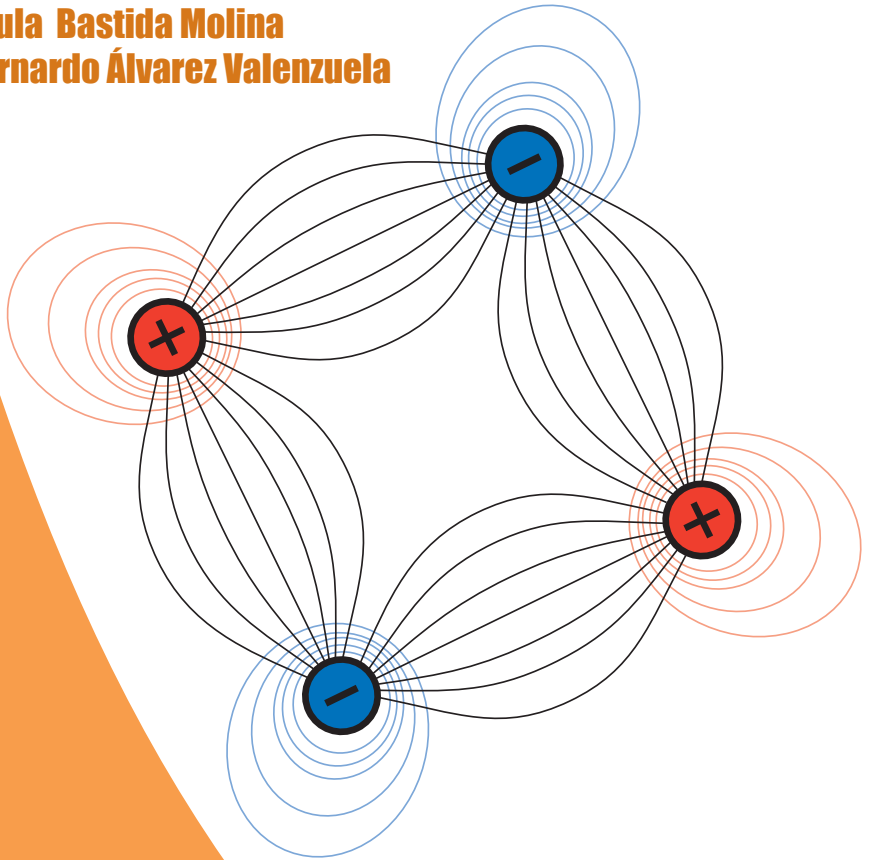


Cuadripolos y acoplamientos magnéticos

Problemas resueltos

M^a Pilar Molina Palomares
Paula Bastida Molina
Bernardo Álvarez Valenzuela



M^a Pilar Molina Palomares
Paula Bastida Molina
Bernardo Álvarez Valenzuela

Cuadripolos y acoplamientos magnéticos

Problemas resueltos

Colección *Académica*

Para referenciar esta publicación utilice la siguiente cita: Molina Palomares, M^a P.; Bastida Molina, P.; Álvarez Valenzuela, B. (2020). *Cuadripolos y acoplamientos magnéticos. Problemas resueltos*. Valencia: Editorial Universitat Politècnica de València

© M^a Pilar Molina Palomares
Paula Bastida Molina
Bernardo Álvarez Valenzuela

© 2020, Editorial Universitat Politècnica de València
Venta: www.lalibreria.upv.es / Ref.: 0364_06_01_01

Imprime: Byprint Percom, S. L.

ISBN: 978-84-9048-947-5
Impreso bajo demanda

Si el lector detecta algún error en el libro o bien quiere contactar con los autores, puede enviar un correo a edicion@editorial.upv.es

La Editorial UPV autoriza la reproducción, traducción y difusión parcial de la presente publicación con fines científicos, educativos y de investigación que no sean comerciales ni de lucro, siempre que se identifique y se reconozca debidamente a la Editorial UPV, la publicación y los autores. La autorización para reproducir, difundir o traducir el presente estudio, o compilar o crear obras derivadas del mismo en cualquier forma, con fines comerciales/lucrativos o sin ánimo de lucro, deberá solicitarse por escrito al correo edicion@editorial.upv.es

Impreso en España

Prólogo

El presente libro propone un modelo de aprendizaje basado en problemas que apoya el estudio de los conceptos estudiados en asignaturas relacionadas con la tecnología eléctrica de distintos grados de ingeniería. Bajo esta premisa, se presentan problemas relacionados entre sí y ordenados gradualmente en nivel de dificultad, manteniendo la misma propuesta que ya se vio en otro libro de los autores titulado *Circuitos Eléctricos: problemas resueltos* (2020). A diferencia del libro mencionado -donde se trabajaron los principios fundamentales del análisis de circuitos- en este que ahora se presenta, se aborda el estudio de la parte de los circuitos eléctricos dedicada al tramo intermedio entre la alimentación y el consumo de la energía, adecuando la generación de energía a la carga mediante cuadripolos o/y variando los parámetros “V” e “I” de la potencia mediante acoplamientos magnéticos.

El seguimiento de los contenidos recogidos aquí requiere que el estudiante domine los fundamentos de física y los principios del análisis de circuitos eléctricos. No obstante, los autores han introducido un repaso previo de estos fundamentos de manera que el estudiante pueda recordar y asentar los mismos antes de pasar a la resolución de los problemas.

En cuanto a la estructura del contenido, para cada tema se definen los nuevos conceptos introducidos y se proponen una serie de problemas que incluyen el enunciado y el desarrollo completo de la resolución del problema explicado ampliamente. Cuando el estudiante accede a esta resolución completa, puede comprobar el nivel de asimilación de conceptos y detectar los puntos donde necesita mayor práctica. Además, parte de los problemas que aquí se recogen han figurado en los ejercicios de evaluación (exámenes) de distintas asignaturas de ingeniería.

Índice

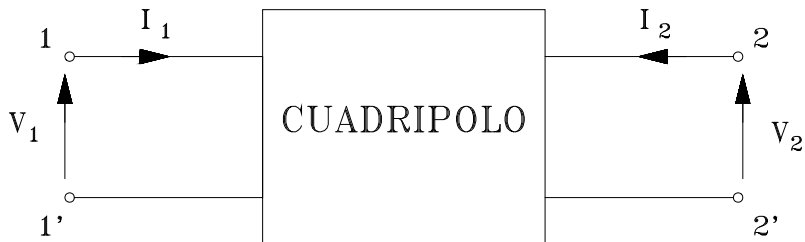
Prólogo.....	I
Capítulo 1. Cuadripolos lineales	1
1.1. Definición	1
1.2. Parámetros.....	2
1.3. Reciprocidad y simetría	9
1.4. Circuitos equivalentes en "T" y en "PI"	9
1.5. Funciones de transferencia.....	10
1.6. Cuadripolos activos.....	11
Problemas resueltos	15
Capítulo 2. Acoplamientos magnéticos.....	73
2.1. Definición	73
2.2. Inducción mutua y coeficiente de acoplamiento mutuo.....	73
2.3. Ecuaciones de los acoplamientos magnéticos.....	74
2.4. Circuito conductivo equivalente	75
2.5. Potencia transferida entre bobinas acopladas magnéticamente.....	75
Problemas resueltos	76
Bibliografía.....	117

Capítulo 1

Cuadripolos lineales

1.1. Definición

Un cuadripolo es cualquier parte de un circuito eléctrico con dos pares de terminales accesibles. Los sentidos de sus magnitudes características serán los representados en la figura:



A los terminales 1 - 1' se llaman de entrada y los 2 - 2' de salida. En estos terminales las magnitudes características serán:

V_1 . Tensión de entrada.

I_1 . Intensidad de entrada.

V_2 . Tensión de salida.

I_2 . Intensidad de salida.

1.2. Parámetros

En este apartado se definen los distintos tipos de parámetros de cuadripolos.

Es importante tener en cuenta los siguientes enunciados respecto a los mismos:

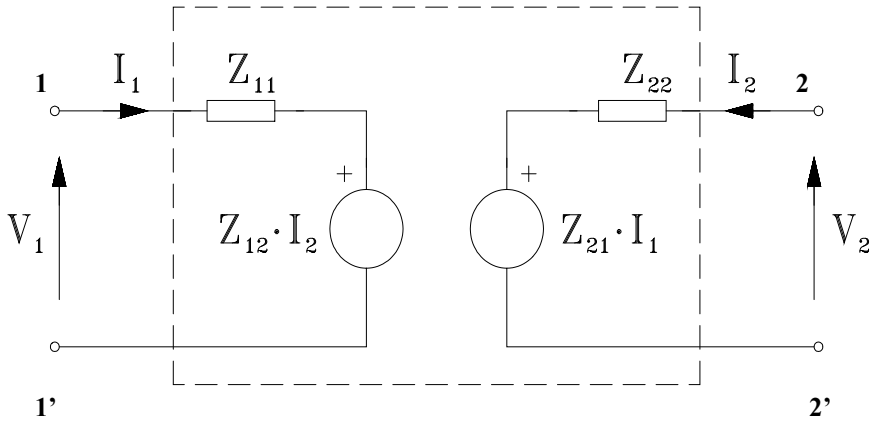
- Los parámetros son constantes independientes de las condiciones de alimentación del cuadripolo.
- Cualquier grupo de parámetros caracteriza completamente el funcionamiento del cuadripolo.
- Para corriente continua (cc) o cuadripolos resistivos los parámetros serán números reales (resistencias).

Parámetros de resistencia o impedancia

Los parámetros de resistencia o impedancia se definen de este modo:

$$\left. \begin{array}{l} \vec{V}_1 = \vec{Z}_{11} \cdot \vec{I}_1 + \vec{Z}_{12} \cdot \vec{I}_2 \\ \vec{V}_2 = \vec{Z}_{21} \cdot \vec{I}_1 + \vec{Z}_{22} \cdot \vec{I}_2 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \vec{Z}_{11} = \left. \frac{\vec{V}_1}{\vec{I}_1} \right|_{\vec{I}_2=0} \Rightarrow \left(\begin{array}{l} \text{Impedancia de entrada} \\ \text{con la salida en vacío} \end{array} \right) \\ \vec{Z}_{12} = \left. \frac{\vec{V}_1}{\vec{I}_2} \right|_{\vec{I}_1=0} \Rightarrow \left(\begin{array}{l} \text{Impedancia de} \\ \text{transferencia inversa} \\ \text{con la entrada en vacío} \end{array} \right) \\ \vec{Z}_{21} = \left. \frac{\vec{V}_2}{\vec{I}_1} \right|_{\vec{I}_2=0} \Rightarrow \left(\begin{array}{l} \text{Impedancia de} \\ \text{transferencia directa} \\ \text{con la salida en vacío} \end{array} \right) \\ \vec{Z}_{22} = \left. \frac{\vec{V}_2}{\vec{I}_2} \right|_{\vec{I}_1=0} \Rightarrow \left(\begin{array}{l} \text{Impedancia de salida} \\ \text{con la entrada en vacío} \end{array} \right) \end{array}$$

El circuito conductivo equivalente será el representado en la siguiente figura:

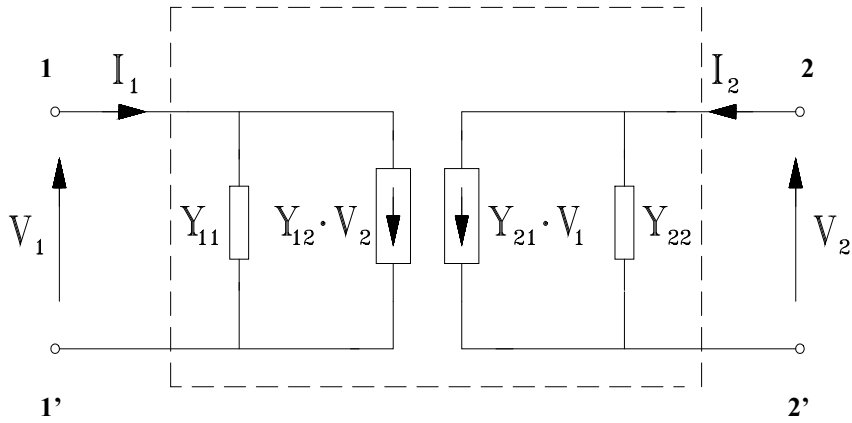


Parámetros de conductancia o admitancia

Los parámetros de conductancia o admitancia se definen de este modo:

$$\left. \begin{aligned} \vec{I}_1 &= \vec{Y}_{11} \cdot \vec{V}_1 + \vec{Y}_{12} \cdot \vec{V}_2 \\ \vec{I}_2 &= \vec{Y}_{21} \cdot \vec{V}_1 + \vec{Y}_{22} \cdot \vec{V}_2 \end{aligned} \right\} \begin{cases} \vec{Y}_{11} = \left. \frac{\vec{I}_1}{\vec{V}_1} \right|_{\vec{V}_2=0} \Rightarrow \left(\begin{array}{l} \text{Admitancia de entrada con} \\ \text{la salida en cortocircuito} \end{array} \right) \\ \vec{Y}_{12} = \left. \frac{\vec{I}_1}{\vec{V}_2} \right|_{\vec{V}_1=0} \Rightarrow \left(\begin{array}{l} \text{Admitancia de} \\ \text{transferencia inversa con} \\ \text{la entrada en cortocircuito} \end{array} \right) \\ \vec{Y}_{21} = \left. \frac{\vec{I}_2}{\vec{V}_1} \right|_{\vec{V}_2=0} \Rightarrow \left(\begin{array}{l} \text{Admitancia de} \\ \text{transferencia directa con} \\ \text{la salida en cortocircuito} \end{array} \right) \\ \vec{Y}_{22} = \left. \frac{\vec{I}_2}{\vec{V}_2} \right|_{\vec{V}_1=0} \Rightarrow \left(\begin{array}{l} \text{Admitancia de salida con} \\ \text{la entrada en cortocircuito} \end{array} \right) \end{cases}$$

El circuito conductivo equivalente será el representado en la siguiente figura:

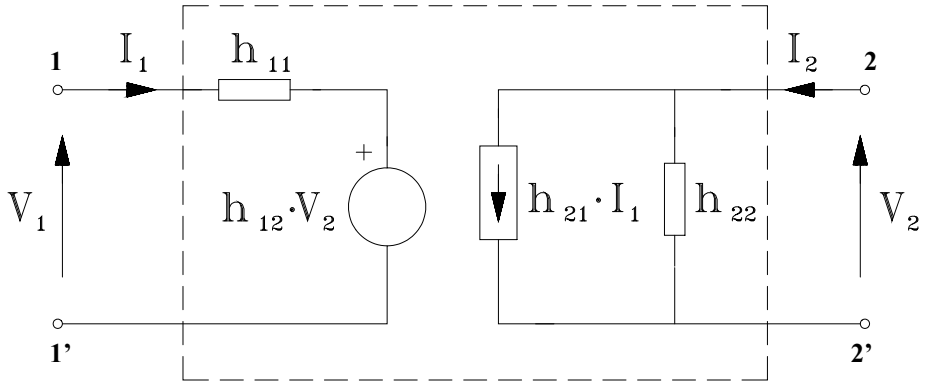


Parámetros híbridos directos

Los parámetros híbridos directos se definen de este modo:

$$\left. \begin{aligned} \vec{V}_1 &= \vec{h}_{11} \cdot \vec{I}_1 + \vec{h}_{12} \cdot \vec{V}_2 \\ \vec{I}_2 &= \vec{h}_{21} \cdot \vec{I}_1 + \vec{h}_{22} \cdot \vec{V}_2 \end{aligned} \right\} \begin{cases} \vec{h}_{11} = \frac{\vec{V}_1}{\vec{I}_1} \Big|_{\vec{V}_2=0} \Rightarrow \left(\begin{array}{l} \text{Impedancia de entrada con} \\ \text{la salida en cortocircuito} \end{array} \right) \\ \vec{h}_{12} = \frac{\vec{V}_1}{\vec{V}_2} \Big|_{\vec{I}_1=0} \Rightarrow \left(\begin{array}{l} \text{Amplificación inversa} \\ \text{de tensión con la} \\ \text{entrada en vacío} \end{array} \right) \\ \vec{h}_{21} = \frac{\vec{I}_2}{\vec{I}_1} \Big|_{\vec{V}_2=0} \Rightarrow \left(\begin{array}{l} \text{Amplificación directa} \\ \text{de intensidad con la} \\ \text{salida en cortocircuito} \end{array} \right) \\ \vec{h}_{22} = \frac{\vec{I}_2}{\vec{V}_2} \Big|_{\vec{I}_1=0} \Rightarrow \left(\begin{array}{l} \text{Admitancia de salida con} \\ \text{la entrada en vacío} \end{array} \right) \end{cases}$$

El circuito conductivo equivalente será el representado en la siguiente figura:

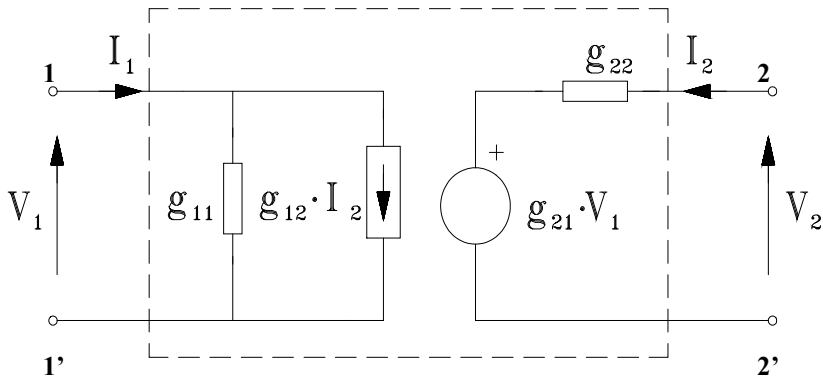


Parámetros híbridos inversos

Los parámetros híbridos inversos se definen de este modo:

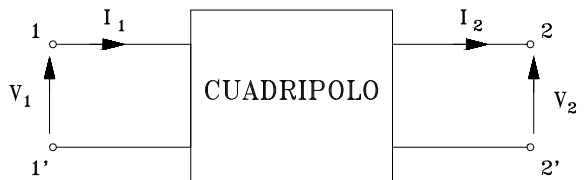
$$\left. \begin{array}{l} \vec{I}_1 = \vec{g}_{11} \cdot \vec{V}_1 + \vec{g}_{12} \cdot \vec{I}_2 \\ \vec{V}_2 = \vec{g}_{21} \cdot \vec{V}_1 + \vec{g}_{22} \cdot \vec{I}_2 \end{array} \right\} \begin{cases} \vec{g}_{11} = \left. \frac{\vec{I}_1}{\vec{V}_1} \right|_{\vec{I}_2=0} \Rightarrow \left(\begin{array}{l} \text{Admitancia de entrada} \\ \text{con la salida en vacío} \end{array} \right) \\ \vec{g}_{12} = \left. \frac{\vec{I}_1}{\vec{I}_2} \right|_{\vec{V}_1=0} \Rightarrow \left(\begin{array}{l} \text{Amplificación inversa} \\ \text{de intensidad con la} \\ \text{entrada en cortocircuito} \end{array} \right) \\ \vec{g}_{21} = \left. \frac{\vec{V}_2}{\vec{V}_1} \right|_{\vec{I}_2=0} \Rightarrow \left(\begin{array}{l} \text{Amplificación directa} \\ \text{de tensión con la} \\ \text{salida en vacío} \end{array} \right) \\ \vec{g}_{22} = \left. \frac{\vec{V}_2}{\vec{I}_2} \right|_{\vec{V}_1=0} \Rightarrow \left(\begin{array}{l} \text{Impedancia de salida con} \\ \text{la entrada en cortocircuito} \end{array} \right) \end{cases}$$

El circuito conductivo equivalente será el representado en la siguiente figura:



Parámetros de transmisión

Los parámetros de transmisión son un grupo específico de parámetros en donde la corriente de salida se toma en dirección contraria.



Existen dos tipos de parámetros de transmisión, directa e inversa, los cuáles se definen a continuación.

Parámetros de transmisión directa

Los parámetros de transmisión directa se definen de este modo:

$$\left. \begin{array}{l} \vec{V}_1 = \vec{A} \cdot \vec{V}_2 + \vec{B} \cdot (-\vec{I}_2) \\ \vec{I}_1 = \vec{C} \cdot \vec{V}_2 + \vec{D} \cdot (-\vec{I}_2) \end{array} \right\} \begin{array}{l} \vec{A} = \left. \frac{\vec{V}_1}{\vec{V}_2} \right|_{\vec{I}_2=0} \Rightarrow \left(\begin{array}{l} \text{Amplificación inversa} \\ \text{de tensión con la} \\ \text{salida en vacío} \end{array} \right) \\ \vec{B} = - \left. \frac{\vec{V}_1}{\vec{I}_2} \right|_{\vec{V}_2=0} \Rightarrow \left(\begin{array}{l} \text{Impedancia de} \\ \text{transferencia inversa con} \\ \text{la salida en cortocircuito} \end{array} \right) \\ \vec{C} = \left. \frac{\vec{I}_1}{\vec{V}_2} \right|_{\vec{I}_2=0} \Rightarrow \left(\begin{array}{l} \text{Admitancia de} \\ \text{transferencia inversa} \\ \text{con la salida en vacío} \end{array} \right) \\ \vec{D} = - \left. \frac{\vec{I}_1}{\vec{I}_2} \right|_{\vec{V}_2=0} \Rightarrow \left(\begin{array}{l} \text{Amplificación inversa} \\ \text{de intensidad con la} \\ \text{salida en cortocircuito} \end{array} \right) \end{array}$$

Parámetros de transmisión inversa

Los parámetros de transmisión inversa se definen de este modo:

$$\left. \begin{array}{l} \vec{V}_2 = \vec{A}' \cdot \vec{V}_1 + \vec{B}' \cdot (-\vec{I}_1) \\ \vec{I}_2 = \vec{C}' \cdot \vec{V}_1 + \vec{D}' \cdot (-\vec{I}_1) \end{array} \right\} \begin{array}{l} \vec{A}' = \left. \frac{\vec{V}_2}{\vec{V}_1} \right|_{\vec{I}_1=0} \Rightarrow \left(\begin{array}{l} \text{Amplificación directa} \\ \text{de tensión con la} \\ \text{entrada en vacío} \end{array} \right) \\ \vec{B}' = - \left. \frac{\vec{V}_2}{\vec{I}_1} \right|_{\vec{V}_1=0} \Rightarrow \left(\begin{array}{l} \text{Impedancia de} \\ \text{transferencia directa con} \\ \text{la entrada en cortocircuito} \end{array} \right) \\ \vec{C}' = \left. \frac{\vec{I}_2}{\vec{V}_1} \right|_{\vec{I}_1=0} \Rightarrow \left(\begin{array}{l} \text{Admitancia de} \\ \text{transferencia directa} \\ \text{con la entrada en vacío} \end{array} \right) \\ \vec{D}' = - \left. \frac{\vec{I}_2}{\vec{I}_1} \right|_{\vec{V}_1=0} \Rightarrow \left(\begin{array}{l} \text{Amplificación inversa} \\ \text{de intensidad con la} \\ \text{entrada en cortocircuito} \end{array} \right) \end{array}$$

Relaciones entre parámetros

En la siguiente tabla se muestran las relaciones entre los distintos parámetros. Tiene doble entrada, por arriba para definir qué parámetros tenemos y por la izquierda para señalar cuales queremos obtener. Utilizada de esa forma las formulas corresponden a las necesarias para obtener los parámetros en el orden que van en las ecuaciones: arriba 11, 12 y debajo 21 y 22. Así, por ejemplo, si tenemos los “h” y queremos los “Z”:

$$\vec{Z}_{11} = \frac{\Delta \vec{h}}{\vec{h}_{22}}; \quad \vec{Z}_{12} = \frac{\vec{h}_{12}}{\vec{h}_{22}}; \quad \text{Donde } \Delta \vec{h} = \vec{h}_{11} \cdot \vec{h}_{22} - \vec{h}_{12} \cdot \vec{h}_{21}$$

$$\vec{Z}_{21} = - \frac{\vec{h}_{21}}{\vec{h}_{22}}; \quad \vec{Z}_{22} = \frac{1}{\vec{h}_{22}}$$

Para seguir leyendo, inicie el proceso de compra, click aquí