento da corrente em relação à tensão será significativamente menor do que aquele que se tinha no retificador trifásico apenas com filtro indutivo no lado AC. Da mesma forma, eliminando-se a descontinuidade representada pelos intervalos periódicos de corrente nula, o valor da Taxa de

Distorção Harmônica da corrente deve também diminuir. Ou seja, o novo retificador deve, ao que tudo indica, apresentar Fator de Potência elevado.

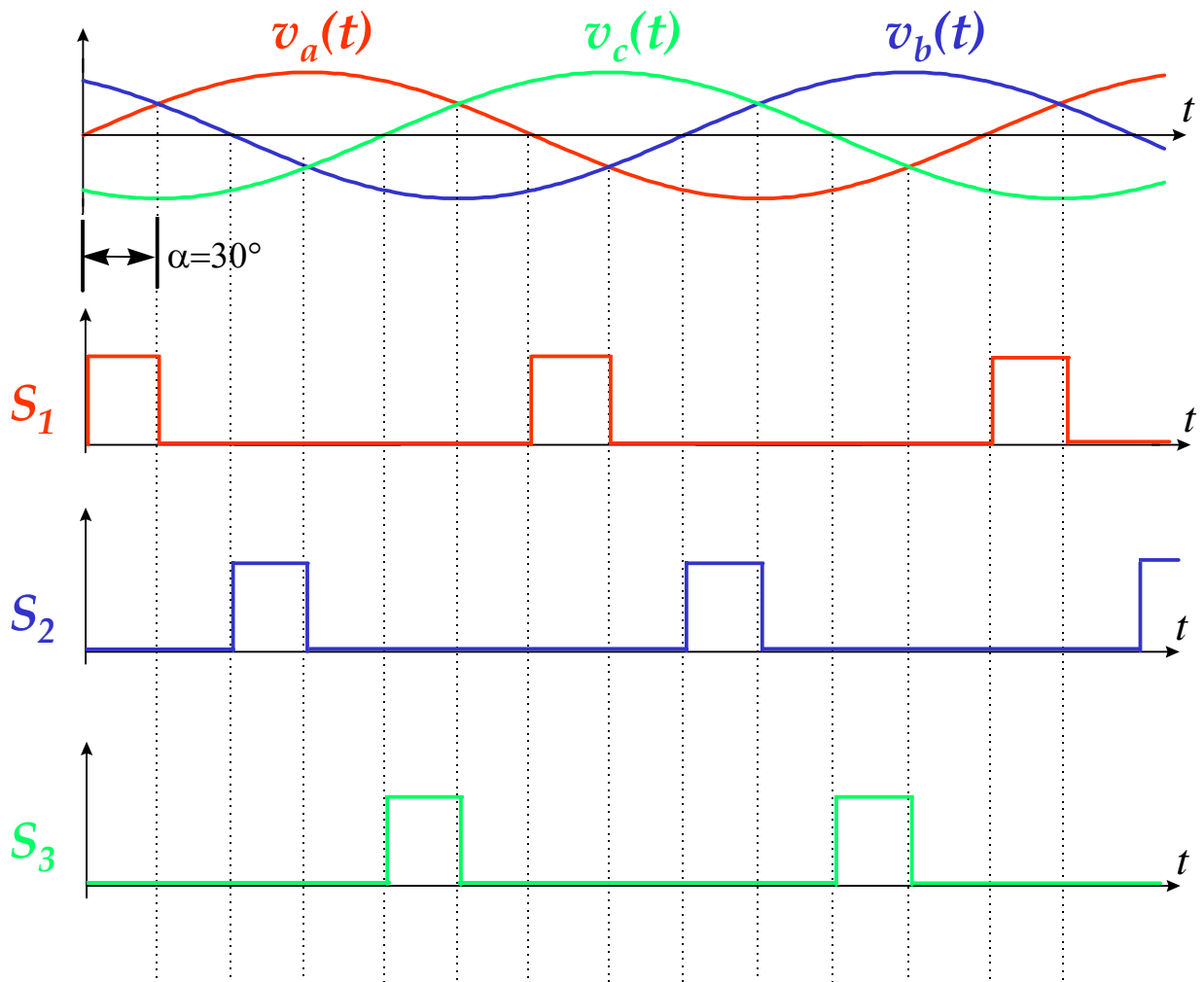


Figura 2-5: Tensões fase—neutro e pulsos de comando dos interruptores bidirecionais no retificador trifásico proposto.

2.3. Conclusões

Foi proposto neste capítulo um novo retificador trifásico, reunindo as seguintes características:

- Presença de indutores em série com a alimentação trifásica, fato que confere robustez à estrutura na hipótese de curto-circuito.
- Esquema de comando dos interruptores em baixa frequência, de modo a facilitar a implementação prática do circuito de comando. O uso de baixa frequência tem ainda notáveis implicações na redução do custo de construção do retificador, principalmente no tocante aos dispositivos semicondutores.
- Ausência da conexão ao “neutro” do sistema elétrico, o que garante automática eliminação

das componentes de 3^a harmônica na corrente de entrada do circuito.

- É de se supor, com base no comportamento de outros circuitos retificadores trifásicos estudados, que o circuito proposto apresentará um pequeno ângulo de deslocamento da corrente de entrada em relação à tensão e reduzida Taxa de Distorção Harmônica da corrente. Conseqüentemente, o Fator de Potência do retificador deve ser elevado.
- Uma vez que cada um dos interruptores bidirecionais permanece em estado de condução somente durante $\frac{1}{6}$ de cada período, as perdas de condução e a potência envolvida na comutação é muito menor que a potência total processada pelo retificador trifásico.

Na seqüência será efetuada a análise matemática do circuito proposto, visando determinar parâmetros de funcionamento e de modo a se poder verificar suas reais características no tocante ao Fator de potência e à Taxa de Distorção Harmônica da corrente de entrada.