

ESTABILIZADOR DE TENSÃO

Parte 1

Engº Antonio Figueira
www.antoniofigueira.com.br

Prezados Leitores,

Nesse quarto artigo vamos analisar o funcionamento e mostrar as características técnicas dos sistemas estabilizadores de tensão. O estabilizador de tensão também é denominado de regulador de tensão ou condicionador de energia. A função do estabilizador de tensão é corrigir as variações e oscilações de tensão, filtrar e ou minimizar alguns ruídos elétricos e proteger as cargas das descargas elétricas e atmosféricas.

O estabilizador de tensão tem muitas aplicações que dificilmente será substituída por outro equipamento. Segundo os especialistas em energia, o estabilizador deverá permanecer no mercado por muitos anos. Ele tem mostrado muito eficiente nas aplicações as quais são indicadas. Outro fato que contribui para o sucesso de venda dos estabilizadores é o seu preço, que é relativamente baixo quando comparado com outros sistemas de energia.

No mercado brasileiro o usuário encontra estabilizador de tensão de uso doméstico e de uso profissional. O estabilizador de uso doméstico é do tipo monofásico, a tensão de trabalho pode ser de 120 Vca ou 220 Vca. A potência máxima dificilmente ultrapassa os 2000 VA. A faixa de correção da tensão de entrada é de $\pm 15\%$ do valor nominal. Por exemplo, um estabilizador de 120 Vca a tensão de entrada pode variar de 102 Vca a 138 Vca que a tensão de saída será mantida em 120 Vca. O estabilizador de uso doméstico em geral não possui transformador isolador, não tem sensores de: sobrecorrente, sobretensão e subtensão. Também não tem instrumento para medir grandezas elétricas. Por isso que esse tipo de estabilizador é vendido muito barato.

O estabilizador de tensão profissional pode ser do tipo monofásico ou trifásico, o equipamento possui transformador isolador, a potência pode atingir até 1000 kva, a faixa de correção da tensão de entrada em média é de $\pm 20\%$. O equipamento possui sensores de tensão e corrente, instrumentos para medir grandezas elétricas com display LCD.

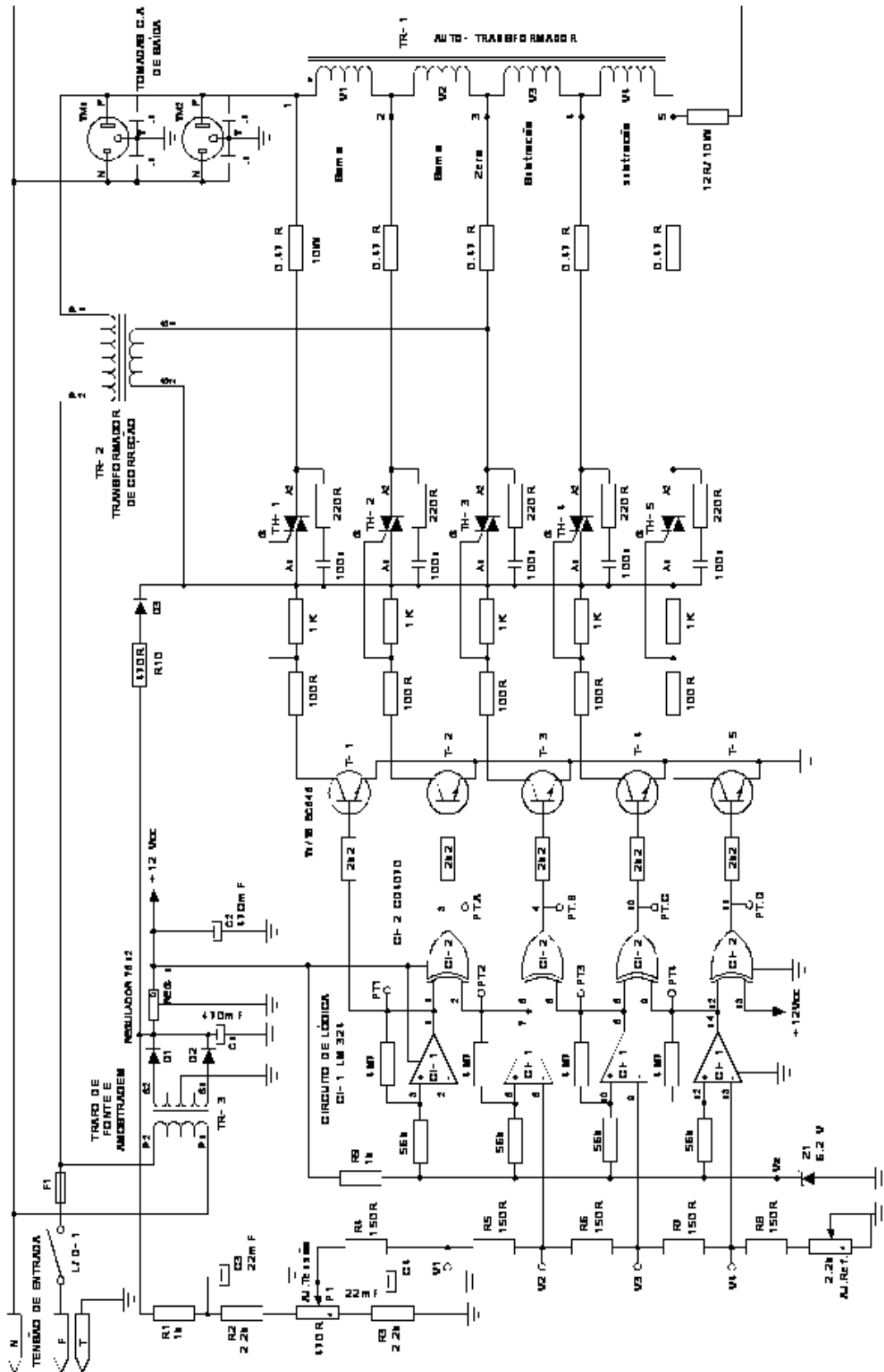
A estimativa que metade dos fabricantes brasileiros de estabilizadores ainda utiliza circuitos integrados discretos e ou dedicados. Mas é muito provável que até o ano de 2010 todos os estabilizadores fabricados no Brasil já são microcontrolados. Essa tecnologia permite a construção de estabilizadores mais eficientes, com boa regulação dinâmica e estática e além os equipamentos ficam compactos. A comunicação entre usuário e equipamento é via software, ele possui log de evento interno que registra todas as operações. A calibração e a monitoração do equipamento é feita via software que pode ser instalado num note book ou microcomputador.

Os projetistas de estabilizadores de tensão desenvolveram três métodos de correção, que são: o método núcleo saturado ou ferro-ressonante, o controle por fase ou controle angular e a correção por degrau de tensão ou tap changer. A partir desses três métodos foram desenvolvidas várias configurações ou derivações. É importante ressaltar que as configurações criadas até hoje sempre mantiveram a filosofia de funcionamento do método original. Pode-se dizer que o diferencial entre os fabricantes de estabilizadores é o circuito de controle.

No quadro abaixo são mostradas as características principais de cada método com seus os pontos positivos e negativos. O objetivo é orientar o usuário na escolha do estabilizador de tensão que atende as suas necessidades.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DOS MÉTODOS			
CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS	NÚCLEO SATURADO	CONTROLE POR FASE	CONTROLE POR DEGRAU
Regulação	Boa	Excelente	Muito boa
Resposta dinâmica	Regular	Rápida	Rápida
Faixa de regulação média	$\pm 20\%$	$\pm 20\%$	$\pm 25\%$
Rendimento	60% a 70%	75% a 85%	98%
Fator de Potência médio	0.65	0.70	0.98
Alimenta qualquer tipo de carga	Não há restrições	Há restrições	Não há restrições
Gera distorção harmônica	Não	Sim	Não
Precisão no ajuste da tensão de saída	Excelente	Excelente	Média de $\pm 2\%$
Dissipação térmica	Elevada	Baixa	Baixa
Forma da onda senoidal de saída	Com deformação	Com deformação	Normal
Potência máxima *	20 kva	300 kva	1000 kva

* A dimensão do equipamento é um fator que limitada também à potência máxima



A figura 1 mostra o esquema elétrico básico de um sistema estabilizador de tensão com correção por degrau de tensão. Na tabela 1 são mostrados o fechamento (F) e a abertura (A) das chaves que ligam e desligam os enrolamentos do autotransformador de correção. Na tabela 2 são mostrados os estados lógicos binário gerados pelo circuito de controle para aciona o fechamento e aberturas das chaves, tiristores ou relés.

Para facilitar a análise do método, os tiristores foram substituídos por chaves mecânicas manuais do tipo HH, que tem a função de ligar e desligar os enrolamentos do autotransformador (tr-2) ao secundário do transformador de correção (TR-1). No estabilizador de tensão hipotético são utilizados dois transformadores,

sendo que TR-1 é o transformador de correção, cuja entrada do enrolamento primário (ponto 1) é ligado em série com a fase da rede que alimenta o estabilizador. Na saída do enrolamento primário (ponto2) é ligada a carga (RL), o enrolamento secundário é ligado no autotransformador, nos pontos D e C.

A tensão de cada enrolamento que será somado ou subtraído é determinada pelo número de espiras de cada enrolamento do autotransformador TR-2. Nesse método a quantidade mínima de enrolamentos no autotransformador é de dois, mais um tap central. Nesse caso, a faixa de correção de tensão é bastante reduzida. Em resumo, quanto maior o número de enrolamentos, maior será a faixa de estabilização. Quanto menor a tensão de cada enrolamento, menor será o incremento de degrau de tensão, e melhor será a correção da tensão. A definição do número de enrolamento do autotransformador é feita pelo projetista do equipamento, mas sempre lembrando que o aumento do número de enrolamentos implica no aumento do custo de fabricação do estabilizador. Porque isso aumentar o número de tiristores e a complexidade do circuito de controle do estabilizador.

A corrente alternada da rede (I_o) atravessa o enrolamento primário do autotransformador e a carga. O autotransformador que também funciona como um divisor de tensão. A tensão aplicada nas extremidades de TR-2, entre os pontos A e B geram as tensões nos enrolamentos E1, E2, E3 e E4. Observa no esquema que o autotransformador (TR-2) está ligado em paralelo com a carga. O autotransformador é enrolado de forma que a corrente que o atravessa, circula em sentidos opostos, se tomar como referência o center tap (ponto 3). Por esse motivo que as tensões dos enrolamentos E1 e E2 estão em fase com a tensão do enrolamento primário do transformador de correção e as tensões dos enrolamentos E3 e E4 estão em contra-fase. Nos enrolamentos em fase os sentidos das correntes são os mesmos, e os enrolamentos em contra-fase os sentidos das correntes são contrárias.

O pino 4, enrolamento secundário do transformador de correção (TR-1) é ligado no ponto C, center tap do autotransformador (TR-2). O ponto 3 de TR-1 é ligado no lado comum das chaves liga e desliga. Para haver circulação de corrente no secundário de TR-1 uma das chaves tem que está fechada. Somente uma das chaves pode está fechada por vez. Caso ocorra o acionado de duas ou mais chaves ao mesmo tempo, esses enrolamentos ficarão em curto-circuito, e isso pode levá-los a queima.

Para melhor compreensão do método serão analisados cinco exemplos diferentes. Vamos admitir que inicialmente todas as chaves estão abertas, e os valores das tensões de incrementos dos enrolamentos E1 e E2 é de + 5.0 Vca (operação de soma), e os enrolamentos E3 e E4 é de - 5.0 Vca (operação de subtração).

A análise de funcionamento do método de correção por degrau de tensão é válida para os estabilizadores monofásicos ou trifásicos, de pequena, média e grande potência. A mesma análise também é válido para as diversas configurações que surgem a partir do método principal. É importante ressaltar que os fabricantes de estabilizadores de tensão utilizam nos seus projetos tiristor S.C.R, tiristor triac e relés para operar como chaves que ligam e desligam os enrolamentos dos reatores.

Os acionamentos das chaves eletrônicas de semicondutores e ou chaves eletromecânicas são comandadas pelo circuito de controle, esse por sua vez geram as tensões ou pulsos de disparo que realizam o acionamento das mesmas. O circuito de controle é responsável também pela monitoração das tensões alternada de entrada e de saída do estabilizador. A partir das análises das informações as chaves são acionadas, todo o processo ocorre de forma automática. O tempo de correção em média varia de um quarto de ciclo de onda senoidal (4,16 ms) até um ciclo completo (16,66 ms). Quanto menor o tempo de correção melhor é a regulação e qualidade do estabilizador.

É importante que o leitor tenha em mente as seguintes informações: um estabilizador de tensão corrige apenas as variações que afetam o valor da tensão, em hipótese alguma, o estabilizador corrige as variações de frequência. Somente os sistemas no-breaks podem corrigir as variações de frequências. Outra informação importante é que o estabilizador de tensão não muda a forma de onda da rede que o alimenta, é bem verdade que alguns métodos distorce a forma de onda, mas sem prejuízo maiores para a carga.

De todos os métodos empregados nos projetos de estabilizadores de tensão, o método que apresenta a melhor performance em todos os aspectos é o controle por degrau de tensão. Ele não provoca distorção na forma de onda de saída e apresenta o melhor custo benefício em relação aos outros métodos. Com esse método é possível projetar e fabricar estabilizadores monofásicos e trifásicos de pequena, média e grande potência. Por isso que esse é o método mais utilizado nos projetos de estabilizadores de tensão. A partir do método controle por degrau foram desenvolvidas várias configurações, a filosofia básica do método sempre é mantida.

Na análise de funcionamento a seguir estamos utilizando o esquemático eletrônico da figura 2. Nesse caso a tensão de saída é ajustada para 120 Vca. O leitor deve observar que no decorrer da análise de funcionamento as operações de soma e subtração de tensão ocorrer com degrau de tensão. O valor é pré-determinado no projeto do equipamento, o projetista é quem define qual é a relação dos incrementos de tensão.

Exemplo I – A tensão de saída do estabilizador está com 120 Vca.

No caso a tensão de saída foi ajustada para 120 Vca. Vamos Admitir que nesse instante a tensão alternada da rede também está com 120 Vca, logo o circuito de controle não deve realizar nenhuma operação de soma ou subtração. O circuito de controle vai comandar o fechamento da chave CH-3, com isso o enrolamento secundário do transformador de correção (TR-1) é colocado em curto-circuito, logicamente nenhuma tensão de correção ser induzida no enrolamento primário de TR-1. A tensão de entrada passa pelo primário de TR-1 e alimenta a carga.

Exemplo II - A tensão de saída do estabilizador está com 115 Vca.

A tensão de saída abaixou para 115 Vca, isso significa que a tensão da rede sofreu uma queda de tensão de 5.0 volts. O circuito de controle atua imediatamente para corrigir a queda de tensão. Para realizar a operação de soma o circuito de controle comanda o fechamento da chave CH-2, as demais chaves ficam abertas. Com o fechamento da chave CH-2 o enrolamento E1 é ligado em série com o enrolamento secundário de TR-1. Como os dois enrolamentos estão em fase as duas tensões serão somadas, tensão da rede presente no primário de TR-1 e a tensão do enrolamento E1. Observa que nessa operação apenas CH-2 está fechada, as demais chaves estão abertas.

Exemplo III - A tensão de saída do estabilizador foi para 110 Vca.

No exemplo III a tensão da rede caiu ainda mais e foi para 110 Volts. Para compensar a queda de tensão o circuito de controle comanda a abertura da chave CH-2 e o fechamento da chave CH-1, nesse caso as tensões de E1 e E2 é somado com o enrolamento secundário de TR-1. O valor do incremento de tensão será: + 5,0 Volts do enrolamento E1 e + 5,0 Volts do enrolamento E2.

Exemplo IV - A tensão de saída subiu para 125 Vca.

No exemplo IV a tensão da rede sofreu uma elevação de tensão e foi para 125 Volts. Nesse caso o circuito de controle tem realizar uma operação de subtração de tensão. No momento que o circuito de controle percebe a elevação, ele comanda o fechamento da chave CH-4. Como o enrolamento E4 do autotransformador (TR-2) está em contra-fase com o enrolamento secundário de TR-1 imediatamente será processada uma operação de subtração eletrônica, e a tensão de saída será obrigada a retornar para o valor de ajuste de 120 Vca.

Exemplo V - A tensão de saída subiu para 130 Vca.

No exemplo V a tensão de entrada subiu para 130 Volts. Com essa nova elevação da tensão o circuito de controle vai comandar uma operação de subtração de tensão. Nesse caso a chave CH5 é fechada e o enrolamento E4 do autotransformador TR-2 é ligado em série com o enrolamento secundário do transformador de correção (TR-1). Como os enrolamentos E3 e E4 de TR-2 estão ligado em contra-fase com o enrolamento secundário de TR-1, a operação processada é uma subtração de tensão. Nesse caso a tensão de saída é obrigada a retornar para o seu valor original de 120 Vca. Nessa operação houver um decremento na tensão de saída -10 Vca, sendo -5.0 Vca de E3 e -5.0 Vca de E4.

Nota:

As operações que envolvem os enrolamentos E3 e E4 é sempre uma subtração de tensão, e as operações que envolvem os enrolamentos E1 e E2 a operação é uma soma eletrônica de tensão.