Vol.III,4 REVISTA MEXICANA DE FISICA 1954

MODELO ELECTRICO DE UN REACTOR NUCLEAR

Carlos Vélez Ocón.

Instituto Nacional de la Investigación Científica

RESUMEN

Ce travail a pour but réproduiere, au moyen d'un circuit électrique, la fonction de transfert d'un réacteur nucléaire. L'auteur propose deux circuits basés sur des treillis symétriques, mais le problème a de nombreuses solutions et le choix dépendra des applications envisagées.

Hemos partido de la función de transferencia cuyo calculo y verificación experimental son objeto del artículo de

J.M. Harrer, R.E. Boyar y Darwin Krucoff titulado "Transfer Function of Argonne CP-2 Reactor" que aparecio en "Nucleonics" de Agosto de 1952, páginas 32 a 36.

La función de transferencia a la que llegan dichos - autores supone que se excita el reactor mediante un cambio local de reactividad suficientemente pequeño y lento y que se mide la respuesta del reactor a cierta distancia de la - zona en que se produce el cambio de reactividad. En estas condiciones, la respuesta depende solamente de la vida media* y de las características de los neutrones retardados y es en particular independiente de la geometría del reactor. Estas limitaciones de la validez de la función de transferencia no son inconvenientes graves cuando se trata de proyectar los sistemas de control de un reactor, que tienen precisamente - por objeto, entre otras cosas, impedir variaciones bruscas e importantes del factor de producción del reactor.

La expresión final de la función de transferencia a la que se llega en el mencionado artículo es:

$$\frac{n_1}{n_0 \delta k} = \frac{1}{s l^*} \frac{\pi_{i=1}^{s}(s + \lambda_i)}{\pi_{k=1}^{s}(s + \alpha_k)}$$

donde

n_1 es el incremento de la densidad de neutrones variable con el tiempo (respuesta del reactor).

n_0 es el término constante de la densidad de neutrones.

δk es el incremento del factor de producción (excitación del reactor).

---

*efectiva del neutrón en un reactor finito.

l^* es la vida media efectiva modificada del neutrón para un reactor finito.

λ_i y a_k son constantes dependientes de los cinco grupos de neutrones retardados considerados.

s es la frecuencia compleja.

Los valores de λ_i y a_k:

λ_i = 14.00, 1.61, 0.456, 0.154, 0.0315 para i = 1,2,3,4,5;

a_k = 14.40, 5.91; 1.41, 0.32, 0.08 para k = 1,2,3,4,5,

nos indican que esa función de transferencia podrá ser realizada mediante un circuito pasivo, ya que los polos y ceros - son todos reales y se alternan sobre el semieje s real negativo.

Para la síntesis del modelo eléctrico, nosotros no utilizaremos la expresión anterior de la función de transferencia, sino otra expresión equivalente también tomada del artículo citado:

$$\frac{l^* n_1}{n_0 \delta k} = \frac{1}{s} \frac{1}{1 + \frac{1}{l^*} \sum_{i=1}^{5} \frac{\beta_i}{(s+\lambda_i)}} = F(s) = \frac{1}{s + \frac{1}{l^*} \sum_{i=1}^{5} \left(\beta_i - \frac{\lambda_i \beta_i}{s+\lambda_i}\right)}$$

donde $l^* = 1.25 \times 10^{-3}$ y

β_i = 0.00029, 0.00084, 0.00240, 0.00210, 0.00168 para -

i =1,2,2,4,5.

Podemos escribir inmediatamente

$$F(s) = \frac{1}{Z_1(s) - Z_2(s)}$$

donde $Z_1(s) = s + 5.832$ y

$$Z_2(s) = \sum_{i=1}^{5} \frac{1}{sC_i + \frac{1}{R_i}} \qquad \text{con los valores}$$

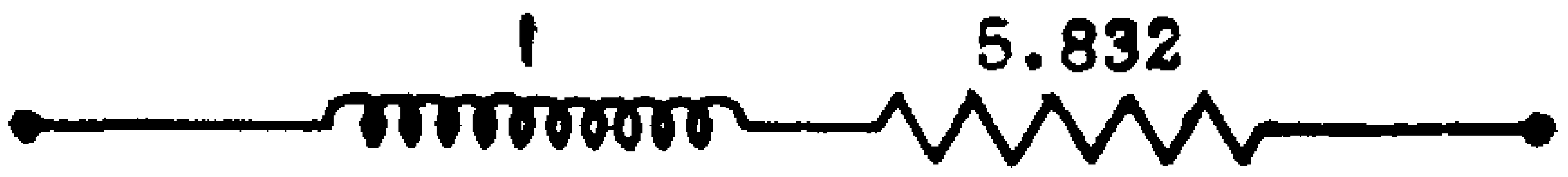
C_i = 0.307, 0.925, 1.115, 3.86, 23.9

R_i = 0.232, 0.672, 1.92, 1.68, 1.328

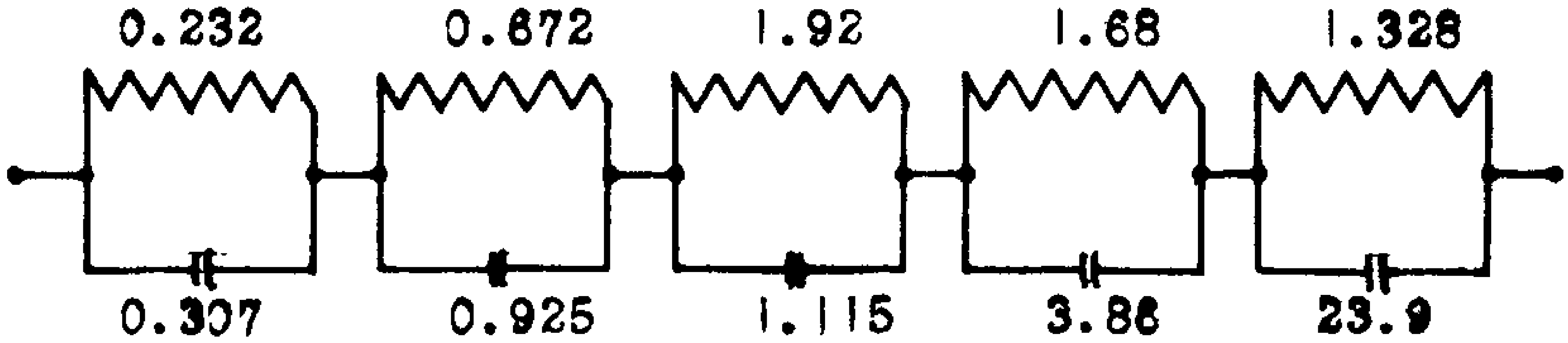
para $i = 1,2,3,4,5$.

Es decir, que Z_1 y Z_2 pueden realizarse como:

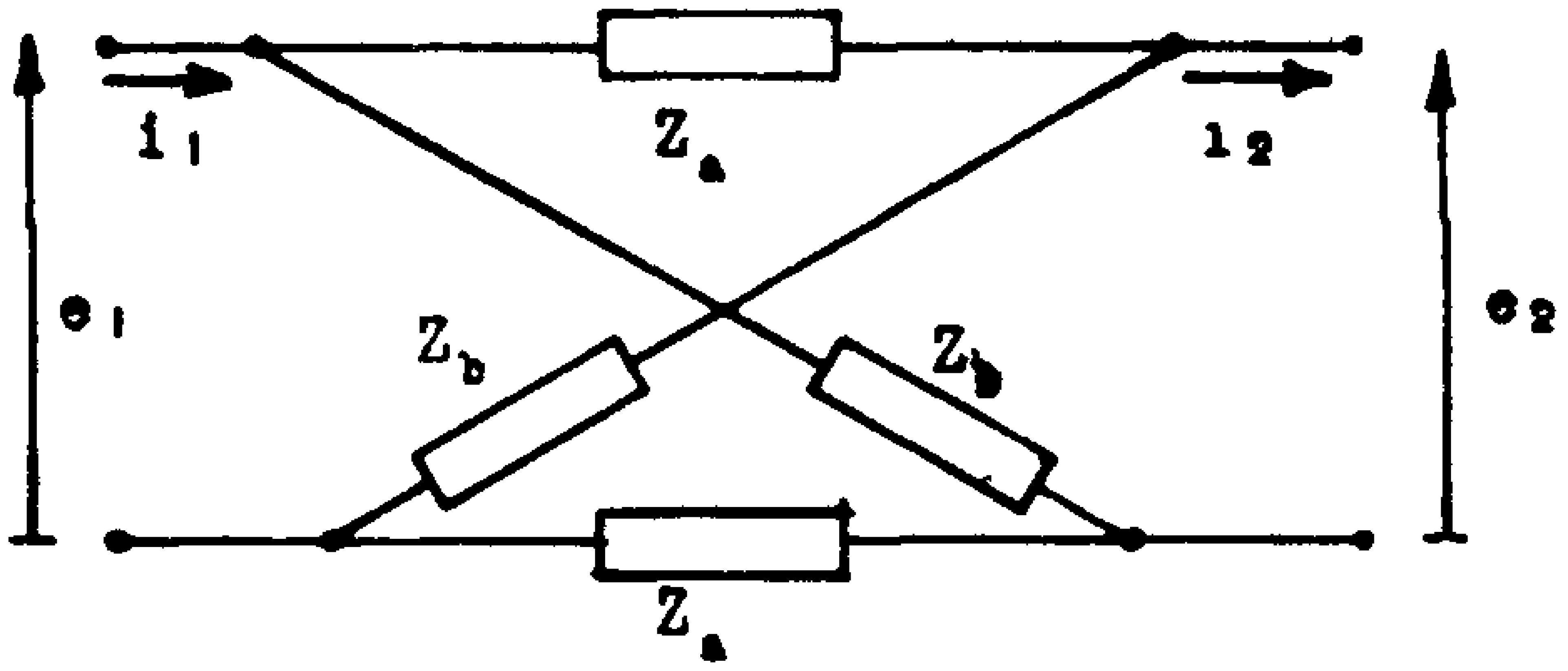
Z_1:



Z_2:



Por otra parte, en una latiz simétrica:



tenemos la relación de transferencia:

$$\frac{e_2}{i_1} = \frac{1}{2}\ (Z_b - Z_a) \qquad \text{para} \quad i_2 = 0 \quad .$$

Si construimos una latiz simétrica con

$$Z_a = 2\ Z_2 \qquad \text{y} \qquad Z_b = 2Z_1$$

tendremos:

$$\frac{e_2}{i_1} = Z_1 - Z_2$$

o sea:

$$\frac{1^* n_1}{n_0 \delta k} = \frac{i_1}{e_2} \quad .$$

Si alimentamos la latiz mediante un generador de corriente

$$i_1 = \frac{1^*}{n_0 \delta k} \quad ,$$

obtendremos a la salida de la latiz un voltaje

$$e_2 = \frac{1}{n_1}$$

Otra forma de obtener eléctricamente la misma función de transferencia resulta de considerar una latiz simétrica de resistencia constante que supondremos igual a uno, cerrada sobre esa misma resistencia. En ese caso, la función de transferencia es:

$$\frac{e_2}{i_1} = \frac{1 - Z_a}{1 + Z_a} \qquad \text{con} \quad Z_a Z_b = 1 \; .$$

que tambien podemos escribir:

$$\frac{e_2 + i_1}{2i_1} = \frac{1}{1 + Z_a}$$

Por otra parte, tenemos que

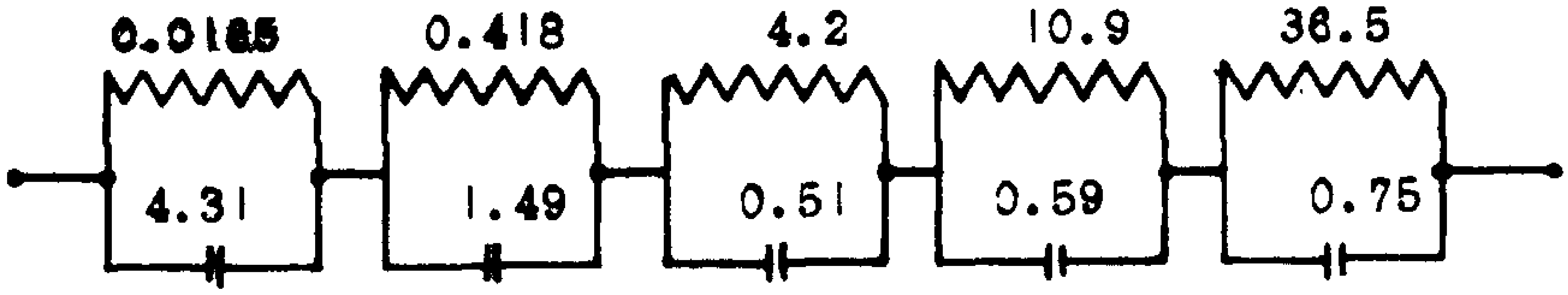
$$sF(s) = \frac{1}{1 + \frac{1}{1^*} \sum_{i=1}^{5} \frac{\beta_i}{s + \lambda_i}}$$

Si construimos:

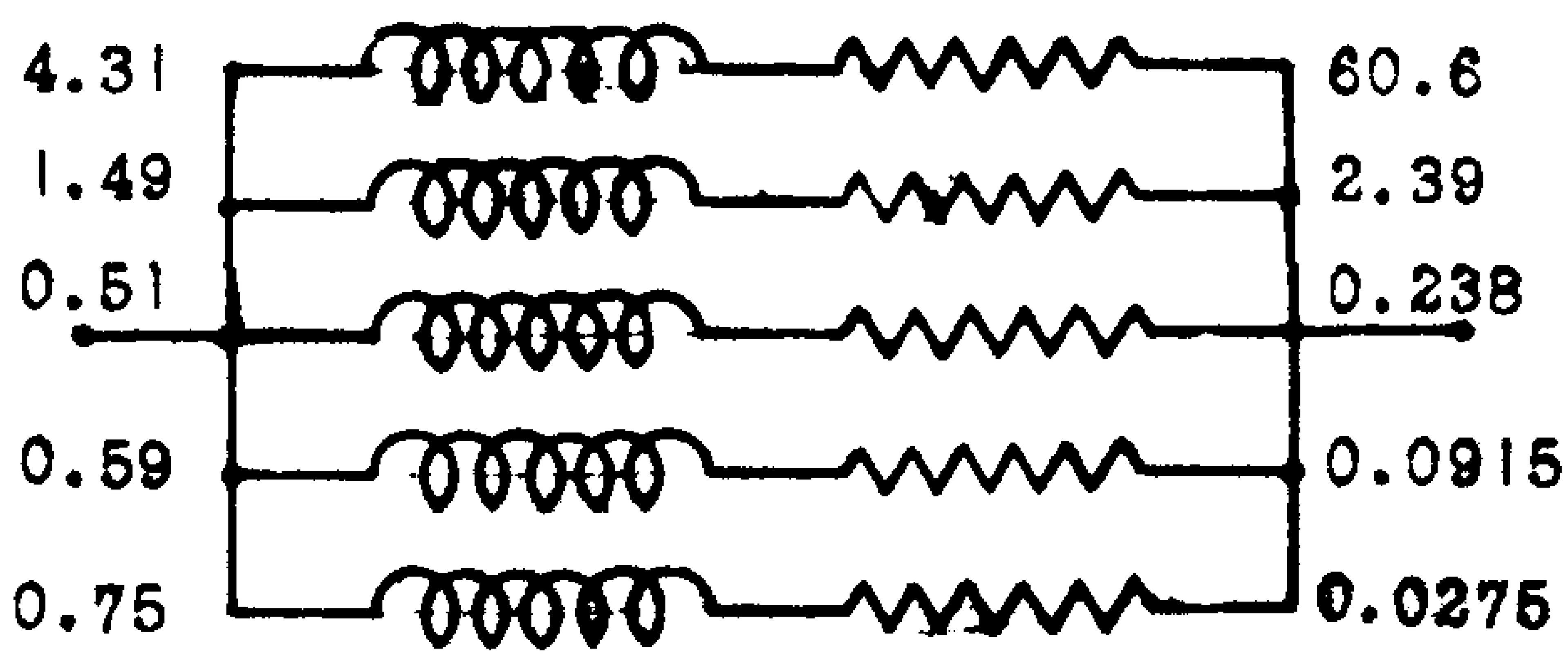
$$Z_a = \frac{1}{1^*} \sum_{i=1}^{5} \frac{\beta_i}{s + \lambda_i} \qquad \text{y} \qquad Z_b = \frac{1^*}{\sum_{i=1}^{5} \frac{\beta_i}{s+\lambda_i}} \quad ,$$

es decir, las impedancias:

Z_a:



Z_b:

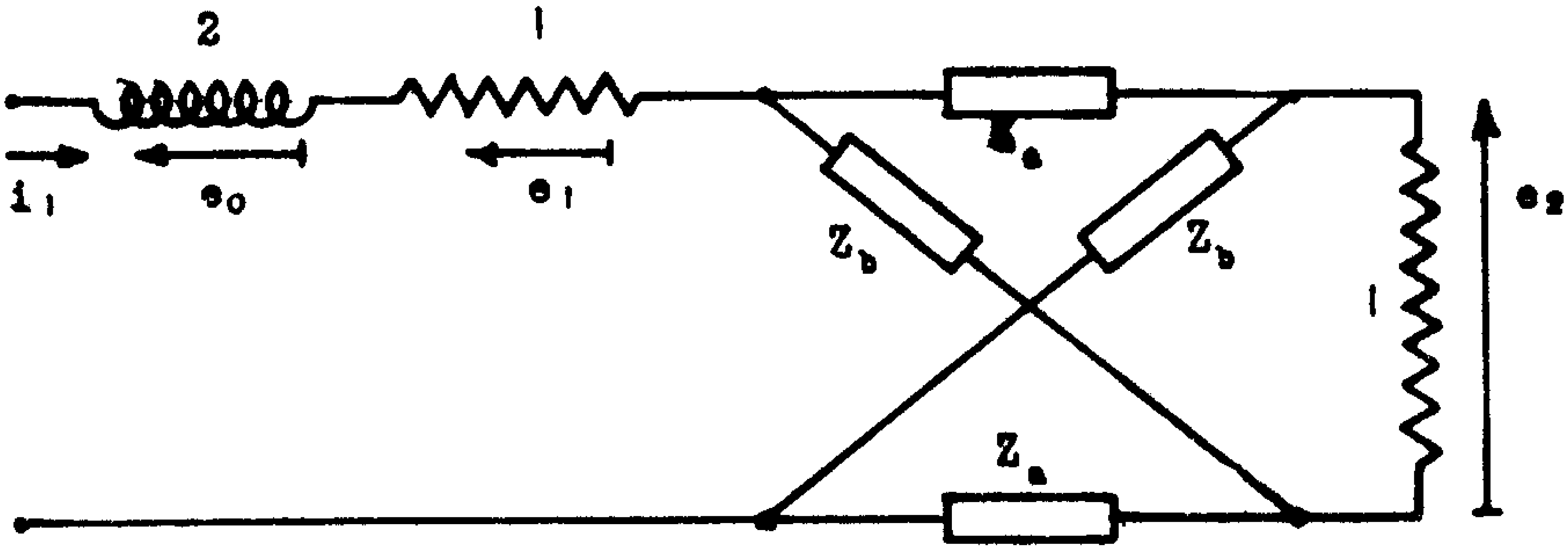


tendremos:

$$sF(s) = \frac{e_2 + i_1}{2i_1}$$

o:
$$F(s) = \frac{e_2 + e_1}{e_0}$$

donde $e_0 = 2si_1$ es el voltaje indicado sobre la figura:



De nuevo, si realizamos el circuito anterior y mediante un generador de corriente hacemos $e_0 = \frac{1}{l^*} n_0 \delta k$, la suma de voltajes $e_2 + e_1 = n_1$.

Para terminar el autor desea agradecer al Dr. M. Cerrillo sus valiosas sugestiones y ayuda para resolver el problema propuesto.