



Retificação Tiristorizada e o Impacto Harmônico no Sistema Elétrico da Linha 4 da CMSP

Antonio Luiz Gomes, Luiz Carlos Souza Alves,
Sylvio J. C. Coura, Wilson Ribeiro.

13/08/2007

TRANSPORT |

ALSTOM

Retificação Tiristorizada e o Impacto Harmônico no Sistema Elétrico da Linha 4 da CMSP

Retificadores de Tração - Conceitos

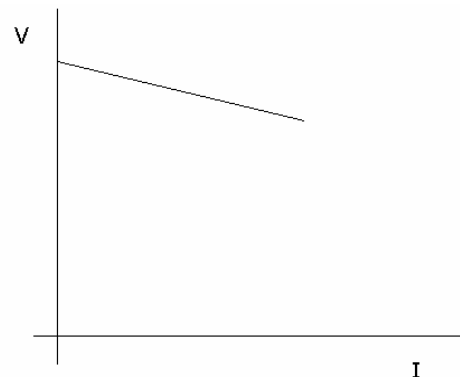


Historicamente utilizados diodos.

Operação e manutenção simples.

Característica de saída ($V \times I$) → maior aumento de perdas
e ($I^2 \times R$) a jusante do retificador, para cargas do tipo
potência constante.

Conteúdo harmônico depende da topologia dos retificadores e
da natureza da instalação.



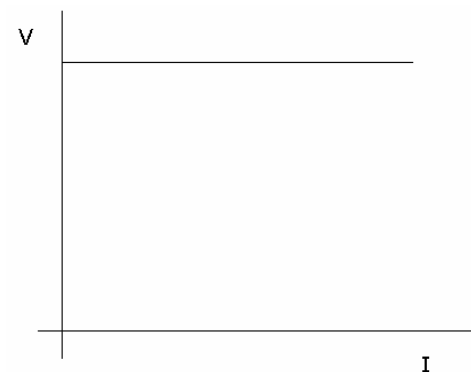
- Busca de alternativas para economia de energia ou melhoria de desempenho → opção por retificadores controlados (Tiristores).

- Operação e manutenção mais complexa.

- Característica de saída constante ($V \times I$) → menor aumento de perdas joule ($I^2 \times R$) a jusante do retificador, para cargas do tipo potência constante.

- Conteúdo harmônico depende da topologia dos retificadores, do ângulo de controle (disparo) e da natureza da instalação.

- Fator de potência muito influenciado pelo ângulo de disparo.

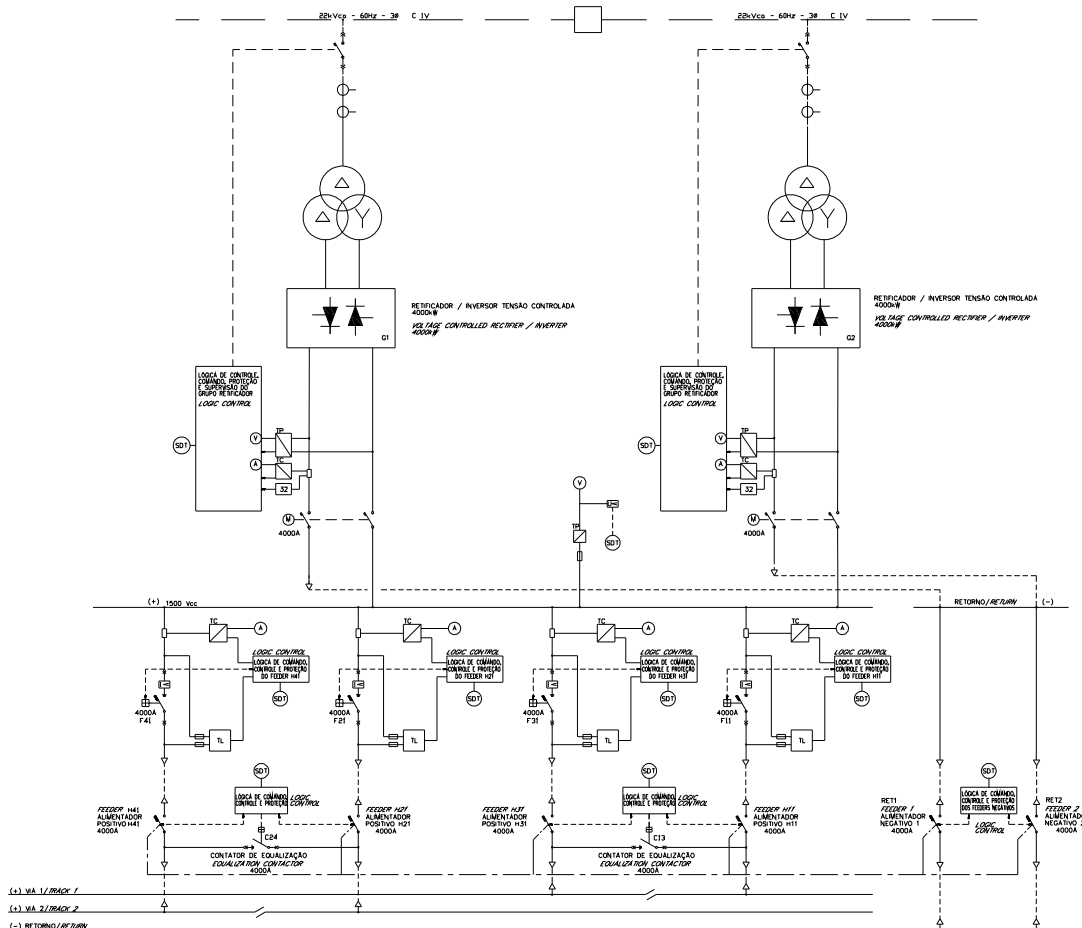


Retificação Tiristorizada e o Impacto Harmônico no Sistema Elétrico da Linha 4 da CMSP

Concepção do
Edital da Linha 4:

02 Grupos
Retificadores
Tiristorizados por
Subestação
Retificadora.

Cada Grupo
Retificador possui
transformador de
potência para
sistema 12 pulsos
(02 secundários,
um triângulo e
um estrela).



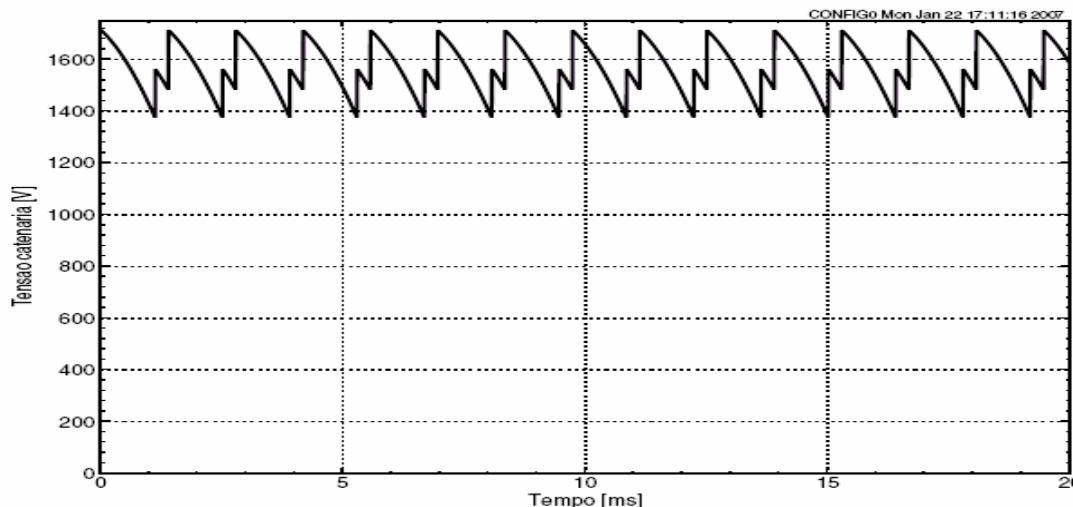
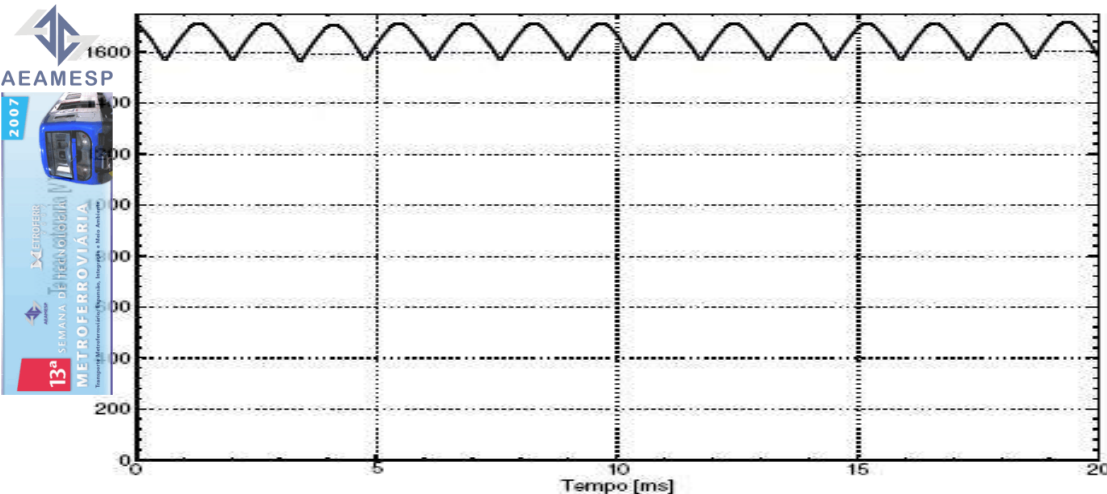
Retificação Tiristorizada e o Impacto Harmônico no Sistema Elétrico da Linha 4 da CMSP

Comparação de Perfis Típicos de Tensões

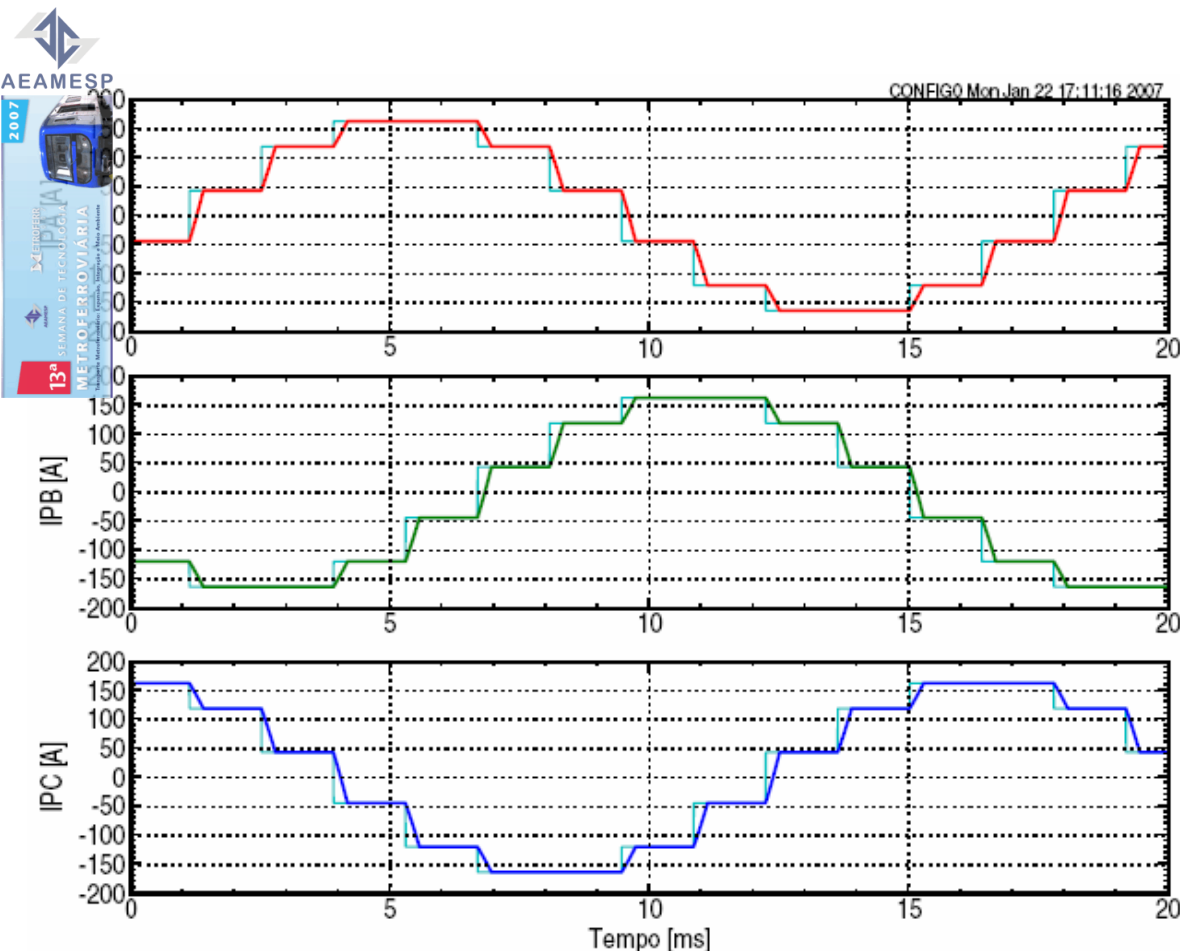
Perfil de Tensão retificada (típica) em Grupos Retificadores a Diodos de 12 pulsos.

Perfil de Tensão retificada (típica) em Grupos Retificadores Tiristorizados de 12 pulsos.

Notar influência da ação dos tiristores sobre o perfil de tensão, com consequente aumento de distorção harmônica.



Retificação Tiristorizada e o Impacto Harmônico no Sistema Elétrico da Linha 4 da CMSP



Grupos Tiristorizados 12 Pulsos:

Perfil escalonado da corrente por fase (lado CA) na linha de alimentação e em cada um dos dois grupos de 12 pulsos de cada subestação retificadora.

Harmônicos característicos em CA:

$$N = k \times p \pm 1$$

Onde:

- N = ordem da harmônica;
- K = nº inteiro;
- p = nº pulsos;
- Para 12 pulsos, N = 11, 13, 23, etc.

Retificação Tiristorizada e o Impacto Harmônico no Sistema Elétrico da Linha 4 da CMSP



Table 11-1 – Voltage Distortion Limits

Bus Voltage at PCC	Individual Voltage Distortion (%)	Total Voltage Distortion THD (%)
69 kV and below	3.0	5.0
69.001 kV through 161 kV	1.5	2.5
161.001 kV and above	1.0	1.5

NOTE — High-voltage systems can have up to 2.0% THD where the cause is an HVDC terminal that will attenuate by the time it is tapped for a user.

Exigências da
IEEE 519-1992
em relação à
distorção
harmônica de
tensão

Retificação Tiristorizada e o Impacto Harmônico no Sistema Elétrico da Linha 4 da CMSP

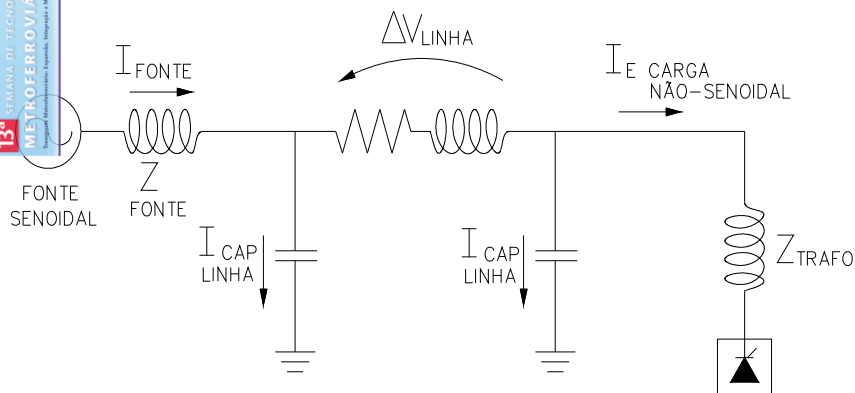
Comportamento da tensão (THD)

Genericamente, quanto mais distante de uma fonte senoidal, mais sujeita a interferência da linha de alimentação se torna a tensão.

Contudo, em função da característica da impedância da linha enxergada por cada carga não senoidal, os efeitos de correntes harmônicas em cada frequência podem ser mantidos, atenuados ou amplificados.

Conclusão:

Distorção harmônica de tensão será função do conteúdo harmônico de cada carga e o correspondente impacto sobre a linha de alimentação.



$$I_{FONTE} = I_E CARGA NÃO-SENOIDAL + I_{CAP LINHA}$$