



6 JK

M. J. Gingell - 10

100930

SECCION TECNICA
APLICACIONES
CLASE 11-03
CLASE 11

MEMORIA DESCRIPTIVA PARA SOLICITAR PATENTE DE
INVENCION EN ESPAÑA POR "UNA RED POLIFASICA SI-
METRICA" A NOMBRE DE STANDARD ELECTRICA, S.A.
CON DOMICILIO EN MADRID, CALLE DE RAMIREZ DE
PRADO N^o. 5

Este invento se refiere a una red polifásica simétrica. Para comprender como actúan las redes polifásicas simétricas de acuerdo con el invento debe introducirse el concepto de frecuencia negativa. Si se considera un sistema de cuatro fases que tenga, como se indica en la fig. 1 (A) de los dibujos que se acompañan, las tensiones V , $-jV$, $-V$, $+jV$ aplicadas a sus cuatro terminales de entrada, entonces puede llamarse a la señal de entrada simétrica, puesto que todas las tensiones son de igual magnitud y se encuentran distanciadas 90° , y si denominamos sentido positivo, de una forma convencional, al contrario al de las agujas del reloj, las cuatro serían positivas, estando la tensión 1 adelantada 90° a la tensión 2, similarmente ésta a la tensión 3 y así sucesivamente. Si ahora los vectores girasen en sentido opuesto, es decir, como se muestra en

./..



2.

la figura 1 (B), el sistema seguiría siendo simétrico, pero sería de sentido negativo, toda vez que la tensión 1 seguiría a la tensión 2 en 90°, en lugar de ser seguida por ésta como anteriormente.

20 Considerando de nuevo la tensión 1, pero ahora en la figura 2, puede verse que la misma tiene por valor $V \cos \omega t$, es decir, que es la proyección del vector 1 sobre el eje imaginario, cuando gira en sentido opuesto al de las agujas del reloj. Se verá que cuando se invierte el sentido en que giran los vectores este valor será $-V \cos \omega t$.
25 Y puesto que $-\cos \omega t = \cos(-\omega t)$ puede decirse que, para una fase, el sentido positivo representa ω positiva y el sentido negativo representa ω negativa. Así, al referirnos en adelante a frecuencias positivas y negativas, en relación
30 con las características de las redes de una sola fase, se aplicará el mismo criterio al sentido positivo y negativo de las redes polifásicas compuestas de N fases de red monofásica.

El invento provee una red polifásica simétrica que
35 comprende al menos una sección de red polifásica que tiene, al menos, una primera impedancia en cada una de sus N fases, conectada entre los terminales de entrada y salida de la misma, estando conectada la entrada de cada una de dichas N fases a la salida de una fase adyacente, a través de una
40 segunda impedancia que tiene un ángulo de fase diferente al de la primera impedancia citada.

Esta característica a que nos hemos referido y otras más de acuerdo con el invento, serán mejor comprendidas con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que:

45 las fig. 1 (A) y 1 (B) representan unos diagramas

./..



3.

de vectores de cuatro fases de sentido respectivamente positivo y negativo,

la figura 2 es un diagrama de vectores de cuatro fases de sentido positivo

50 la figura 3 es el esquema del circuito de una red simétrica de cuatro fases de acuerdo con el invento

la figura 4 muestra las características de atenuación de la red a que se refiere el dibujo de la fig. 3

55 la figura 5 muestra las características de atenuación de una red polifásica simétrica que comprende cuatro redes del tipo que se muestra en el dibujo de la figura 3, conectada en cascada

la figura 6 es el esquema de una red trifásica simétrica de acuerdo con el invento

60 la figura 7 muestra la coordenada polo-cero plana de W para una red polifásica simétrica pasiva de acuerdo con el invento

65 la figura 8 es el esquema de dos de las redes simétricas de cuatro fases de la figura 3 conectadas en cascada a través de un transformador de impedancia 1 a j

las figuras 9 (A) y (B) muestran las curvas de respuesta de frecuencia para un sistema de traslación de frecuencias de N rutas, teniendo conectados filtros pasabajo en cada una de sus N rutas

70 las figuras 10 (A) y (B) son las curvas de respuestas de frecuencia de un sistema de traslación de frecuencias de N rutas que utiliza las redes polifásicas simétricas de acuerdo con el invento

75 las figuras 11 (A) a (C) muestran diagramas de vectores, y



5.

simple toma la forma que se muestra en la cadena de puntos línea 1 en el dibujo de la fig. 4

Debe notarse que la entrada de cada fase de la red de acuerdo con la figura 3 se puede conectar, a través de una capacitancia, a la salida de la fase adyacente que la sigue, en vez de hacerlo a la fase adyacente que la precede, en cuyo caso la matriz en cadena sería

$$\begin{matrix} 115 \\ \\ \\ \end{matrix}
 \begin{bmatrix} V_1 \\ \\ I \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1 + j\omega CR}{1 + \omega CR} & \frac{R}{1 + \omega CR} \\ \frac{2jC}{1 + \omega CR} & \frac{1 + j\omega CR}{1 + \omega CR} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_2 \\ \\ I_2 \end{bmatrix} \dots(2)$$

Puede, por tanto, verse en esta matriz que, con $\omega = -1/CR$ se tendrá un cero de transmisión y que la pérdida de inserción para una fase simple tomará la forma que se muestra en la línea de trazos 2 del dibujo de la figura 4.

En cada una de las secciones de red polifásicas simétricas a que nos hemos referido en los párrafos anteriores, se pueden intercambiar la capacitancia C y la resistencia R. Este intercambio da lugar a una inversión de las características de atenuación alrededor de la frecuencia cero e introduce un cambio de fase de 90° en la sección de la red. Por ejemplo, la matriz en cadena (1) para la sección de red de la figura 3 se hace:

$$\begin{matrix} 130 \\ \\ \\ \end{matrix}
 \begin{bmatrix} V_1 \\ \\ I_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1 + j\omega CR}{j(1 + \omega CR)} & \frac{R}{j(1 + \omega CR)} \\ \frac{2j\omega C}{j(1 + \omega CR)} & \frac{1 + j\omega CR}{j(1 + \omega CR)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_2 \\ \\ I_2 \end{bmatrix} \dots(3)$$

cuando se intercambian la capacitancia y la resistencia.

./..



La característica partiendo de una sección de red simple puede no ser muy aconsejable para ciertas aplicaciones en que sea necesario poder regular las características de atenuación, para que tengan una determinada forma. Por ejemplo, puede requerirse la característica de atenuación que se muestra en el dibujo de la figura 5, en cuyo caso sería necesario facilitar cuatro de las secciones de red conectadas en cascada y los ceros de transmisión que se tienen en el lateral inferior de la banda

$$\omega_1 = -1/C_1R_1, \quad \omega_2 = -1/C_2R_2, \quad \omega_3 = -1/C_3R_3, \quad \omega_4 = -1/C_4R_4$$

estarían cada uno independientemente asociados con una de las cuatro fases.

El valor combinado de los elementos del circuito asociados con cada sección de la red, fija la posición de la transmisión cero asociada con esa sección particular de la red y la forma de la sección pasabanda de las características de atenuación que se muestra en la figura 5 se puede variar, produciendo una alteración en el valor de los elementos del circuito asociados con cualquiera de las secciones de la red, mientras que se mantiene el valor combinado de dichos elementos. Con estos medios se puede variar el nivel de atenuación promedio del pasabanda para adaptarle a un requerimiento dado. Habrá, por supuesto, un cambio correspondiente en los niveles mínimos, es decir, en los niveles β que se muestran en la figura 5, para las características de atenuación entre los ceros de transmisión, dando lugar a una variación del nivel medio de atenuación para la sección no pasa de banda de las características de atenuación.

Un método de síntesis que se puede usar para determinar las características de varias secciones de red en cascada

- 6 JAN



7.

comprende la multiplicación de las matrices de estas secciones, para determinar la función de transferencia conjunta en relación con sus elementos, es decir, de las resistencias y capacitancias asociadas con cada sección de red. La función de transferencia de las secciones de la red en cascada, más la modulación en cuadratura, se iguala entonces a la función de transferencia de las dos redes pasatodo equivalentes mas la modulación en cuadratura.

Igualando los coeficientes de las potencias de W se pueden determinar los valores de los elementos de la red polifásica simétrica y obtener así las características deseadas.

La utilización de este procedimiento de síntesis permite obtener redes polifásicas simétricas con hasta cuatro secciones de red en cascada, de diseño sumamente sencillo. Para más de cuatro secciones el álgebra empieza a hacerse complicada, aunque teóricamente no exista límite para la complejidad de las redes.

Se ha encontrado ventajoso, dada esta dificultad, el uso de un computador para la determinación del valor de los elementos de las diferentes secciones de la red, con lo que se tienen las características de pérdida de inserción deseadas.

Las redes polifásicas simétricas, con un número de fases diferente a cuatro, con un poco más complejas, mostrándose en el dibujo de la figura 6, a modo de ejemplo, el esquema de una sección de red de tres fases. Esta sección de red de tres fases que puede ser, por ejemplo, utilizada para suministrar tres fases de 50 Hz para un motor eléctrico, es básicamente igual a la sección de red de la figura 3, con la

./..



diferencia de que las tensiones asociadas con cada fase con diferentes y que hay una resistencia $R/2$ conectada en serie con la capacitancia C entre la entrada de cada fase y la salida de la fase adyacente que la precede. Debe notarse que las modificaciones al diagrama del circuito de la figura 3, a que nos hemos venido refiriendo en párrafos anteriores, son también de aplicación a la disposición de este circuito.

Las tensiones asociadas con cada fase son, respectivamente, V , hV y h^2V , en donde

$$205 \quad h = -\frac{1}{2} + j \sqrt{\frac{3}{2}} \dots (4)$$

$$h^2 = -\frac{1}{2} - j \sqrt{\frac{3}{2}} \dots (5)$$

$$h^3 = 1 \dots (6)$$

$$y \quad h + h^2 + h^3 = 0 \dots (7)$$

$$Ademas \quad \omega_{00} = \frac{2}{\sqrt{3} RC} \dots (8)$$

210 El principal requerimiento de la red polifásica simétrica de acuerdo con el invento es que cada sección de red debe incluir una primera impedancia en cada una de las fases conectadas entre los terminales de entrada y salida de la misma y la entrada de cada fase debe estar conectada a una fase adyacente, es decir, a la inmediata anterior o a la inmediata posterior, a través de otra impedancia con un ángulo de fase distinto al de la primera impedancia.

220 Las redes polifásicas simétricas pasivas a que nos hemos referido en los párrafos anteriores se restringen, por su pasividad, a funciones de transferencia con los polos de transmisión en el eje imaginario de su coordenada polocero plana de ω y los ceros de transmisión en el eje real de esta coordenada, como se ve en el dibujo de la figura 7.

225 Para algunos tipos de funciones los polos de transmisión no están, generalmente, en el eje imaginario. Un méto-

- 6 JUN



9.

do para obtener tales funciones consiste en interponer
unos transformadores de impedancia de 1 a j, de N fases,
de un tipo como el que fué descrito en nuestra patente
M.J. Gingell - 9, en uno o más puntos en la cascada de las
:230 secciones de red, como se indica, por ejemplo, en los dibu-
jos de la figura 8, donde se ha interpuesto un transformador
4 de impedancia 1 a j, de cuatro fases, entre dos secciones
de la red de cuatro fases del tipo que se muestra en el di-
bujo de la figura 3.

235 Se puede obtener una mayor libertad de la posición polar
usando inversores o convertidores de impedancia negativa en
adición a los transformadores de impedancia de 1 a j de N
fases, los cuales, serían interpuestos entre cada fase de
una sección de la red y una de las fases correspondientes de
240 un transformador de impedancia 1 a j de N fases.

Las redes polifásicas simétricas a que nos hemos venido
refiriendo en los párrafos anteriores, tienen una aplicación
particular, aunque no necesariamente exclusiva, en el siste-
ma de traslación de frecuencias de N rutas que fué descrito
245 en la patente inglesa Especificación nº. 1.098,250 o igual-
mente en la generación de costados de banda simples, de for-
ma similar pero superior a la modulación en cuadratura
convencional.

La función de transferencia del sistema de traslación
250 de frecuencias de N rutas se define por

$$V_0(p) = K.H. (p-p_1) \cdot V_1 (p-p_1 + P_2)$$

en donde K es una constante.

H (p) es la función de transferencia de la red o redes
en las N rutas

255
$$P_1 = j2 \pi f_1$$

./..



$$P_2 = j^2 f_2$$

f_1 es la frecuencia de entrada

f_2 es la frecuencia de salida

Puede verse que la función de transferencia $H(p)$ se
260 trasladada a lo largo del eje de frecuencias real una canti-
dad f_1 . Normalmente, con el sistema de filtros de N rutas
en que $p_1 = p_2$ ello daría lugar a una característica de
pasabanda simétrica alrededor de la frecuencia f_1 . Si se
conectan filtros pasabajo en las N rutas, la característica
265 resultante será la de un filtro pasabajo desplazado (inclu-
yendo la de las frecuencias negativas, en que sería la ima-
gen vista en espejo de la respuesta de frecuencia positiva).
Ello se muestra en el dibujo de las figuras 9 (A) y (B).
Las características simétricas suelen resultar muy poco
270 aprovechadas cuando se trata de procesos de modulación. En
tales casos se necesita mucha mayor atenuación a un costado
del pasabanda que en el otro. Con el uso de las redes poli-
fásicas simétricas de acuerdo con el invento la caracterís-
tica se puede adaptar a lo requerido con mayor eficiencia.
275 Además, no es ya necesario que la frecuencia de conmutación
o portadora esté en el centro de la banda. Las figuras 10
(A) y (B) ilustran esto con un ejemplo.

Las redes polifásicas simétricas de acuerdo con el in-
vento pueden también emplearse para dividir una fase única
280 en varias fases.

De acuerdo con la teoría de los componentes simétricos
cualquier sistema desequilibrado de N vectores puede ser re-
presentado por la suma de N sistemas de vectores simétricos.
Si, por ejemplo, un sistema de dos fase (en cuadratura) se
285 considera con una entrada de V solamente en una fase, ello



es equivalente a la ampliación simultánea de dos señales de dos fases de sentido opuesto, como se muestra en los dibujos de las figuras 11 (A) a 11 (C). Si la función de transferencia del sistema es $H(p)$ para el sistema de vectores de la figura 11 (B) entonces será $H(-p)$ para el sistema de vectores de la figura 11 (C). La figura 12 muestra un sistema de dos fases con entrada en una fase solamente, que incluye una red de dos fases 10 que tiene la entrada V_1 para una fase (en este caso la fase 1) conectada a un origen de tensión V y la salida V_2 para la otra fase (en este caso la fase 2) conectada al potencial de tierra $V_2 = 0$. La salida de tensión V_3 de la fase 1 está conectada, a través de un modulador 7 y una unidad sumadora 9, a la salida y la salida de tensión V_4 de la fase 2 se haya conectada, a través de un modulador 8 y la unidad sumadora 9, a la salida.

A la salida de la fase 1, por lo tanto.

$$V_3 = \frac{V}{2} (H(p) + H(-p))$$

y en la fase 2

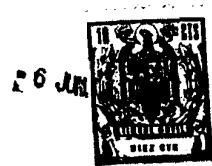
$$V_4 = j \frac{V}{2} (H(p) - H(-p))$$

Si se aplica entonces una modulación en cuadratura a V_3 y a V_4 , como se muestra en la figura 12, la salida resultante será

$$V_o(p) = \frac{V(p \pm p_c)}{2} \left[H(p) + H(-p) \pm j(jH(p) - jH(-p)) \right]$$

$$= H(p) V(p - p_c) + H(-p) V(p + p_c)$$

El efecto es el mismo que si se hiciera primero la modulación, seguida por un tipo normal de filtro con la respuesta $H(p + p_c)$. Para este fin la característica de la red polifásica debe ser la misma de la figura 10. El castado de banda inferior sería entonces suprimido, pasándose el castado de banda superior $V(p + p_c)$. Debe notarse que una



12.

versión de una red de dos fases, de acuerdo con el invento, no se puede realizar de forma práctica, pero este método básico se puede emplear para cualquier número de fases y puede, por tanto, adaptarse para las redes polifásicas simétricas de acuerdo con el invento.

Debe también ser notada que la red de la figura 12 se puede emplear sin moduladores, simplemente como un circuito para obtener una salida de dos fases con una entrada de una sola fase. Ello con tal de que la red ofrezca una atenuación suficiente a las entradas de sentido negativo y que pase las entradas de sentido positivo. La figura 11 muestra una característica adecuada. De modo similar es posible generar una salida de N fases, a partir de una entrada de una sola fase.

Es de comprender que la descripción que antecede de ejemplos específicos de este invento se hace únicamente a modo de ejemplo y no debe considerarse como una limitación de su finalidad.

Este invento corresponde a una solicitud de patente formulada en Inglaterra el día 7 de junio de 1968, señalada con el nº 27162/68 y se acoge, por tanto, a los beneficios que otorgan los convenios internacionales vigentes.

- - - - - N O T A - - - - -

Los puntos de inversión propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta patente de veinte años son los siguientes:

1.- Una red polifásica simétrica que comprende por lo menos una sección de red polifásica que tiene una primera impedancia en cada una de sus N fases conectada entre los terminales de entrada y de salida de la misma, estando conectada la entrada de cada una de dichas N fases a la salida de una fase



13.

adyacente a través de una segunda impedancia que tiene un ángulo de fase diferente al de la mencionada primera impedancia.

350 2.- Una red polifásica simétrica como se reivindica en la reivindicación 1 en la que la mencionada fase adyacente es una fase precedente.

3. Una red polifásica simétrica como se reivindica en la reivindicación 1 en la que la mencionada fase adyacente es una fase posterior.

355 4.- Una red polifásica simétrica como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones anteriores en la que, cuando N es igual a cuatro, dicha primera impedancia está formada por una primera resistencia o por una primera capacitancia.

360 5.- Una red polifásica simétrica como se reivindica en la reivindicación 4 en que dicha segunda impedancia está formada por una segunda capacitancia cuando dicha primera impedancia está formada por una primera resistencia.

365 6.- Una red polifásica simétrica como se reivindica en la reivindicación 4 en que dicha segunda impedancia está formada por una segunda resistencia cuando dicha primera impedancia está formada por una primera capacitancia.

370 7.- Una red polifásica simétrica como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1 á 3 en la que, cuando N es igual a tres, dicha primera impedancia está formada por una primera resistencia o por una primera capacitancia, en uno u otro caso conectada en serie con una segunda resistencia.

375 8.- Una red polifásica simétrica como se reivindica en la reivindicación 7 en la que dicha segunda impedancia está formada por una segunda capacitancia conectada en serie con



una tercera resistencia cuando dicha primera impedancia está formada por una primera resistencia.

380 9.- Una red polifásica simétrica como se reivindica en la reivindicación 7 en que dicha segunda impedancia está formada por una tercera resistencia cuando dicha primera impedancia está formada por una primera capacitancia conectada en serie con una segunda resistencia.

385 10.- Una red polifásica simétrica como se reivindica en cualquiera de las precedentes reivindicaciones en la que, cuando existen dos o más de las mencionadas secciones de red polifásica, éstas están conectadas en cascada.

390 11.- Una red polifásica simétrica como se reivindica en la reivindicación 10, que incluye también, por lo menos, un transformador de impedancia de 1 a j, de N fases, cada uno de los cuales se haya interpuesto entre dos independientes de las dichas secciones de red polifásica simétrica.

395 12.- Una red polifásica simétrica como se reivindica en la reivindicación 11, la cual también incluye unos inversores o convertidores de impedancia negativa interpuestos entre cada fase cualquiera de uno cualquiera de dichos transformadores de impedancia de 1 a j, de N fases, y las fases correspondientes a una sección de red polifásica.

400 13.- Una red polifásica simétrica sustancialmente como ha sido hasta aquí descrito con referencia a las figuras 1, 2, 3, y 4 de los dibujos que se acompañan.

14.- Una red polifásica simétrica sustancialmente como ha sido aquí descrito con referencia a las figuras 1, 2, 3 y 5 de los dibujos que se acompañan.

405 15.- Una red polifásica simétrica sustancialmente como ha sido hasta aquí descrito con referencia a la figura 6 de los

15 JUN 1952



15.

dibujos que se acompañan.

16.- Una red polifásica simétrica sustancialmente como ha sido hasta aquí descrito con referencia a las figuras 7 y 8 de los dibujos que se acompañan.

410 17.- Una red polifásica simétrica como se reivindica en cualquiera de las precedentes reivindicaciones que es utilizada en un sistema de traslación de frecuencia de N rutas.

415 18.- Una red polifásica simétrica como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1 á 16 sustancialmente como se ha descrito anteriormente con referencia a las figuras 9 y 10 de los dibujos que se acompañan, que se utiliza en un sistema de traslación de N rutas.

420 19.- Una red polifásica simétrica como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1 á 16, que forma parte de un generador de banda de un costado.

20.- Una red polifásica simétrica como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1 á 16 que se utiliza en un sistema de división de fases.

425 21.- Una red polifásica simétrica como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1 á 16, en el que la salida de cada fase de la red polifásica simétrica es modulada antes de ser aplicada a una unidad sumadora, la salida de la cual es la salida de dicho modulador polifásico, cuya red polifásica simétrica se utiliza en un modulador polifásico.

430 22.- Una red polifásica simétrica como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1 á 16, sustancialmente como ha sido hasta aquí descrito con referencia a las figuras 11 y 12 de los dibujos que se acompañan, la cual red polifásica simétrica es utilizada en un modulador polifásico.

./..

6 JUN



16.-

435

23.- Una red polifásica simétrica.

Tal y cómo se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y a los fines especificados.

440

Esta Memoria consta de diez y seis hojas escritas por una sola carta.

Madrid, 6 JUN. 1969



Eugenio Barroso
EUGENIO BARROSO
Secretario General



Fig. 1.

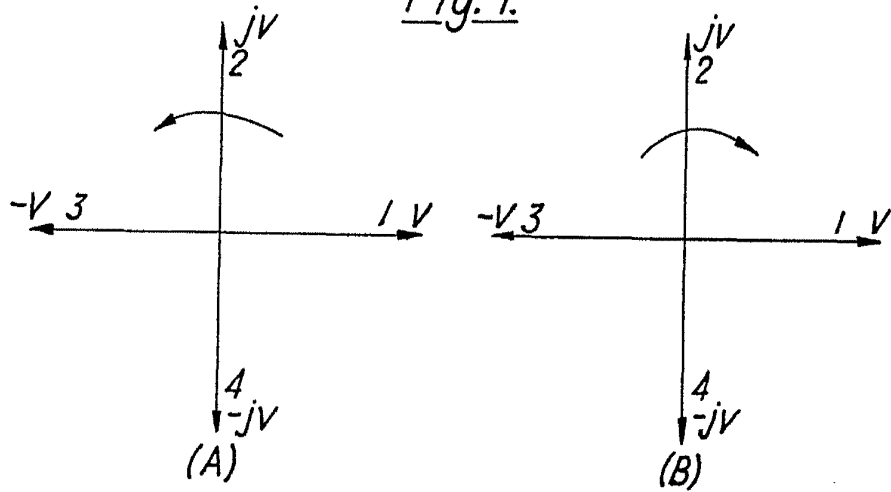
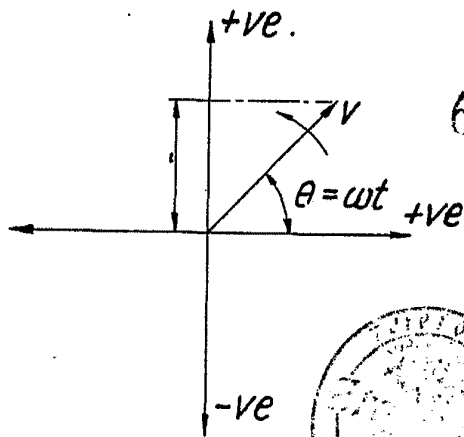


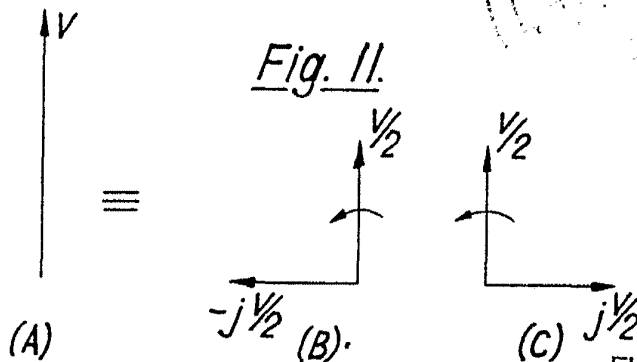
Fig. 2.



6 JUN 1969



Fig. II.



EUGENIO BARRIOS
Secretario General



Fig. 3.

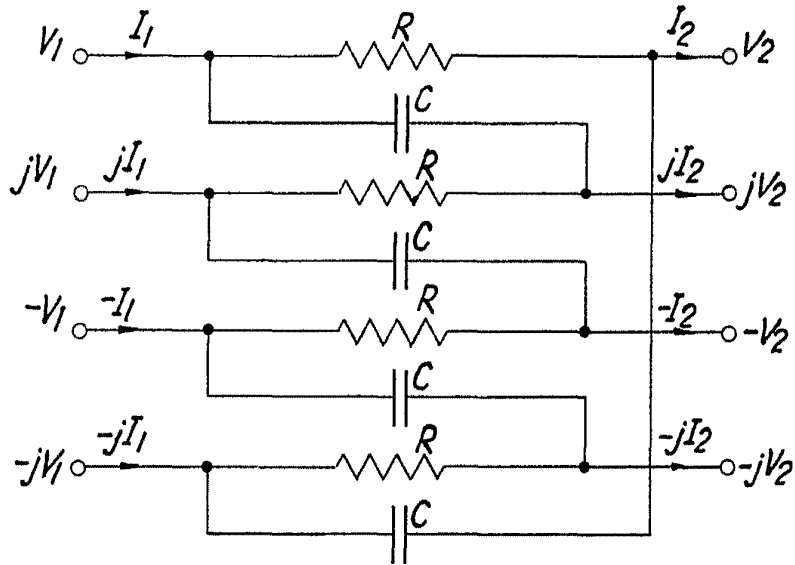
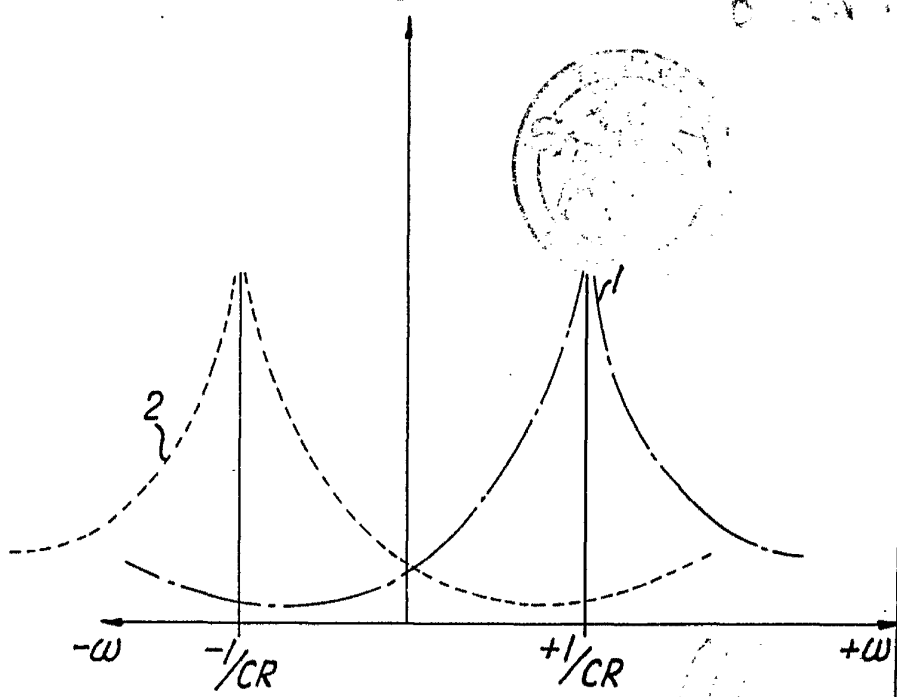


Fig. 4.



EUGENIO BARROSO
- Secretario General



Fig. 6.

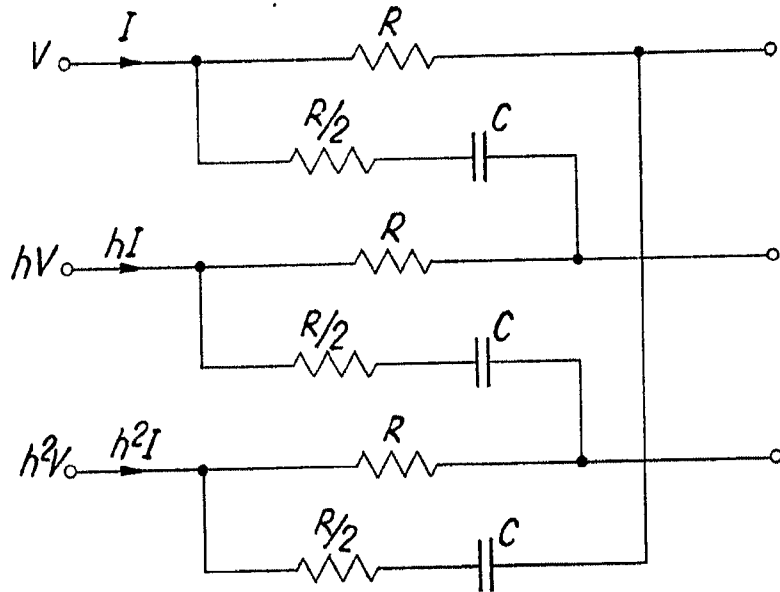
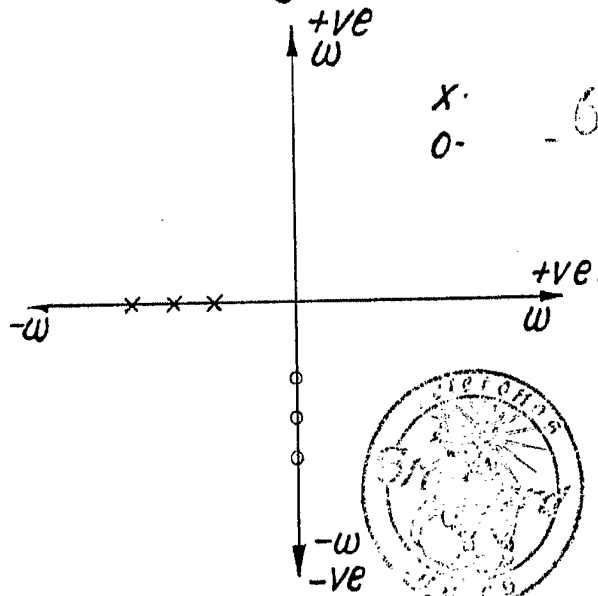


Fig. 7.



Eugenio Barroso
EUGENIO BARROSO
 Secretario General



Fig. 8.

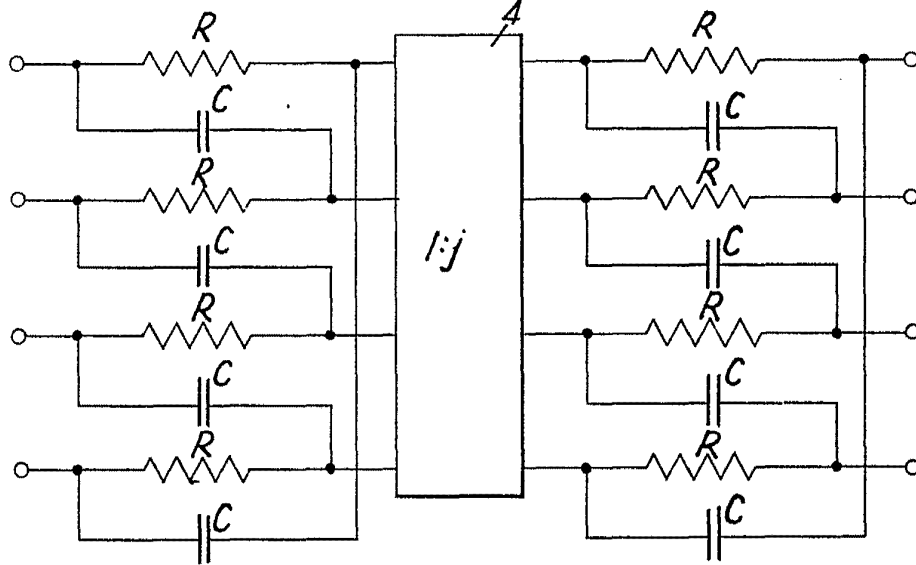
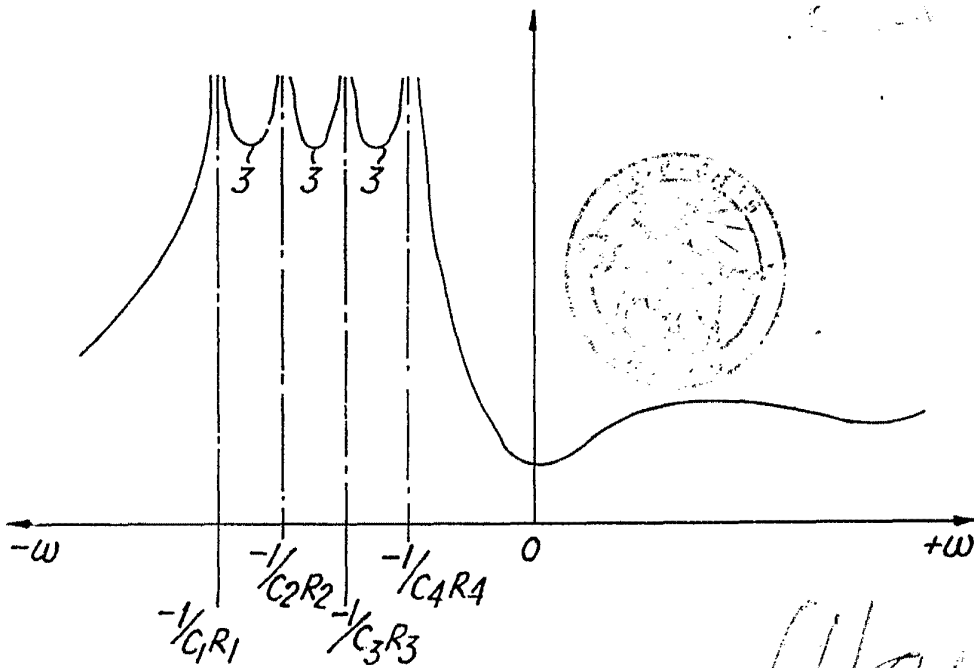


Fig. 5.



Wauy
 EUGENIO BARROSO
 Secretario General



Fig. 9.

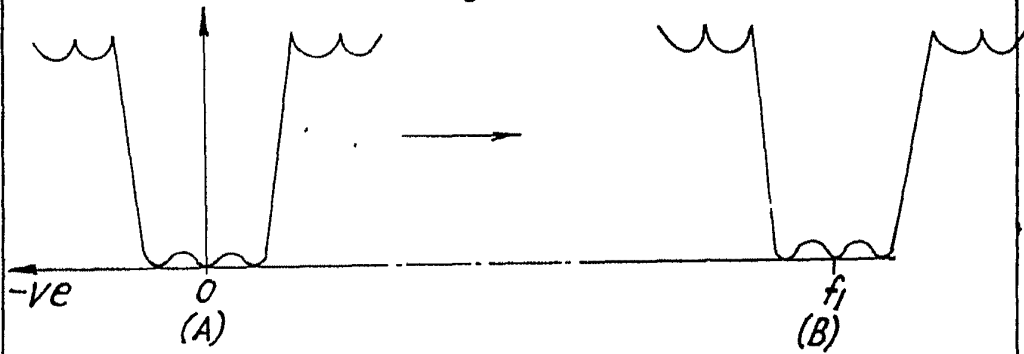


Fig. 10.

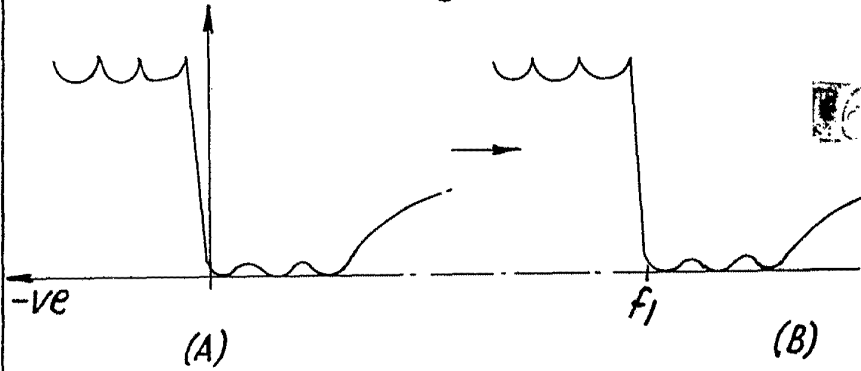
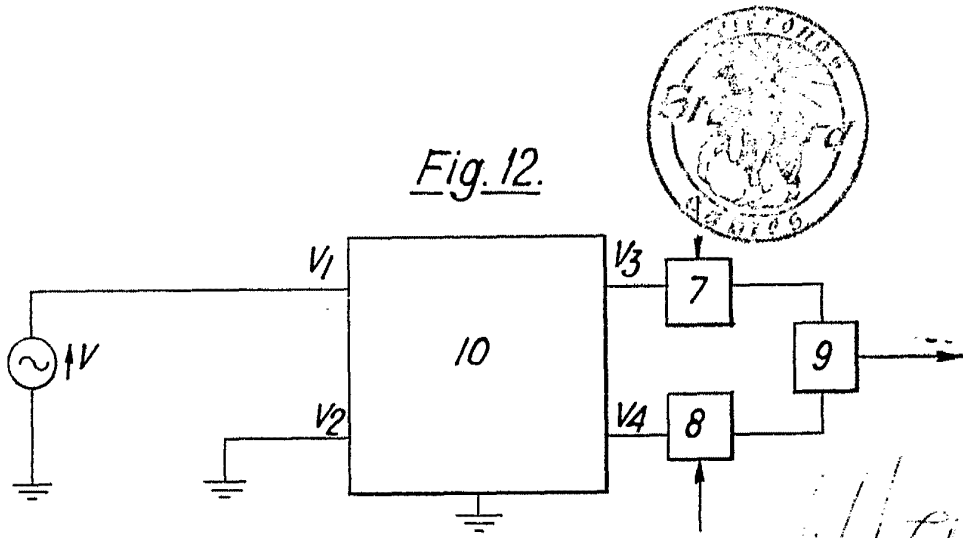


Fig. 12.



Eugenio Barroso
EUGENIO BARROSO
Secretario General