

## GENERATOR PULSA ARUS

Mak Sioe Tho

Laboratorium Tegangan Tinggi, Dept. Mesin-Elektro:  
(Diterima: 16 Desember 1964)

## ICHTISAR

*Dalam penjelidikan mengenai karakteristik suatu arrester, selain mengetahui karakteristik tembus terhadap tegangan pulsa djuga perlu diselidiki sifat<sup>2</sup> tahanan non linearnja (lazim dipergunakan Si C) terhadap pulsa arus untuk menentukan tegangan tinggalnja (Rest spanning). Untuk kepentingan ini dipergunakan pulsa arus  $5 \times 10 \mu$  sec ataupun  $10 \times 20 \mu$  sec. Disini akan dibahas mengenai parameter<sup>2</sup> rangkaian dan faktor<sup>2</sup> jang penting diperhatikan dalam perentjanaan suatu generator pulsa arus.*

## ABSTRACT

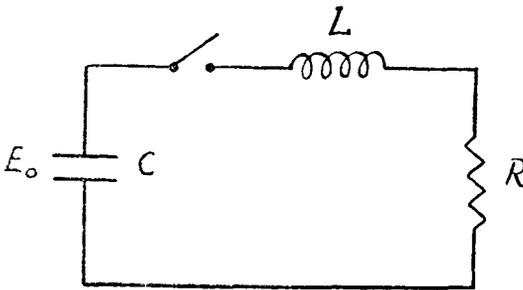
*In order to obtain the performance characteristic of an arrester, besides knowing the breakdown voltage of its gaps it is also necessary to know the behaviour of the non linear valve element (usually Si C) with respect to current surges to get a picture of its rest voltage. For this purpose  $5 \times 10 \mu$  sec or  $10 \times 20 \mu$  sec current surges are used. The circuit parameters, and some important factors concerning the design of a current surge generator are discussed here.*

- A. Sedjak mulai berkembang teknik tegangan tinggi di Negara kita dalam tahun<sup>2</sup> terachir ini dengan dibangunnja suatu Laboratorium Tegangan Tinggi oleh P.L.N., I.T.B. dan dimasa jang akan datang di kompleks NRC maka sudah perlu difikirkan dari sekarang mengenai perkembangan selandjutnja. Pembuatan suatu generator pulsa arus sudah perlu difikirkan dari sekarang. Seperti telah diketahui, pada dasarnja suatu arrester terdiri dari suatu ruang antara (gap) jang terpasang setjara seri dengan suatu tahanan non linear (Si C) jang bekerdja sebagai ventil. Besar dari tahanan non linear tersebut tergantung pada besar enersi jang dapat didisipasinja tanpa merusak tahanan tersebut. Karena dalam praktek sangat sukar untuk memperoleh suatu pulsa tegangan jang arusnya tjukup besar, maka pada penjelidikan arrester pengetesan dilakukan dalam 2 tahap.
- A. Pengetesan ruang antara (gap) dalam arrester untuk mengetahui tegangan tembusnja. Dalam hal ini dipergunakan generator

pulsa tegangan jang menghasilkan pulsa<sup>2</sup> standard, misalnja pulsa  $1 \times 50\mu$  sec atau  $1\frac{1}{2} \times 40\mu$  sec.

B. Pengetesan tahanan non linearnja. Dalam hal ini dipergunakan generator pulsa arus jang menghasilkan pulsa<sup>2</sup> standard, misalnja pulsa arus  $5 \times 10\mu$  sec atau  $10 \times 20\mu$  sec. Arus<sup>2</sup> maximum jang dapat diperoleh adalah dalam orde puluhan kiloampere.

B. Generator pulsa arus jang termudah terdiri dari suatu kapasitor jang diisi dengan muatan listrik dan muatan tersebut dilepaskan kepada arrester jang diselidiki. Setjara skematis ini dinjatakan dalam gambar 1.



Gambar 1

C adalah kapasitor jang dimuat

$E_0$  tegangan mula pada kapasitor

L induktansi total kawat penghubung dan beban

R tahanan total kawat penghubung, tahanan Si C jang dianggap linear dan tahanan seri untuk alat pengukur.

Persamaan differensial rangkaian adalah:

$$\frac{Q}{C} + L \frac{di}{dt} + Ri = 0 \quad (1)$$

Masukkan  $i = \frac{dQ}{dt}$ , maka

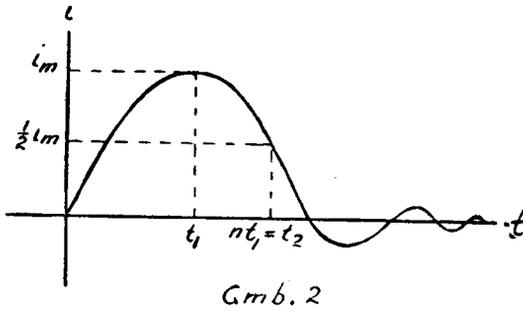
$$\frac{i}{C} + L \frac{d^2i}{dt^2} + R \frac{di}{dt} = 0 \quad (2)$$

Misalkan  $\frac{1}{LC} > \left(\frac{R}{2L}\right)^2$ , maka bila  $\beta = \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2}$

dan  $\alpha = \frac{R}{2L}$ , pemetjahan persamaan differensial jang tersebut diatas dengan memasukkan sjarat mula bahwa  $Q_0 = CE_0$  pada ketika  $t = 0$  mendjadi

$$i = \frac{E_0}{\beta L} \varepsilon^{-\alpha t} \sin \beta t \quad (3)$$

Pemetjahan ini menimbulkan suatu arus berbentuk sinus jang di-redam.



Pada ketika  $t_1$

$$\left(\frac{di}{dt}\right)_{t=t_1} = 0$$

Masukkan sjarat ini pada persamaan (3) maka diperoleh:

$$t_1 = \frac{1}{\beta} \tan^{-1} \left(\frac{\beta}{\alpha}\right) \quad (4)$$

Bila  $t_2 = n t_1 = \frac{n}{\beta} \tan^{-1} \left(\frac{\beta}{\alpha}\right)$  dan memasukkan harga ini dalam persamaan (3), maka diperoleh:

$$i = \frac{E_o}{L\beta} \varepsilon^{-\frac{\alpha n}{\beta} \tan^{-1} \left(\frac{\beta}{\alpha}\right)} \sin \left[ \beta \frac{n}{\beta} \tan^{-1} \left(\frac{\beta}{\alpha}\right) \right] = \frac{1}{2} i_m$$

atau  $i_m = \frac{2E_o}{L\beta} \varepsilon^{-n \left(\frac{\alpha}{\beta}\right) \tan^{-1} \left(\frac{\beta}{\alpha}\right)} \sin \left[ n \tan^{-1} \left(\frac{\beta}{\alpha}\right) \right] \quad (5)$

Masukkan (4) dalam persamaan (3), maka diperoleh

$$i_m = \frac{E_o}{L\beta} \varepsilon^{-\left(\frac{\alpha}{\beta}\right) \tan^{-1} \left(\frac{\beta}{\alpha}\right)} \sin \left[ \tan^{-1} \left(\frac{\beta}{\alpha}\right) \right] \quad (6)$$

Misalkan  $\tan^{-1} \left(\frac{\beta}{\alpha}\right) = \theta$  atau  $\frac{\alpha}{\beta} = \cot \theta$ .

Djika persamaan (5) dan (6) disamakan, hasilnja adalah sebagai berikut:

$$\varepsilon^{-\theta \cot \theta} \sin \theta = 2 \varepsilon^{-n \theta \cot \theta} \sin n \theta$$

atau  $\varepsilon^{(n-1) \theta \cot \theta} \sin \theta - 2 \sin n \theta = 0 \quad (7)$

Untuk suatu n jang tertentu  $\frac{\alpha}{\beta} = \cot \theta$  tetap.

Bilamana untuk n dipilih harga  $n = 2$  maka harga  $\frac{\alpha}{\beta}$  tertentu.

Dengan menentukan  $t_1$  harga  $\beta$  dapat ditjari dari rumus (4) dan  $\alpha$  dapat ditentukan.

C. Dari penurunan jang diatas, tabel jang berikut diperoleh:

**TABEL I**

	Pulsa $5 \times 10 \mu \text{ sec}$	Pulsa $10 \times 20 \mu \text{ sec}$
$\frac{\alpha}{\beta}$	0,4706	0,4706
$\alpha$	$0,106 \times 10^6$	$0,053 \times 10^6$
$\beta$	$0,226 \times 10^6$	$0,113 \times 10^6$
$L = \frac{1}{C(\alpha^2 + \beta^2)}$ (henries)	$\frac{16}{C} \times 10^{-12}$	$\frac{64}{C} \times 10^{-12}$
$R = 2 L \alpha$ (Ohms)	$\frac{3,4}{C} \times 10^{-6}$	$\frac{6,8}{C} \times 10^{-6}$
$i_m$ (Amp)	$0,147 \times 10^6 E_o C$	$0,074 \times 10^6 E_o C$
$E_o$ (Volt)	$\frac{6,8 \times 10^{-6}}{C} i_m$	$\frac{13,6 \times 10^{-7}}{C} i_m$

C dalam Farad

Pada pemilihan suatu pulsa arus jang tertentu dengan harga  $i_m$  jang telah ditetapkan, dapat kita memilih suatu harga C jang akan menentukan besar  $E_o$ . Hal ini perlu diperhatikan mengingat bahwa  $E_o$  harus tjukup besar untuk menembus ruang antara dalam arrester tersebut sehingga pulsa arus dapat mengalir.

Sebagai tjontoh, misalnja suatu arrester akan ditest dengan pulsa arus  $5 \times 10 \mu \text{ sec}$  dengan arus maksimum 100 kA. Untuk penembusan ruang antara dalam arrester dibutuhkan tegangan minimum 60 kV.

Dari tabel 1 kolom kedua diperoleh:

$$E_o = \frac{6,8 \times 10^{-6}}{C} i_m$$

$$60.000 = \frac{6,8 \times 10^{-6}}{C} 100.000$$

$$C = \frac{6,8 \times 10^{-6} \times 10^5}{6 \times 10^{-4}} \frac{6,8}{6} \times 10^{-6} = 1,13 \times 10^{-5} \text{ Farad}$$

$$= \underline{\underline{11,3 \mu \text{ Farad}}}$$

$$R = \frac{3,4}{C} \times 10^{-6} = \frac{3,4 \times 10^{-6}}{11,3 \times 10^{-6}} = \underline{\underline{0,3 \text{ ohm}}}$$

$$L = \frac{16}{C} \times 10^{-22} = \frac{16 \times 10^{-12}}{11,3 \times 10^{-6}} = 1,42 \times 10^{-6} \text{ Henry}$$

D. Dalam menentukan parameter<sup>2</sup> R, L dan C generator pulsa arus, djelas bahwa besar parameter<sup>2</sup> tersebut tergantung pada pemilihan  $i_m$  dan  $E_o$ .

Besar  $i_m$  ditentukan oleh voluma Si C jang ada didalam arrester atau setjara energetis  $i_m$  ditentukan oleh disipasi enersi dalam Si C.

$E_o$  minimum tergantung pada tegangan nominal arrester atau pada djarak ruang antara total dalam arrester. Bila  $i_m$  dan  $E_o$  minimum telah ditentukan besar C langsung dapat dihitung.

Melihat bahwa:

$$C = k_1 \frac{i_m}{E_o} \tag{8}$$

$$R = \frac{k_2}{C} = \frac{k_2 E_o}{k_1 i_m} \tag{9}$$

$$L = \frac{k_3}{C} = \frac{k_3 E_o}{k_1 i_m} \tag{10}$$

$k_1, k_2, k_3$  adalah konstanta<sup>2</sup> jang besarnja bergantung pada bentuk pulsa, maka R dan L adalah fungsi dari tegangan mula  $E_o$ .

Bila dengan pemilihan suatu arus  $i_m$  dan tegangan  $E_o$  ternjata R dan L sangat ketjil, misalnja  $R < (\text{tahanan arrester} + \text{tahanan kawat penghubung} + \text{tahanan dalam kapasitor}^2)$

dan  $L < (\text{induktansi kawat penghubung} + \text{induktansi rel}^2 \text{ penghubung kapasitor}^2)$  maka satu<sup>2</sup>nja djalan adalah dengan memperbesar  $E_o$ .

E. Dari apa jang telah dibahas sebelumnya njata bahwa  $R$  dan  $L$  sedapat mungkin ketjil, karena besar  $E_0$  mempengaruhi alat<sup>2</sup> jang dipergunakan. Bila  $E_0$  harus dipilih besar maka kapasitor<sup>2</sup> jang dipergunakan djuga sedapat mungkin dipilih jang mempunjai tegangan nominal tinggi. Kapasitor<sup>2</sup> dengan tegangan nominal rendah mengharuskan kita memasang banjak satuan setjara seri dan ini akan memperbesar harga  $L$ . Sumber tegangan searah dengan demikian harus djuga dapat memberikan tegangan jang tjukup tinggi. Ongkos<sup>2</sup> peralatan djika  $E_0$  tinggi djuga akan besar.

Oleh karena itu suatu perentjanaan jang teliti dengan memikirkan benar<sup>2</sup> letak<sup>2</sup> geometris dari kapasitor<sup>2</sup> tersebut dalam ruang sehingga  $L$  dapat dibuat seketjil mungkin akan dapat menghemat ongkos<sup>2</sup> peralatan.

Tahanan  $R$  sedapat mungkin tidak terlampau ketjil, dalam arti kata bahwa  $R$  total harus mempunjai orde beberapa puluh kali besar tahanan elemen  $Si$   $C$  dalam keadaan dilalui arus besar untuk kurang lebih dapat mengimbang perubahannja.

Tahanan extra jang bila dibutuhkan dan tahanan seri untuk pengukuran harus non induktif. Mengingat arus jang besar jang melalui tahanan<sup>2</sup> tersebut, maka bila lilitan<sup>2</sup> tahanan tersebut dipasang setjara bifilair, djarak antara masing<sup>2</sup> lilitan harus besar ataupun harus diberi isolasi jang tjukup kuat antara masing<sup>2</sup> lilitan untuk mentjegah lonjtatan bunga api antara masing<sup>2</sup> lilitan.

F. Alhasil konklusi<sup>2</sup> jang ditarik:

- a. Dalam perentjanaan suatu generator pulsa arus konfigurasi geometris penting diperhatikan untuk menekan besar  $E_0$  dengan mendjaga agar  $L$  seketjil mungkin.
- b. Tahanan total harus mempunjai orde kebesaran jang tjukup besar terhadap tahanan elemen non linear arrester. Djika dibutuhkan tahanan extra maka tahanan harus dibuat non induktif.