

# Gerador de choque de repetição

CDU 621.313.1

Departamento de Estudos  
da Divisão de Transformadores da EFACEC

Quer os fabricantes, quer os utilizadores de material eléctrico de alta tensão preocupam-se, cada vez mais, com o comportamento do seu material sujeito a sobretensões de muito curta duração (tensões de choque).

A EFACEC, que já há alguns anos ensaia às ondas de choque os seus transformadores segundo as normas europeias ou americanas, está equipada com um aparelho que permite, duma maneira muito prática, estudar, com todo o pormenor, os fenómenos originados pelas sobretensões de choque.

## DEFINIÇÃO E FINALIDADE

Trata-se de um aparelho de baixa tensão equivalente a um andar duma instalação de choque de alta tensão que permite repetir, exactamente, uma onda de choque tantas vezes quantas se queira. Essa repetição faz-se a uma cadência tal que a imagem produzida no écran dum osciloscópio aparece fixa. Pode, assim, apreciar-se, durante o tempo necessário, um fenómeno que dura apenas alguns microsegundos. Isto constitui uma facilidade evidente no estudo desse tipo de fenómenos.

Como as ondas de choque produzidas são de baixa tensão (inferior a 100 V) este gerador de choque não se destina a fazer ensaios de verificação de classe de isolamento. Sucede, porém, que a amplitude das oscilações de tensão nos diferentes pontos dum sistema eléctrico sujeito ao choque, medidas em percentagem do valor de crista da onda incidente, e as frequências dessas oscilações são independentes da tensão. O gerador de choque de repetição serve, então, para medir a repartição das tensões de choque e as frequências de oscilação dum sistema eléctrico, permitindo, assim, uma escolha e disposição criteriosa do isolamento.

O facto de trabalhar em baixa tensão permite que aquelas medidas sejam feitas absolutamente sem perigo, quer sobre modelos, quer sobre os aparelhos a estudar em curso de fabrico. Pode, assim, prever-se qual vai ser o comportamento ao choque do aparelho acabado e, eventualmente, tomar-se as precauções necessárias para que esse comportamento seja satisfatório.

O campo de aplicação dum gerador de choque de repetição é muito vasto: transformadores, máquinas rotativas, con-

juntos linhas-cabos-transformadores, etc. Mas a utilização fundamental que a EFACEC tem dado a este aparelho tem sido o estudo das sobretensões que aparecem num enrolamento de transformador devidas às ondas de choque, quer trabalhando directamente sobre transformadores em curso de fabrico, quer em modelos reduzidos, técnica para a qual o gerador de repetição está particularmente bem adaptado e é indispensável.

O gerador de choque de repetição tem, assim, permitido aprofundar e completar as teorias e cálculos até hoje elaborados, e melhorar os processos de cálculo e fabrico de modo a atingir-se a construção mais apropriada para resistir às sobretensões de choque.

## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

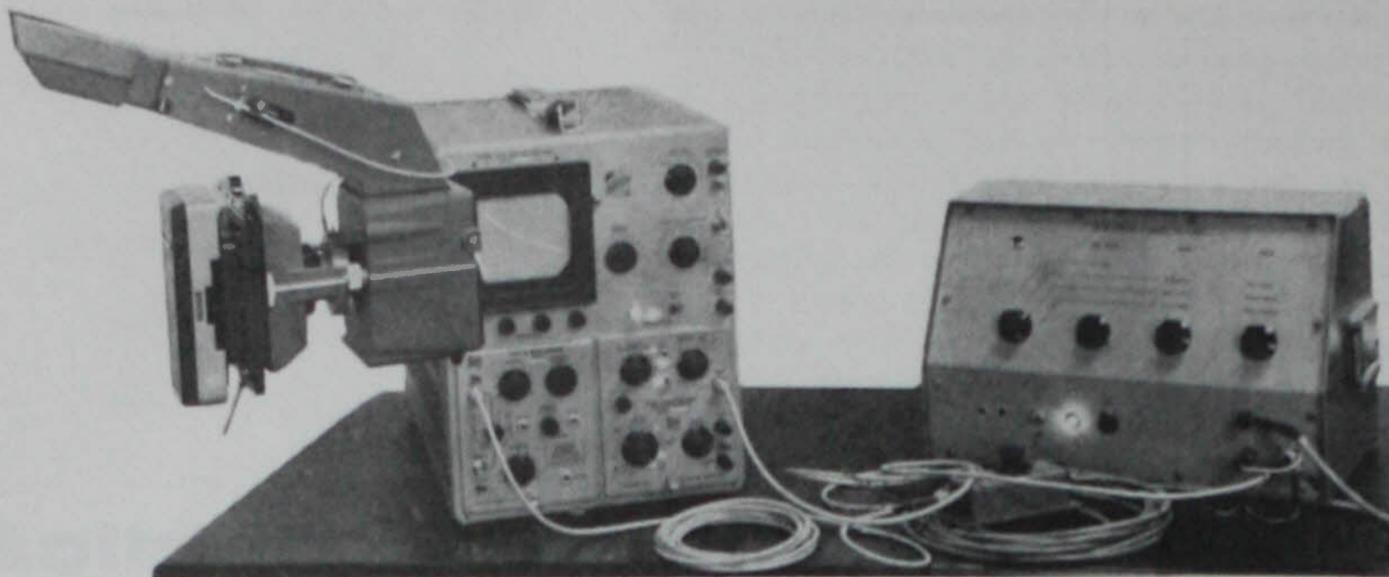
A onda de choque de saída do gerador tem a forma normalizada em onda completa ou em onda cortada<sup>(1)</sup>.

A duração da frente e a duração da cauda são variáveis, duma maneira contínua e independentemente uma da outra, dentro dos intervalos seguintes, seleccionáveis por um comutador:

	Duração da		
	frente	( $\mu$ s)	cauda
Em onda completa	(1) 0,8 a 10		1,5 a 80
	(2) 10 a 150		30 a 1 500
	(3) 20 a 1000		175 a 10 000
Em onda cortada	(4) 0,8 a 10		1,5 a 80

Em onda cortada, o instante em que se produz o corte da onda de choque é variável de 1 a 15  $\mu$ s, a partir do início da onda.

(1) «Spécifications Générales pour les Essais de Choc». Publicação n.º 60 da «Commission Electrotechnique Internationale».



Gerador de choque de repetição e oscilógrafo

A amplitude depende da duração da frente e da duração da cauda. O seu valor situa-se entre um mínimo da ordem dos 50 V e um máximo da ordem dos 80 V.

A repetição da onda de choque faz-se sincronizada com a tensão de alimentação a um ritmo de 50 ondas por segundo quando a duração da cauda não excede 3500  $\mu$ s. Esse ritmo diminui quando a duração da cauda aumenta, reduzindo-se a 12 vezes por segundo quando a cauda atinge 10 000  $\mu$ s.

O gerador permite uma corrente de saída de 4 A de amplitude.

#### PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

O esquema da página seguinte mostra o princípio de funcionamento do gerador de choque de repetição.

O aparelho é constituído, fundamentalmente, por cinco circuitos distintos:

- circuito de alimentação (1)
- circuito de comando de descarga (2)
- circuito formador da onda
- circuito medidor da amplitude da onda (6)
- circuito de corte da onda (9).

No circuito de alimentação obtêm-se, por transformação da tensão de alimentação, as tensões necessárias para alimentar os outros circuitos do gerador. Nele se incluem, também, as indispensáveis protecções.

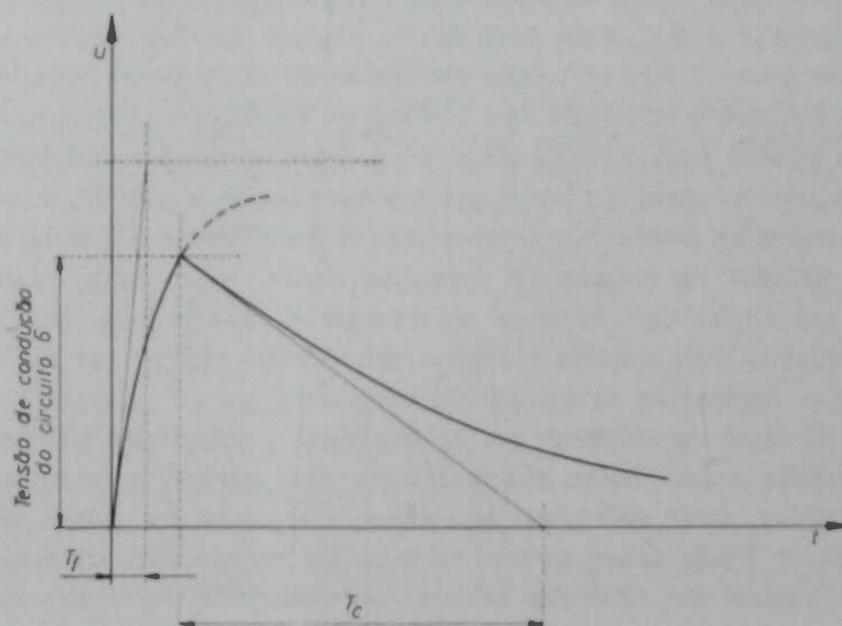
O circuito 2 de comando de descarga tem por função criar, apenas durante a alternância negativa da tensão de alimentação, as condições necessárias para que o thyristor 4 conduza. Nestas condições o condensador de choque  $C_1$ , que, durante a alternância positiva se havia carregado à tensão de crista, através do diodo de carga 3, descarrega-se durante a alternância negativa sobre o condensador de carga  $C_2$  através do thyristor 4, do potenciómetro  $R_f$  de regulação da duração da frente da onda, e do diodo 6. Forma-se, assim, a frente da onda de choque nos terminais do condensador  $C_2$  com uma constante de tempo

$$T_f = R_f \times \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2}$$

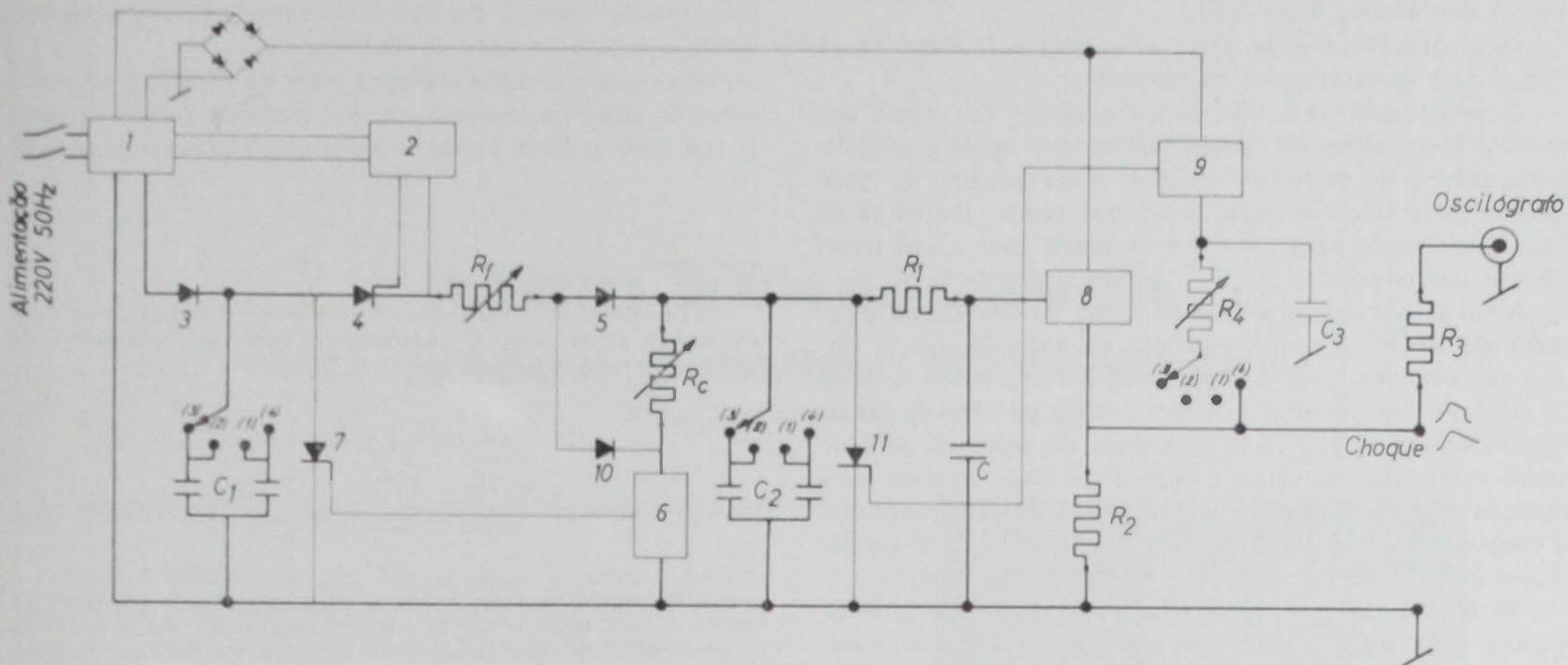
O circuito 6 mede, através do diodo 10, a tensão da frente da onda de choque. Quando esta tensão atinge um certo valor o circuito medidor 6 conduz, efectuando a ligação à massa do potenciómetro  $R_c$  de regulação da duração da cauda da onda. Simultaneamente o circuito 6 cria as condições necessárias para que o thyristor 7 conduza. Nestas circunstâncias o condensador  $C_1$  acaba de se descarregar já não sobre o circuito formador da onda mas sim directamente sobre o thyristor 7. O condensador  $C_2$ , que se havia carregado durante a frente da onda, descarrega-se sobre o potenciómetro  $R_c$  de regulação da duração da cauda e sobre o circuito 6, a partir do momento em que este começa a conduzir. Forma-se, assim, a cauda da onda de choque nos terminais do condensador  $C_2$  com uma constante de tempo  $T_c = R_c C_2$ .

Vê-se que, para cada gama de valores de  $C_1$  e de  $C_2$  seleccionada pelo comutador de forma de onda, a duração da frente é regulada unicamente pelo potenciómetro  $R_f$  e a duração da cauda unicamente pelo potenciómetro  $R_c$ .

A amplitude da onda depende unicamente da tensão necessária para que o circuito 6 entre em condução. Esta tensão é, em princípio, independente da duração da frente. De facto ela varia um pouco com a velocidade de subida da tensão devido ao atraso com que o circuito 6 e o thyristor 7 entram em condução.

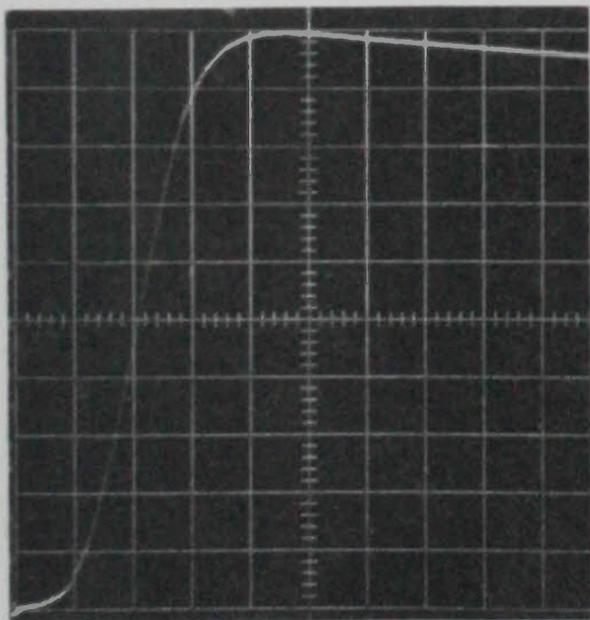


Forma de onda nos terminais do condensador de carga

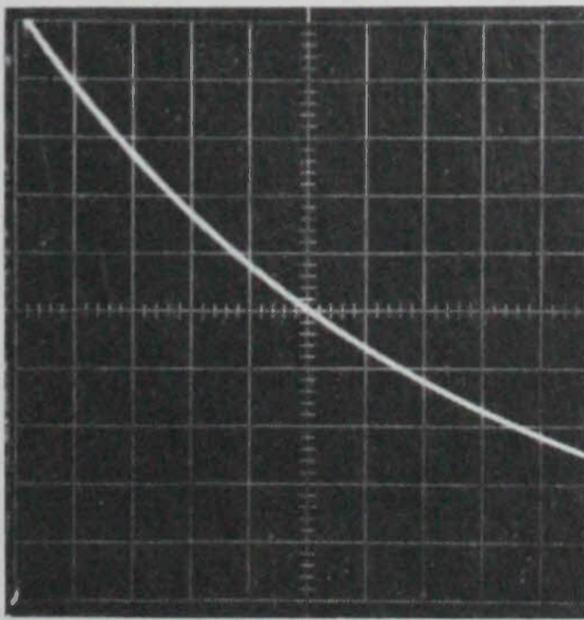


	$C_1$	$C_2$	
(1)	0,022 $\mu F$	3770 p F	
(2)	6 $\mu F$	0,1 $\mu F$	$R_f = 5000 \Omega \text{ max}$
(3)	6 $\mu F$	0,68 $\mu F$	$R_c = 25000 \Omega \text{ max}$
onda cortada	0,022 $\mu F$	3770 p F	

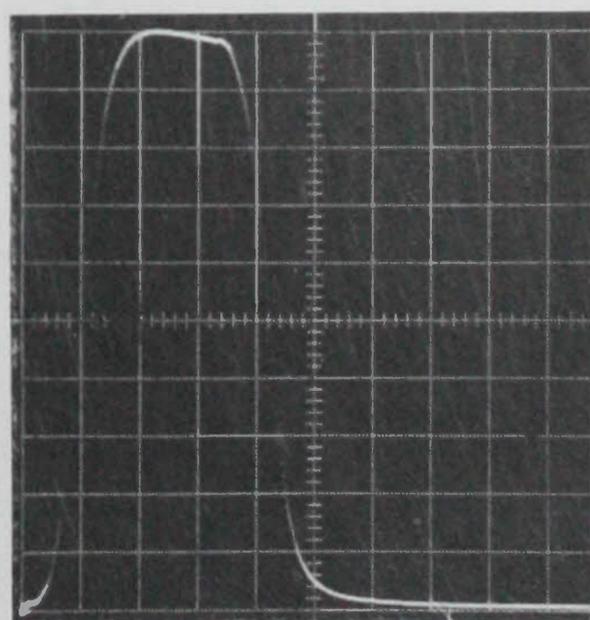
Gerador de choque de repetição (esquema de princípio)



0,5  $\mu s$  por divisão



10  $\mu s$  por divisão



1  $\mu s$  por divisão

Onda normalizada produzida pelo gerador, em onda plena e em onda cortada

A onda assim gerada está perfeitamente dentro das normas. Apresenta, no entanto, na crista uma descontinuidade no instante em que as duas exponenciais se encontram, e que é conveniente eliminar<sup>(2)</sup>.

Para esse fim a onda passa num filtro  $R_1C$  antes de se dirigir para o amplificador de saída 8.

O amplificador tem uma banda passante da ordem dos 10 MHz e um ganho em tensão praticamente igual à unidade. A impedância de saída tem um valor muito pequeno de modo que se pode lançar a onda de choque sobre uma carga de impedância muito baixa sem que se altere quer a sua forma quer a sua amplitude.

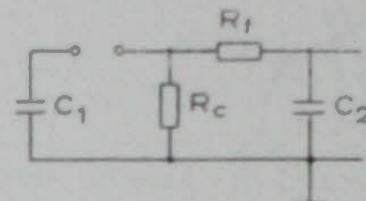
A fim de sincronizar a base de tempo do oscilógrafo registador do fenómeno com a repetição da onda de choque dispõe-se, através duma resistência  $R_3$ , duma saída coaxial. O sinal que vai provocar o funcionamento da base de tempo do oscilógrafo é, pois, a própria onda de saída do gerador. Deste modo, quer se esteja a oscilografar essa onda ou outra qualquer representativa de um fenómeno por ela provocado a imagem começa sempre no mesmo instante, contado a partir do início da onda de saída do gerador de repetição.

Se o comutador que selecciona os valores de  $C_1$  e  $C_2$  estiver na posição correspondente a «onda cortada» (posição 4) a onda de choque é conduzida ao circuito de corte da onda 9 após ser integrada pelo circuito constituído pelo potenciômetro  $R_4$  de regulação do instante do corte e pelo condensador  $C_3$ . Quando a tensão nos terminais deste último

atinge um certo valor o circuito 9 cria as condições necessárias para que o thyristor 11 conduza. A partir desse instante a capacidade de choque  $C_2$  passa a descarregar-se directamente sobre o thyristor 11, anulando-se muito rapidamente a tensão da onda de choque.

Vê-se que o instante do corte além de depender da resistência  $R_4$  depende, também, da velocidade de subida da onda já que é ela própria, ao ser integrada, que provoca o corte ■

(2) As ondas de choque são, normalmente, produzidas pela descarga dum condensador  $C_1$  directamente sobre uma resistência de frente, uma resistência de cauda e um condensador  $C_2$ .



com a resistência de frente a jusante ou a montante da resistência de cauda. A onda assim produzida nos terminais de  $C_2$  tem a forma de uma diferença de duas exponenciais de modo que não há descontinuidade na crista da onda. Este circuito tem, no entanto, o inconveniente de não se poder variar, independentemente uma da outra, a duração da frente e a duração da cauda. Como desejávamos um gerador de ondas em que a relação frente cauda pudesse variar entre limites muito afastados este circuito era inaceitável.

---

## Conférence Internationale des Grands Réseaux Électriques (CIGRÉ)

A Conferência Internacional das Grandes Redes Eléctricas (CIGRÉ), reunirá o seu próximo Congresso de 10 a 20 de Junho de 1968, em Paris, no edifício de Conferências da UNESCO.

No decorrer dessa Sessão, na qual serão apresentadas 124 Comunicações continuar-se-á o estudo dos grandes problemas de que se ocupa a CIGRÉ, referentes à produção, à transformação e ao transporte em Alta Tensão da energia eléctrica.

Este estudo versará principalmente os problemas relativos aos Alternadores, aos Transformadores, aos Interruptores, aos Cabos isolados, à concepção e ao funcionamento das redes, as sobretensões devidas ao raio, os relés e o transporte de energia em alta tensão com corrente alternada e com corrente contínua.

Para informações e para inscrições no CONGRESSO, dirigir-se à COMISSÃO NACIONAL PORTUGUESA DA CIGRÉ — Avenida Sidónio Pais, 24, 2.º, Esq.º — Lisboa-1.