

Tema 2: COMPONENTES DE LOS CIRCUITOS

2.0 OBJETIVOS

2.1 ELEMENTOS IDEALES

2.1.1 COMPONENTES ACTIVOS O FUENTES

2.1.2 COMPONENTES PASIVOS

2.2 ELEMENTOS REALES

2.2.1 COMPONENTES ACTIVOS O FUENTES

2.2.2 COMPONENTES PASIVOS

2.3 ASOCIACIÓN DE ELEMENTOS DE LA MISMA NATURALEZA

2.4 BIBLIOGRAFIA

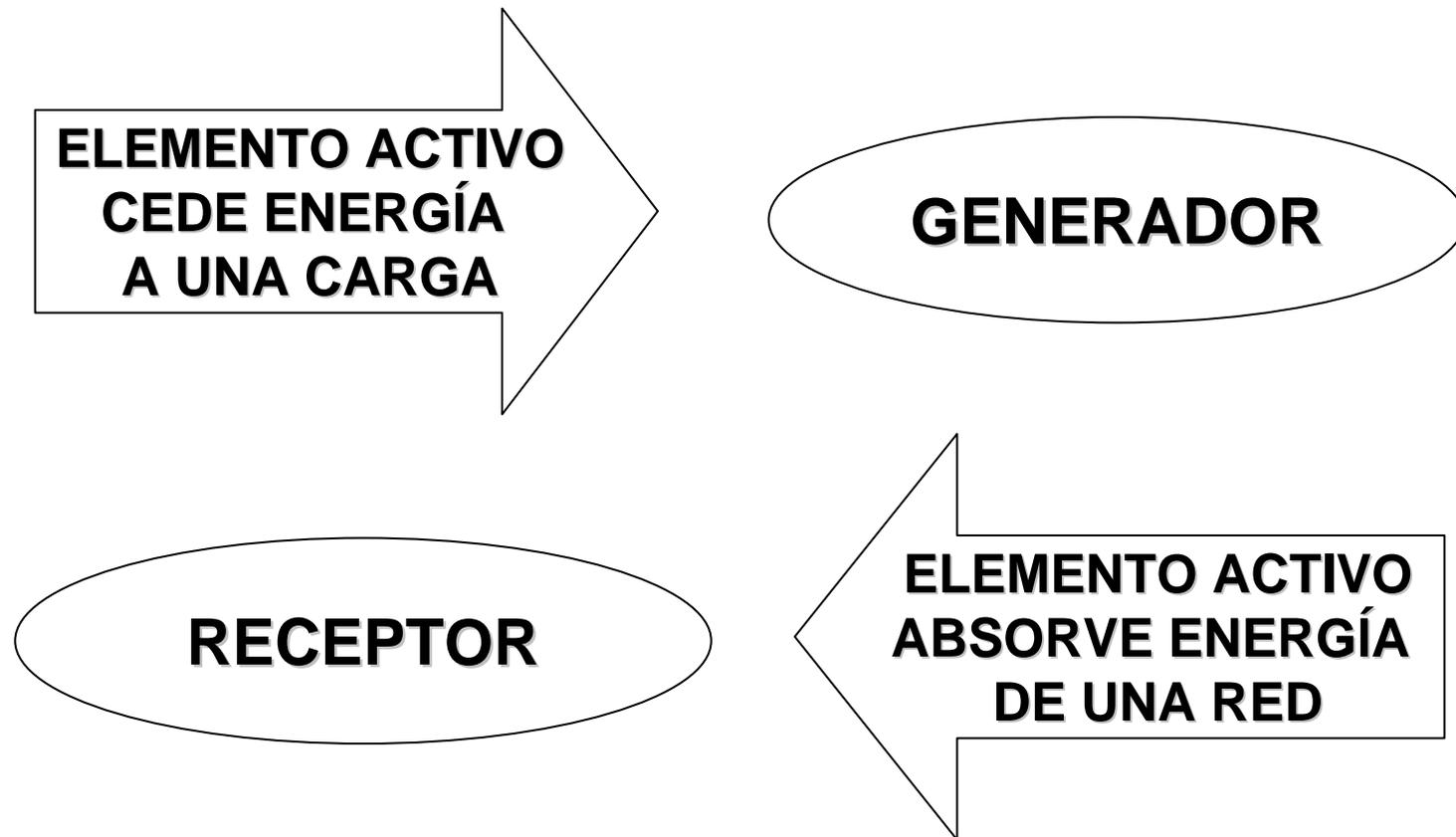
2.0 OBJETIVOS

- Definir lo que es un elemento ideal o simple.
- Razonar la imposibilidad de la existencia física de elementos ideales.
- Diferenciar entre elementos activos y pasivos.
- Asumir la importancia teórica de los elementos ideales en el modelado de los elementos reales.
- Conocer distintos tipos de resistencias y condensadores existentes.
- Saber los distintos códigos normalizados de resistencias y condensadores.
- Estudiar las distintas asociaciones de elementos y cual es el elemento equivalente de dicha asociación.

2.1 ELEMENTOS IDEALES (1)

2.1.1 COMPONENTES ACTIVOS O FUENTES

**CONVIERTEN CUALQUIER FORMA DE ENERGÍA EN ENERGÍA ELÉCTRICA,
EN UN PROCESO QUE PUEDE SER REVERSIBLE EN ALGUNOS CASOS,**



2.1 ELEMENTOS IDEALES (2)

2.1.1 COMPONENTES ACTIVOS O FUENTES

DISTINTOS TIPOS DE FUENTES:

POR SU CONSTITUCIÓN

- **FUENTES DE TENSIÓN**
- **FUENTES DE CORRIENTE**

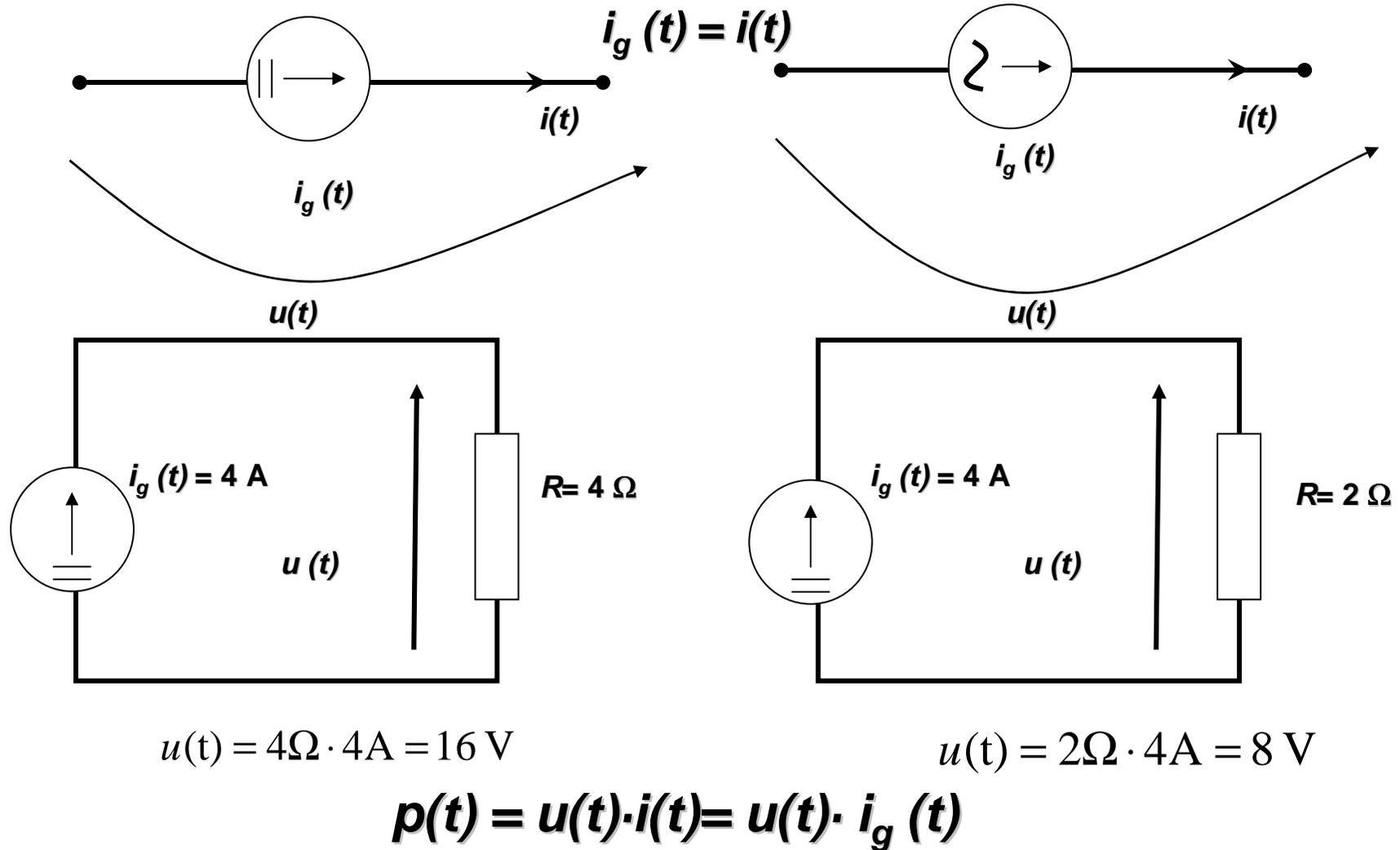
POR SU COMPORTAMIENTO

- **FUENTES INDEPENDIENTES**
- **FUENTES DEPENDIENTES, GOBERNADAS O CONTROLADAS**
 - **DE TENSIÓN DEPENDIENTE DE TENSIÓN**
 - **DE TENSIÓN DEPENDIENTE DE INTENSIDAD**
 - **DE INTENSIDAD DEPENDIENTE DE TENSIÓN**
 - **DE INTENSIDAD DEPENDIENTE DE INTENSIDAD**

2.1 ELEMENTOS IDEALES (3)

2.1.1 COMPONENTES ACTIVOS O FUENTES

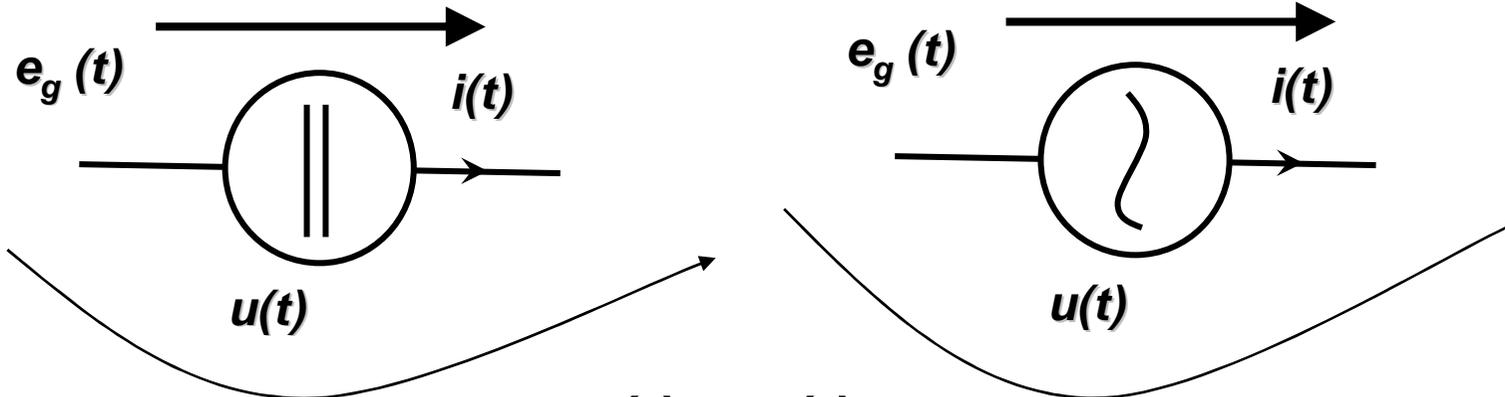
FUENTE INDEPENDIENTE DE INTENSIDAD



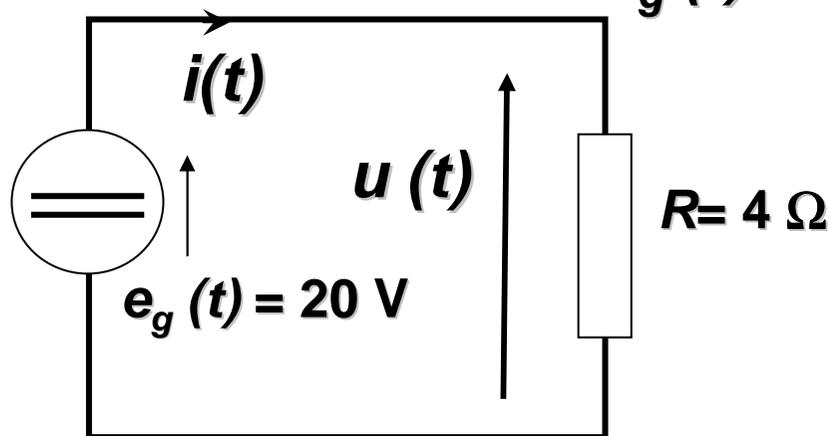
2.1 ELEMENTOS IDEALES (4)

2.1.1 COMPONENTES ACTIVOS O FUENTES

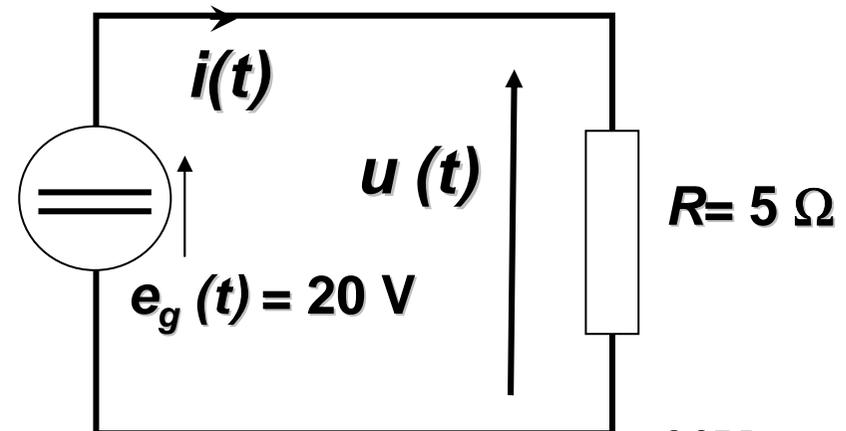
FUENTE INDEPENDIENTE DE TENSION



$$e_g(t) = u(t)$$



$$i(t) = \frac{20\text{V}}{4\Omega} = 5\text{A}$$



$$i(t) = \frac{20\text{V}}{5\Omega} = 4\text{A}$$

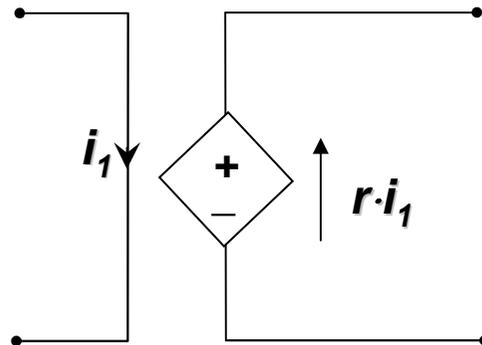
$$p(t) = u(t) \cdot i(t) = e_g(t) \cdot i(t)$$

2.1 ELEMENTOS IDEALES (5)

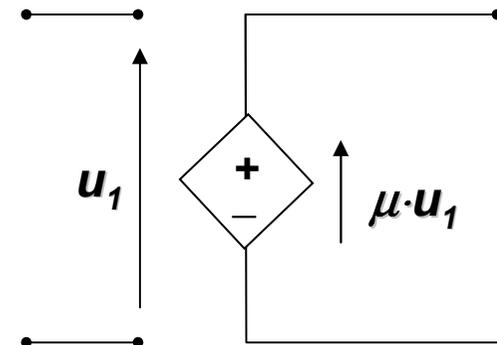
2.1.1 COMPONENTES ACTIVOS O FUENTES

FUENTES DEPENDIENTES

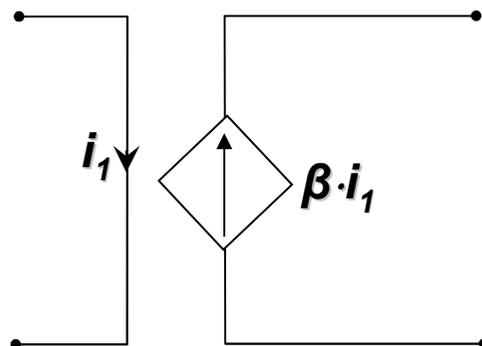
FUENTE DE TENSIÓN
DEPENDIENTE DE INTENSIDAD



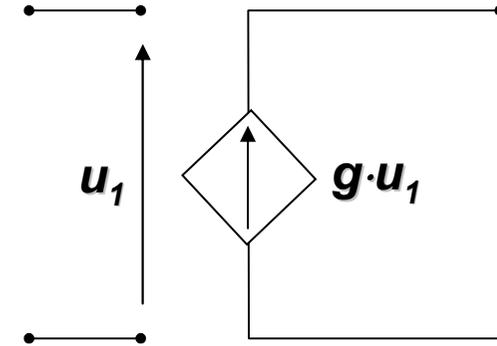
FUENTE DE TENSIÓN
DEPENDIENTE DE TENSIÓN



FUENTE DE INTENSIDAD
DEPENDIENTE DE INTENSIDAD



FUENTE DE INTENSIDAD
DEPENDIENTE DE TENSIÓN



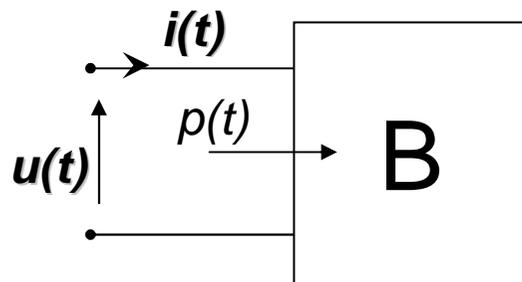
PARÁMETROS DE LA FUENTES DEPENDIENTES

β y μ son adimensionales son las ganancias de corriente y de tensión respectivamente, r (Ω) transresistencia o resistencia de transferencia y g (S) transconductancia

ELEMENTOS PASIVOS IDEALES

- RESISTENCIAS
- CONDENSADORES
- BOBINAS
- BOBINAS ACOPLADAS MAGNETICAMENTE
- TRANSFORMADORES

BIPOLO ELECTRICO



$$p(t) = u(t) \cdot i(t) \text{ (potencia entrante)}$$

$p(t) > 0 \Rightarrow$ potencia absorbida o disipada en el bipolo

$p(t) < 0 \Rightarrow$ potencia cedida por el bipolo

$$p(t) = \frac{dw(t)}{dt} \Rightarrow w(t) = \int_{-\infty}^t p(t) \cdot dt = w_0 + \int_0^t p(t) \cdot dt$$

2.1 ELEMENTOS IDEALES (7)

2.1.2 COMPONENTES PASIVOS

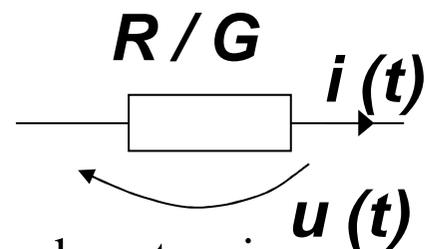
RESISTENCIA ELÉCTRICA

Llamamos como tal a la oposición que presentan ciertos materiales al paso de la corriente eléctrica, se representa como R y se mide en Ohmios. Su valor depende de su geometría y del medio definido mediante una constante que se llama resistividad y se representa con la letra ρ y representa la resistencia al paso de la corriente del material en concreto.

CONDUCTANCIA

Llamamos como tal a la FACILIDAD que presentan ciertos materiales al paso de la corriente eléctrica, se representa como G y se mide en Siemens o Ohmios⁻¹ y asimismo su valor depende de su geometría y del medio definido mediante una constante que se llama conductividad y que se simboliza con la letra γ y representa la facilidad al paso de la corriente del material en concreto.

Luego podemos decir que la conductancia es la inversa de la resistencia y que la conductividad es la inversa de la resistividad

$$u(t) = R \cdot i(t) \quad \text{o} \quad i(t) = G \cdot u(t) \quad \text{Ecuaciones de definición}$$
$$p(t) = u(t) \cdot i(t) = i(t) \cdot R \cdot i(t) = R \cdot i(t)^2 = u(t) \cdot G \cdot u(t) = G \cdot u(t)^2 \quad \text{Ec. de potencia}$$
$$w(t) = w_0 + \int_0^t p(t) \cdot dt = w_0 + \int_0^t R \cdot i(t)^2 \cdot dt = w_0 + \int_0^t G \cdot u(t)^2 \cdot dt \quad \text{Ec. de energía}$$


2.1 ELEMENTOS IDEALES (8)

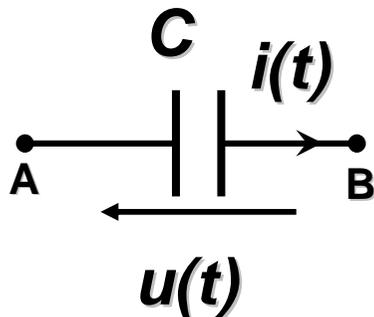
2.1.2 COMPONENTES PASIVOS

CONDENSADOR O CAPACIDAD:

Capacidad de acumulación de carga eléctrica o condensación de carga eléctrica o simplemente capacidad de un cuerpo

$$C = \frac{Q}{U} \quad \left(\frac{C}{V} = F \right)$$

Se calcula a partir de la carga almacenada y de la diferencia de potencial eléctrico:



$$u(t) = \frac{1}{C} \cdot \int_{-\infty}^t i(t) \cdot dt = \frac{1}{C} \cdot \int_{-\infty}^0 i(t) \cdot dt + \frac{1}{C} \cdot \int_0^t i(t) \cdot dt = u_0 + \frac{1}{C} \cdot \int_0^t i(t) \cdot dt$$

$$i(t) = C \cdot \frac{du(t)}{dt} \quad (\text{Ecuación de definición})$$

$$p(t) = u(t) \cdot i(t) = C \cdot u(t) \cdot \frac{du(t)}{dt} \quad (\text{Ecuación de potencia})$$

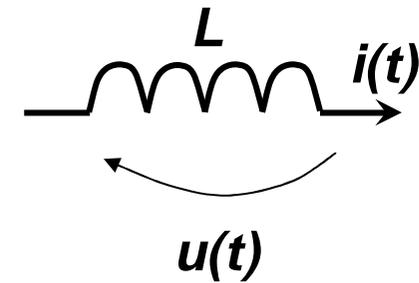
$$w(t) = \int_{-\infty}^t C \cdot u(t) \cdot \frac{du(t)}{dt} \cdot dt = \int_{u(-\infty)}^{u(t)} C \cdot u(t) \cdot du(t) = \frac{1}{2} C \cdot u(t)^2 \Big|_{u(-\infty)}^{u(t)} =$$

$$\frac{1}{2} C \cdot (u(t)^2 - u(-\infty)^2) = \frac{1}{2} C \cdot u(t)^2 = \frac{1}{2} q(t) \cdot u(t) = \frac{1}{2} \frac{q(t)^2}{C} \quad (\text{Ecuación de energías})$$

BOBINA O AUTOINDUCCIÓN

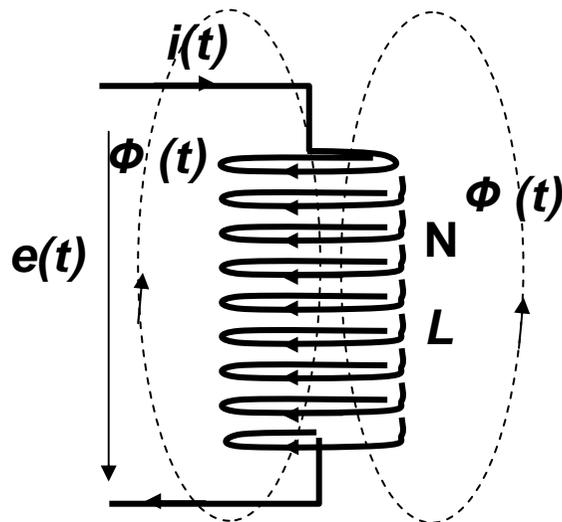
En el recorrido de una corriente variable con el tiempo $i(t)$ se origina un campo magnético que también será variable con el tiempo y como consecuencia de la variación del campo magnético aparecerá una fuerza electromotriz que llamaremos $e(t)$. A esta fuerza electromotriz se le llama fuerza electromotriz autoinducida.

Se denomina como Coeficiente de Autoinducción “ L ” a un parámetro que nos liga la fuerza electromotriz autoinducida en una bobina con las variaciones de la intensidad en la misma



$$e(t) = -L \frac{di(t)}{dt} \Rightarrow N \cdot \Phi = L \cdot i$$

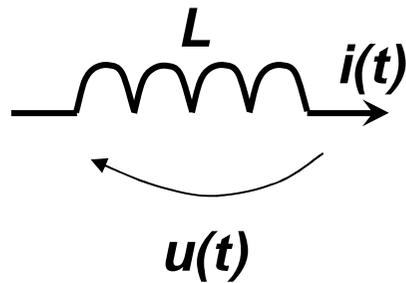
$$e(t) = -N \frac{d\Phi(t)}{dt}$$



$$L = \mu \cdot \frac{S \cdot N^2}{l}$$

El parámetro L depende de la longitud de la bobina (l) de la sección del núcleo (S) del número de espiras (N) y del material sobre el que este realizado el arrollamiento (permeabilidad magnética)

BOBINA O AUTOINDUCCIÓN



$$i(t) = \frac{1}{L} \int_{-\infty}^t u(t) dt = \frac{1}{L} \int_{-\infty}^0 u(t) dt + \frac{1}{L} \int_0^t u(t) dt = i_0 + \frac{1}{L} \int_0^t u(t) dt$$

$$u(t) = L \cdot \frac{di(t)}{dt}$$

$$p(t) = u(t) \cdot i(t) = i(t) \cdot L \cdot \frac{di(t)}{dt}$$

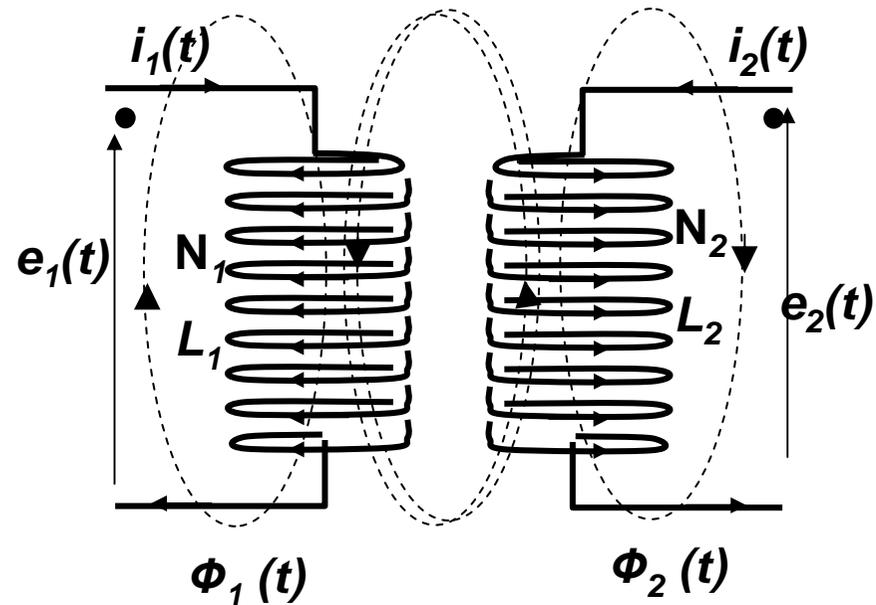
$$w(t) = \int_{-\infty}^t L \cdot i(t) \cdot \frac{di(t)}{dt} \cdot dt = \int_{i(-\infty)}^{i(t)} L \cdot i(t) \cdot di(t) = \frac{1}{2} L \cdot i(t)^2 \Big|_{i(-\infty)}^{i(t)} = \frac{1}{2} L \cdot i(t)^2$$

$$N \cdot \varphi = L \cdot i$$

$$w(t) = \frac{1}{2} L \cdot i(t)^2 = \frac{1}{2} \frac{N \cdot \varphi(t)^2}{L} = \frac{1}{2} N \cdot \varphi(t) \cdot i(t)$$

PAR DE BOBINAS ACOPLADAS MAGNETICAMENTE

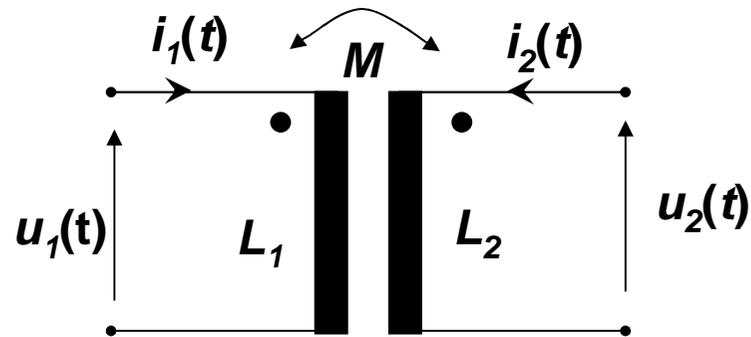
REPRESENTACIÓN Y FLUJOS



2.1 ELEMENTOS IDEALES (12)

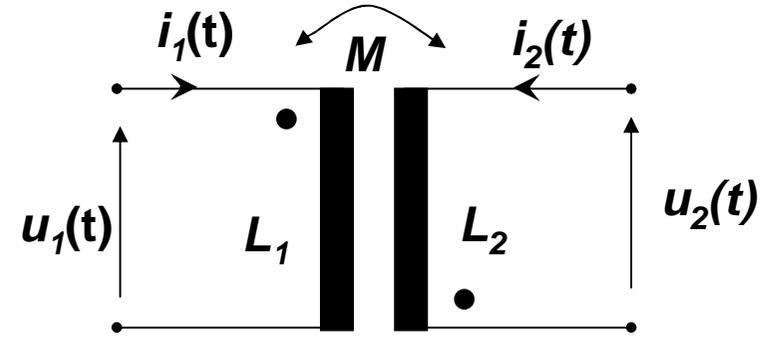
2.1.2 COMPONENTES PASIVOS

PAR DE BOBINAS ACOPLADAS MAGNETICAMENTE



$$u_1(t) = L_1 \cdot \frac{di_1(t)}{dt} + M \cdot \frac{di_2(t)}{dt}$$

$$u_2(t) = M \cdot \frac{di_1(t)}{dt} + L_2 \cdot \frac{di_2(t)}{dt}$$



$$u_1(t) = L_1 \cdot \frac{di_1(t)}{dt} - M \cdot \frac{di_2(t)}{dt}$$

$$u_2(t) = -M \cdot \frac{di_1(t)}{dt} + L_2 \cdot \frac{di_2(t)}{dt}$$

$$p(t) = u_1(t) \cdot i_1(t) + u_2(t) \cdot i_2(t) = \left(L_1 \cdot \frac{di_1(t)}{dt} + M \cdot \frac{di_2(t)}{dt} \right) \cdot i_1(t) + \left(M \cdot \frac{di_1(t)}{dt} + L_2 \cdot \frac{di_2(t)}{dt} \right) \cdot i_2(t) =$$

$$L_1 \cdot i_1(t) \cdot \frac{di_1(t)}{dt} + M \cdot i_1(t) \cdot \frac{di_2(t)}{dt} + M \cdot i_2(t) \cdot \frac{di_1(t)}{dt} + L_2 \cdot i_2(t) \cdot \frac{di_2(t)}{dt} \quad \text{Ecuación de potencias}$$

$$p(t) = \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} L_1 \cdot i_1(t)^2 + M \cdot i_1(t) \cdot i_2(t) + \frac{1}{2} L_2 \cdot i_2(t)^2 \right) = \frac{dw}{dt}$$

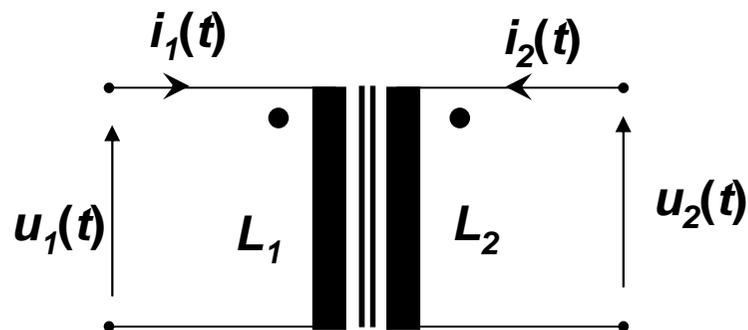
$$w(t) = \int_{-\infty}^t p(t) \cdot dt = \frac{1}{2} L_1 \cdot i_1(t)^2 + M \cdot i_1(t) \cdot i_2(t) + \frac{1}{2} L_2 \cdot i_2(t)^2 \quad \text{Ecuación de energías}$$

teniendo en cuenta que M puede ser positiva o negativa

TRANSFORMADOR IDEAL

SE CONSIDERA COMO TAL A UN PAR DE BOBINAS ACOPLADAS MAGNETICAMENTE QUE CUMPLEN:

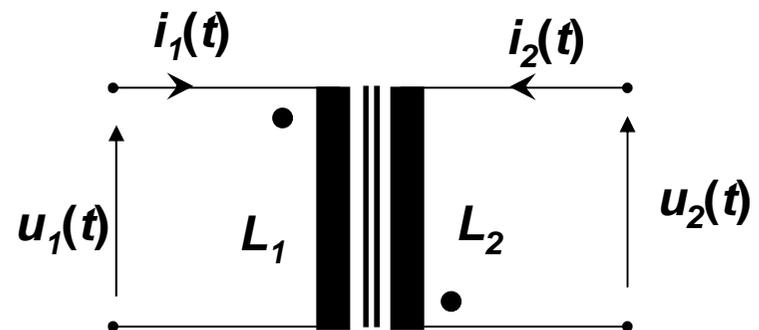
- Los bobinados carecen de resistencia
- El medio no permite pérdidas de energía
- No existe flujo de dispersión, luego $M=1$
- No se producen efectos capacitivos entre espiras



$$u_1(t) = a \cdot u_2(t)$$

$$i_1(t) = -\frac{1}{a} \cdot i_2(t)$$

$$a = \frac{N_1}{N_2}$$



$$u_1(t) = -a \cdot u_2(t)$$

$$i_1(t) = \frac{1}{a} \cdot i_2(t)$$

2.1 ELEMENTOS IDEALES (14)

2.1.2 COMPONENTES PASIVOS

TRANSFORMADOR IDEAL

No existe flujo de dispersión, luego $M=1 \Rightarrow \Phi_1(t) = \Phi_2(t)$

$$\begin{aligned} u_1(t) &= N_1 \cdot \frac{d\phi_1(t)}{dt} \\ u_2(t) &= N_2 \cdot \frac{d\phi_2(t)}{dt} \end{aligned} \Rightarrow \phi_1(t) = \phi_2(t) = \phi(t)$$

$$\begin{aligned} u_1(t) &= N_1 \cdot \frac{d\phi(t)}{dt} \\ u_2(t) &= N_2 \cdot \frac{d\phi(t)}{dt} \end{aligned} \Rightarrow \frac{u_1(t)}{u_2(t)} = \frac{N_1 \cdot \frac{d\phi(t)}{dt}}{N_2 \cdot \frac{d\phi(t)}{dt}} = \frac{N_1}{N_2} = a$$

$$u_1(t) = a \cdot u_2(t)$$

$$\frac{u_1(t)}{N_1} = \frac{u_2(t)}{N_2}$$

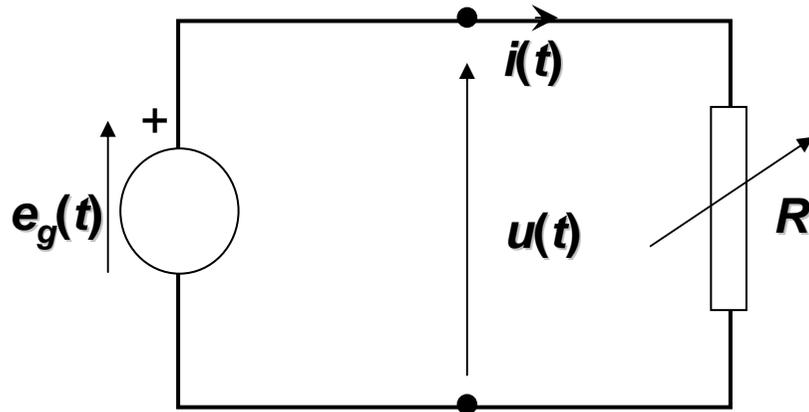
$$p(t) = u_1(t) \cdot i_1(t) + u_2(t) \cdot i_2(t) = a \cdot u_2(t) \cdot -\frac{1}{a} i_2(t) + u_2(t) \cdot i_2(t) = -u_2(t) \cdot i_2(t) + u_2(t) \cdot i_2(t) = 0$$

$$w(t) = \int_{-\infty}^t p(t) dt = 0$$

2.2 ELEMENTOS REALES (1)

2.2.1 COMPONENTES ACTIVOS O FUENTES

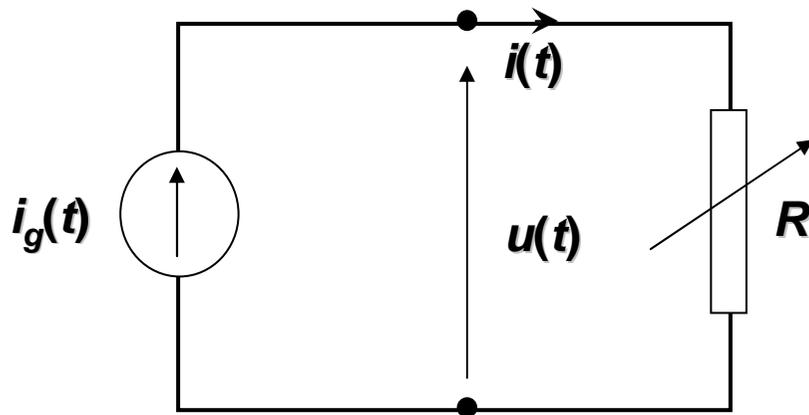
Demostramos la imposibilidad de construir fuentes ideales, a partir de la variación de la carga que provocaría una fuente de potencia infinita



$$i(t) = \frac{u(t)}{R} \Rightarrow i(t) = \frac{e_g(t)}{R} \Rightarrow$$
$$u(t) = e_g(t)$$

$$R \downarrow \Rightarrow i(t) \uparrow \Rightarrow R = 0 \Rightarrow i(t) = \infty \Rightarrow$$

$$p(t) = e_g(t) \cdot i(t) = \infty$$



$$u(t) = R \cdot i(t) \Rightarrow u(t) = R \cdot i_g(t) \Rightarrow$$
$$i(t) = i_g(t)$$

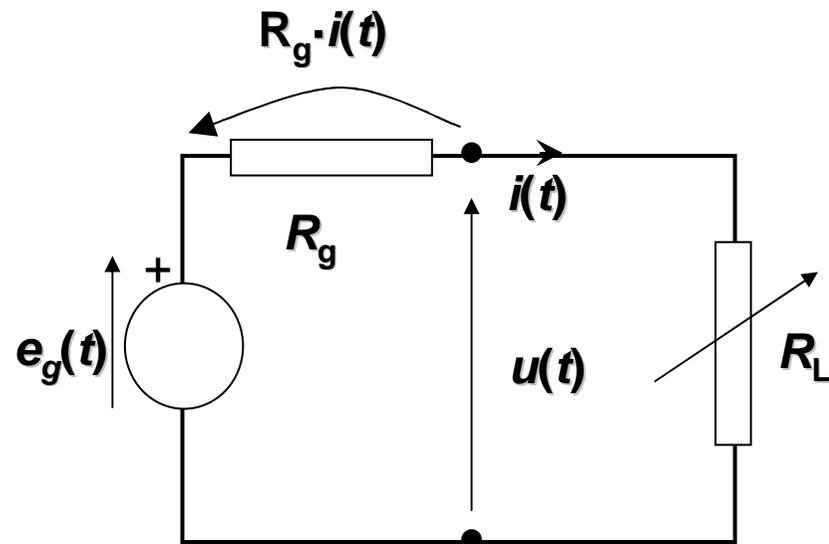
$$R \uparrow \Rightarrow u(t) \uparrow \Rightarrow R = \infty \Rightarrow u(t) = \infty \Rightarrow$$

$$p(t) = i_g(t) \cdot u(t) = \infty$$

2.2 ELEMENTOS REALES (2)

2.2.1 COMPONENTES ACTIVOS O FUENTES

FUENTE REAL DE TENSIÓN



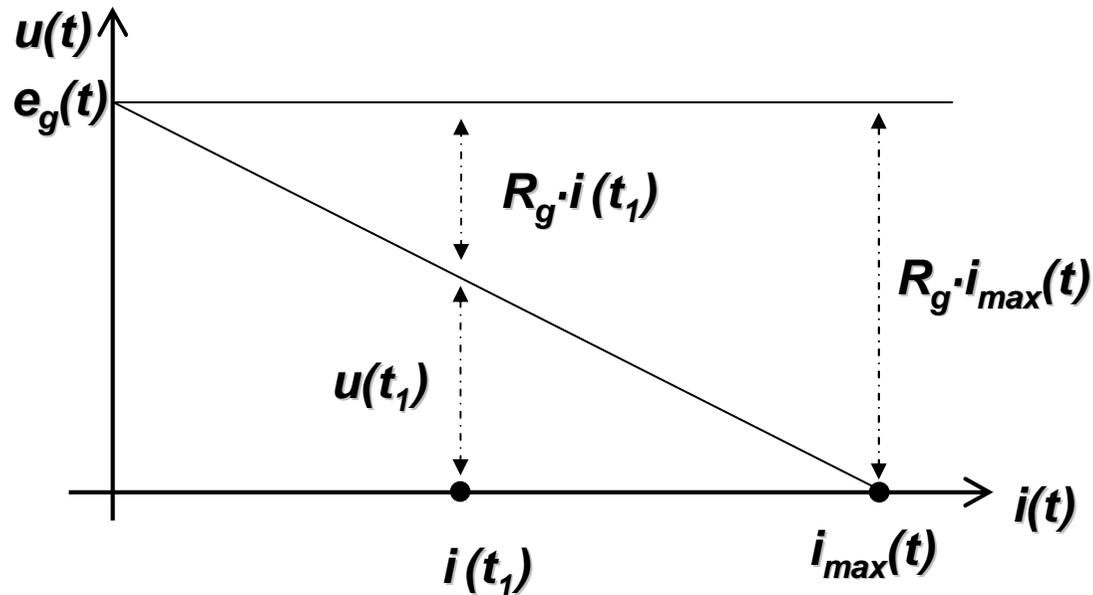
$$u(t) = e_g(t) - R_g \cdot i(t)$$

$$u(t) = R_L \cdot i(t)$$

$$P = e_g(t) \cdot i(t) - R_g \cdot i(t)^2$$

2.2 ELEMENTOS REALES (3)

2.2.1 COMPONENTES ACTIVOS O FUENTES



FUENTE REAL DE TENSIÓN

Variación de la tensión a la salida de la fuente en función del valor de la resistencia interna de la misma

- ✓ LA CORRIENTE SE LIMITA A UN VALOR MÁXIMO QUE SE DA CUANDO $R_L=0$ (SITUACIÓN DE CORTOCIRCUITO)
- ✓ SI $R_g=0$ LA FUENTE SE COMPORTA COMO UNA FUENTE IDEAL
- ✓ DE LA APLICACIÓN DE LAS LEYES DE LOS CIRCUITOS

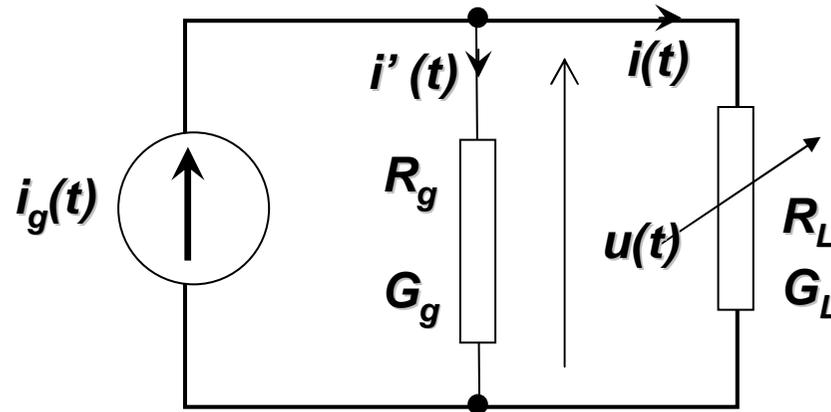
$$\begin{aligned} u(t) &= e_g(t) - R_g \cdot i(t) \\ u(t) &= R_L \cdot i(t) \end{aligned} \Rightarrow R_L \cdot i(t) = e_g(t) - R_g \cdot i(t) \Rightarrow i(t) = \frac{e_g(t)}{R_g + R_L}$$

$$u(t) = \left(\frac{e_g(t)}{R_g + R_L} \right) \cdot R_L \Rightarrow R_L \gg R_g \Rightarrow u(t) \cong e_g(t)$$

2.2 ELEMENTOS REALES (4)

2.2.1 COMPONENTES ACTIVOS O FUENTES

FUENTE REAL DE INTENSIDAD



$$i(t) = i_g(t) - i'(t)$$

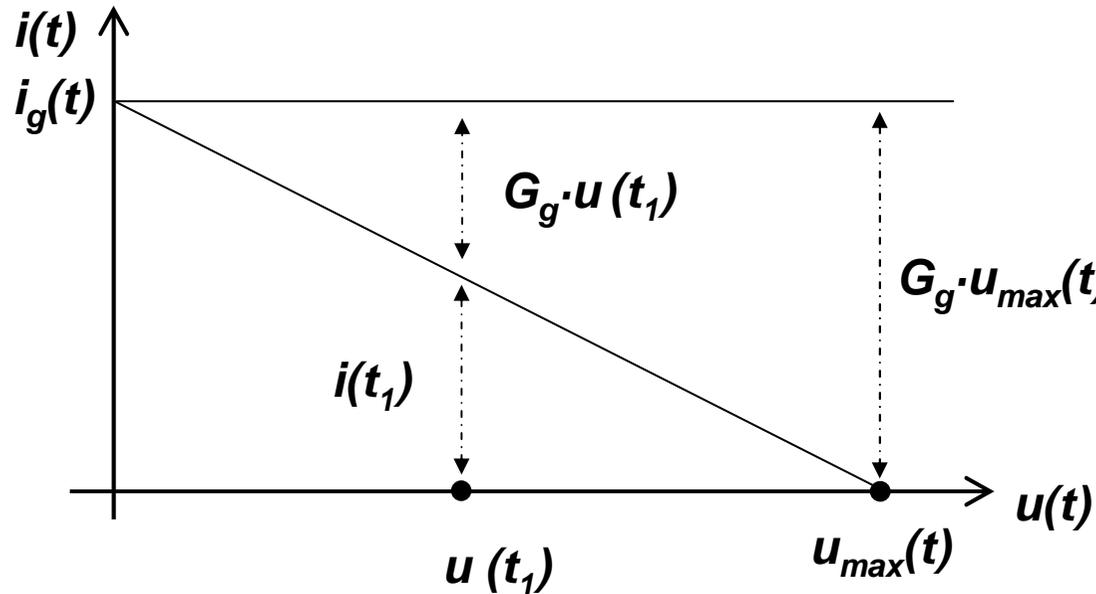
$$i'(t) = \frac{u(t)}{R_g} = G_g \cdot u(t) \quad \Rightarrow \quad i(t) = i_g(t) - G_g \cdot u(t)$$

$$i(t) = \frac{u(t)}{R_L} = G_L \cdot u(t)$$

$$p(t) = i_g(t) \cdot u(t) - G_g \cdot u(t)^2$$

2.2 ELEMENTOS REALES (5)

2.2.1 COMPONENTES ACTIVOS O FUENTES



FUENTE REAL DE INTENSIDAD

Variación de la corriente a la salida de la fuente en función del valor de la resistencia interna de la misma

- ✓ LA TENSIÓN SE LIMITA A UN VALOR MÁXIMO QUE SE DA CUANDO $G_L=0$ ($R_L = \infty$) (SITUACIÓN DE CIRCUITO ABIERTO)
- ✓ SI $G_g=0$ ($R_g = \infty$) LA FUENTE SE COMPORTA COMO UNA FUENTE IDEAL
- ✓ DE LA APLICACIÓN DE LAS LEYES DE LOS CIRCUITOS

$$\begin{aligned} i(t) &= i_g(t) - G_g \cdot u(t) \\ i(t) &= G_L \cdot u(t) \end{aligned} \Rightarrow G_L \cdot u(t) = i_g(t) - G_g \cdot u(t) \Rightarrow u(t) = \frac{i_g(t)}{G_g + G_L}$$

$$i(t) = \left(\frac{i_g(t)}{G_g + G_L} \right) \cdot G_L \Rightarrow R_L \lll R_g \Rightarrow i(t) \cong i_g(t)$$

2.2 ELEMENTOS REALES (6)

2.2.2 COMPONENTES PASIVOS

CLASIFICACIÓN DE LAS RESISTENCIAS REALES O COMERCIALES

A. POR SU COMPORTAMIENTO

- I. Resistencias fijas
- II. Resistencias variable

B. POR SU COMPOSICIÓN RESISTENCIAS LINEALES

- I. Resistencias de Carbón
- II. Resistencias de Película
- III. Resistencias de Hilo Bobinado
- IV. Resistencias de Deposito Superficial
- V. Resistencias Aglomeradas

C. RESISTENCIAS DEPENDIENTES

- I. VDR (no lineal)
- II. LDR o fotorresistores (lineal)
- III. NTC o termistores (lineal)
- IV. PTC (lineal)

2.2 ELEMENTOS REALES (7)

2.2.2 COMPONENTES PASIVOS

ELEMENTOS PASIVOS REALES- RESISTENCIA

EN UNA RESISTENCIA ES IMPRESCINDIBLE QUE ADEMAS DEL VALOR OHMICO SE CONOZCA LA POTENCIA MAXIMA QUE ES CAPAZ DE DISIPAR POR EFECTO JOULE SIN QUE SE DETERIORE, ESTA POTENCIA FIJA LOS VALORES DE TENSION O CORRIENTE DE LA RESISTENCIA.

LA POTENCIA PUEDE VENIR INDICADA SOBRE LA RESISTENCIA O BIEN EN RESISTENCIAS DE PEQUEÑA POTENCIA LA MARCARA EL PROPIO TAMAÑO DE LA RESISTENCIA.

ADEMAS DE LA POTENCIA ES NECESARIO CONOCER EL VALOR OHMICO DE LA RESISTENCIA, SEGÚN EL TIPO DE RESISTENCIA, ESTE VENDRA INDICADO MEDIANTE FRANJAS DE COLORES IMPRESAS SOBRE LA RESISTENCIA O BIEN EN EL CASO DE LOS RESISTORES BOBINADOS, DIRECTAMENTE IMPRESO EN VALOR SOBRE LA SUPERFICIE O EN UNA PLACA DE CARACTERISTICAS.

ASIMISMO, LOS FABRICANTES TAMBIEN NOS DARAN UN VALOR DE TOLERANCIA QUE ES UN MARGEN DE CONFIANZA QUE OSCILA ALREDEDOR DEL VALOR NOMINAL



2 - 2 - 0 - 5%

$$2 \ 2 \cdot 10^0 \pm 5\% = (20,9 \div 23,1 \Omega)$$

2.2 ELEMENTOS REALES (8)

2.2.2 COMPONENTES PASIVOS

ELEMENTOS PASIVOS REALES- RESISTENCIA

EN VALORES BAJOS DE RESISTENCIA HAY QUE TENER EN CUENTA LA RESISTENCIA DEL CONDUCTOR CON EL QUE SE HAN CONFORMADO LAS CONEXIONES DE LA RESISTENCIA AL CIRCUITO.

EL VALOR DE RESISTENCIA DEL CONDUCTOR VIENE DADO POR LA EXPRESIÓN.

$$R = \rho \cdot \frac{l}{s}$$

DONDE:

ρ - ES LA RESISTIVIDAD, QUE DEPENDERA DEL MATERIAL DEL CONDUCTOR Y VIENE MEDIDA EN $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$

l - ES LA LONGITUD DEL CONDUCTOR EN METROS

s - ES LA SECCIÓN DEL CONDUCTOR EN MILIMETROS CUADRADOS

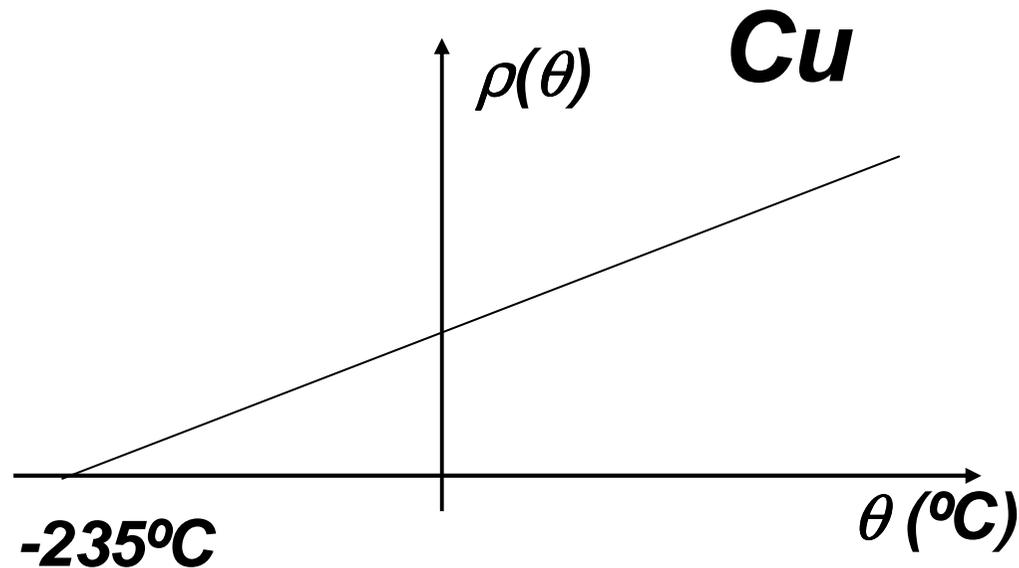
EL VALOR INVERSO DE LA RESISTIVIDAD ES LA CONDUCTIVIDAD QUE SE REPRESENTA COMO γ

2.2 ELEMENTOS REALES (9)

2.2.2 COMPONENTES PASIVOS

ELEMENTOS PASIVOS REALES- RESISTENCIA

EN RESISTENCIAS HAY QUE TENER EN CUENTA LA VARIACIÓN DE VALOR DEBIDO A LAS ALTAS TEMPERATURAS QUE SE ORIGINAN POR EL EFECTO JOULE, ESTO AFECTARA A LA RESISTIVIDAD (ρ) Y A LA CONDUCTIVIDAD (γ).



$$\frac{\rho_{\theta'}}{\rho_{\theta}} = \frac{235 + \theta'}{235 + \theta}$$

$$\frac{R'}{R} = \frac{235 + \theta'}{235 + \theta} = \frac{1}{235 + \theta} \cdot (235 + \theta' + \theta - \theta) = \frac{1}{235 + \theta} \cdot (235 + \theta - \theta + \theta') =$$

$$\frac{(235 + \theta)}{235 + \theta} + \frac{(\theta' - \theta)}{235 + \theta} = 1 + \frac{1}{235 + \theta} \cdot (\theta' - \theta) = 1 + \alpha_{\theta} \cdot \Delta\theta$$

$$R_{\theta'} = R_{\theta} \cdot (1 + \alpha \Delta\theta)$$

2.2 ELEMENTOS REALES (10)

2.2.2 COMPONENTES PASIVOS

ELEMENTOS PASIVOS REALES- RESISTENCIA

En resistencias alimentadas en corriente alterna, hay que tener en cuenta la variación de valor debido a las variación de la frecuencia, fenómeno conocido como EFECTO PELICULAR, EFECTO PIEL O MAS COMUNMENTE COMO EFECTO SKIN.

En corriente continua, la densidad de corriente es similar en todo el conductor (figura a), pero en corriente alterna se observa que hay una mayor densidad de corriente en la superficie que en el centro (figura b).

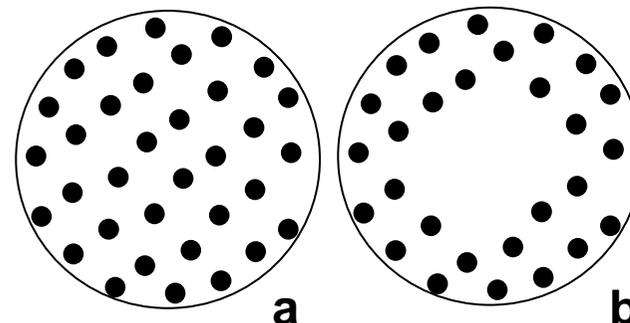
Este fenómeno hace que el valor de resistencia efectiva (resistencia a la corriente alterna) sea mayor que la resistencia óhmica (resistencia a la corriente continua), y por tanto es el causante de la variación de la resistencia de un conductor debido a la variación de la frecuencia de la corriente eléctrica.

Este efecto pelicular se debe a que la variación del campo magnético ($d\Phi/dt$) es mayor en el centro, lo que da lugar a una reactancia inductiva mayor, y, debido a ello, a una intensidad menor en el centro del conductor y mayor en la periferia.

En frecuencias altas los electrones tienden a circular por la zona más externa del conductor, en forma de corona, en vez de hacerlo por toda su superficie, con lo que, de hecho, disminuye la sección efectiva por la que circulan estos electrones aumentando la resistencia del conductor

$$R = \rho \cdot \frac{l}{s}$$

POR TANTO SI $s \downarrow \Rightarrow R \uparrow$

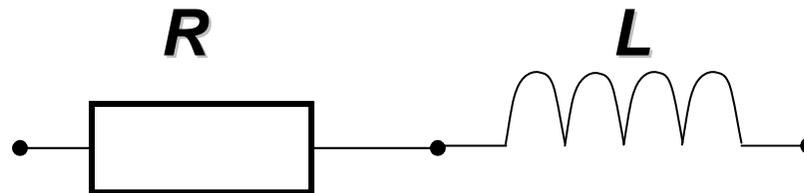


2.2 ELEMENTOS REALES (11)

2.2.2 COMPONENTES PASIVOS

ELEMENTOS PASIVOS REALES- RESISTENCIA

CON TODAS LAS CONSIDERACIONES VISTAS ANTERIORMENTE, SE PUEDE DECIR QUE A FRECUENCIAS INDUSTRIALES Y TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO UNA RESISTENCIA SE COMPORTARA PRACTICAMENTE COMO UNA RESISTENCIA IDEAL, SALVO EN EL CASO DE LAS RESISTENCIAS BOBINADAS EN LAS QUE EN CORRIENTE ALTERNA SE DEBERA DE TENER EN CUENTA LOS EFECTOS DE LA INDUCCIÓN MAGNETICA QUE SE ORIGINA EN SUS ESPIRAS. EN ESTE CASO EL CIRCUITO EQUIVALENTE DE UNA RESISTENCIA REAL SERA:



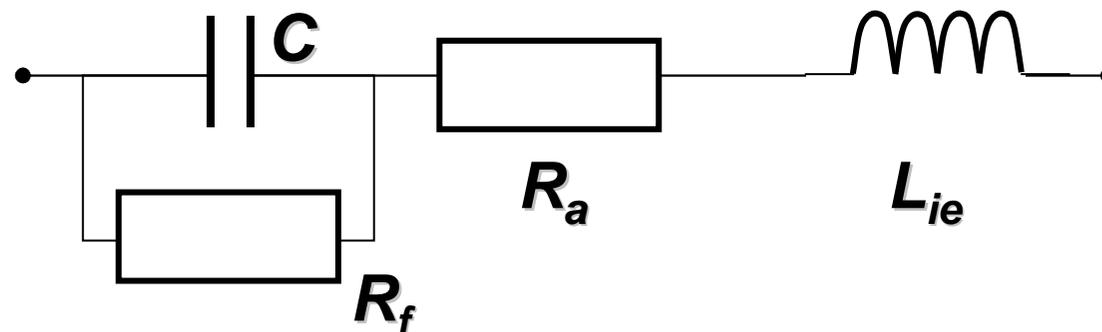
ELEMENTOS PASIVOS REALES- CONDENSADOR

ESPECIFICACIONES NECESARIAS PARA ELEGIR UN CONDENSADOR:

- ✓ **Capacidad**
- ✓ **Tensión**
- ✓ **Tolerancia**

¿Cómo se indican? Unas veces mediante bandas coloreadas pero la mayor parte de las veces vienen impresas sobre la superficie del condensador

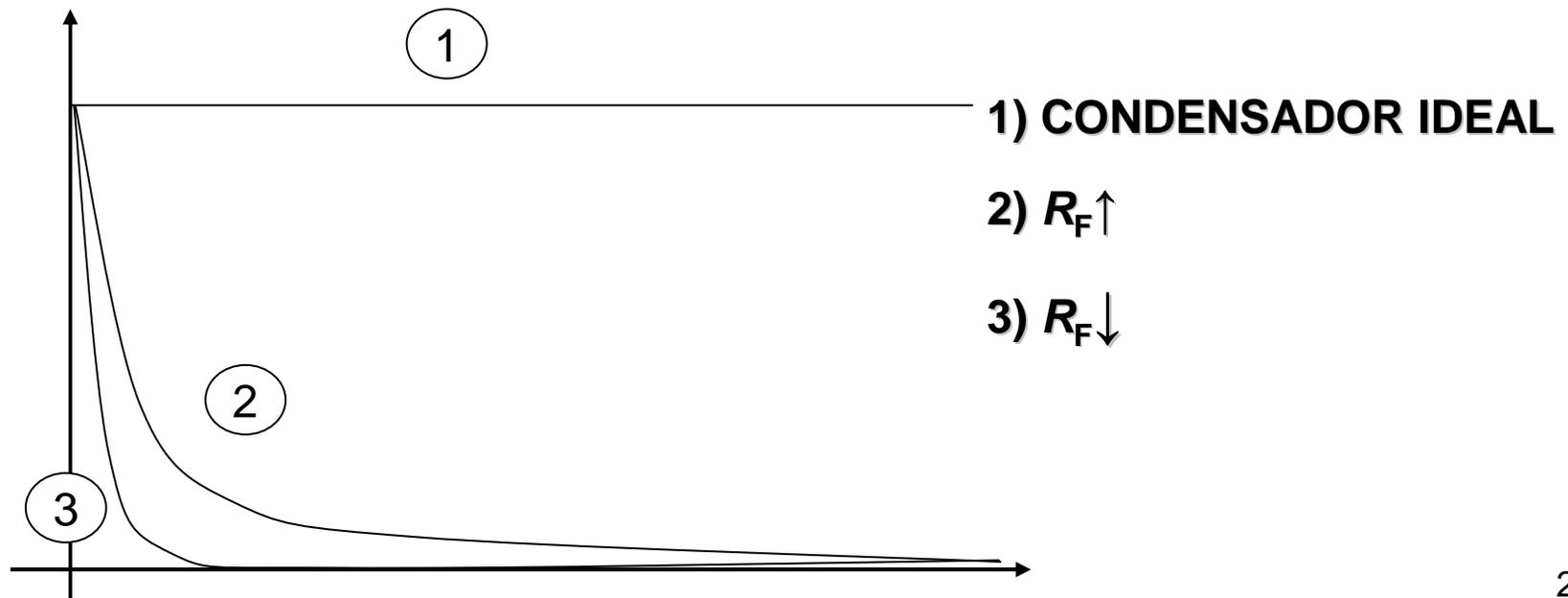
¿Hay que tener en cuenta alguna variación? En un condensador real además de la capacidad hay que considerar la resistencia de fugas R_f que es la causante de la autodescarga del condensador, además habría que tener en cuenta las resistencias de los electrodos, tapas, conexiones y terminales que agruparemos como resistencia adicional R_a , y finalmente habrá que tener en cuenta la inductancia ínterelectrónica que se produce entre las armaduras del condensador por ser estas dos conductores en paralelo L_{ie}



ELEMENTOS PASIVOS REALES- CONDENSADOR

¿Cuáles son las correcciones más importantes? En un condensador real R_a , y L_{ie} se tendrán en cuenta solamente en casos excepcionales, de más importancia es la resistencia de fugas R_F que es la causante de la autodescarga del condensador desconectado del resto del circuito.

En un condensador ideal cargado y aislado, la tensión debería de mantenerse constante a lo largo del tiempo, sin embargo la experiencia demuestra que no es así y se produce un descarga con forma exponencial con mayor pendiente cuanto menor sea la R_F



2.2 ELEMENTOS REALES (14)

2.2.2 COMPONENTES PASIVOS

ELEMENTOS PASIVOS REALES- BOBINA

¿DE QUE DEPENDE EL COEFICIENTE DE AUTOINDUCCIÓN DE UNA BOBINA?

En gran medida del material con el que esta fabricado el núcleo sobre el que se realizado el bobinado de las espiras y que se denomina entrehierro o núcleo, es por ello que la bobina real es el elemento que menos se aproxima al elemento ideal.

Hay que considerar la resistencia del hilo con el que esta fabricada la propia bobina y que llamaremos R .

Además si por definición $L=N \cdot (d\Phi/dt)$, para aumentar L hay que aumentar:

- N , lo cual implicaría aumentar la longitud del hilo y con ello aumenta la resistencia a no ser que también se aumente s y el precio de la bobina.
- $\Phi(t)$ que se consigue jugando con núcleos de diferentes materiales ferromagnéticos, pero que a su vez provocan que aparezcan perdidas denominadas por Histéresis y por Foucault, que se aproximan con la potencia en una resistencia y que cuantificamos como tal.

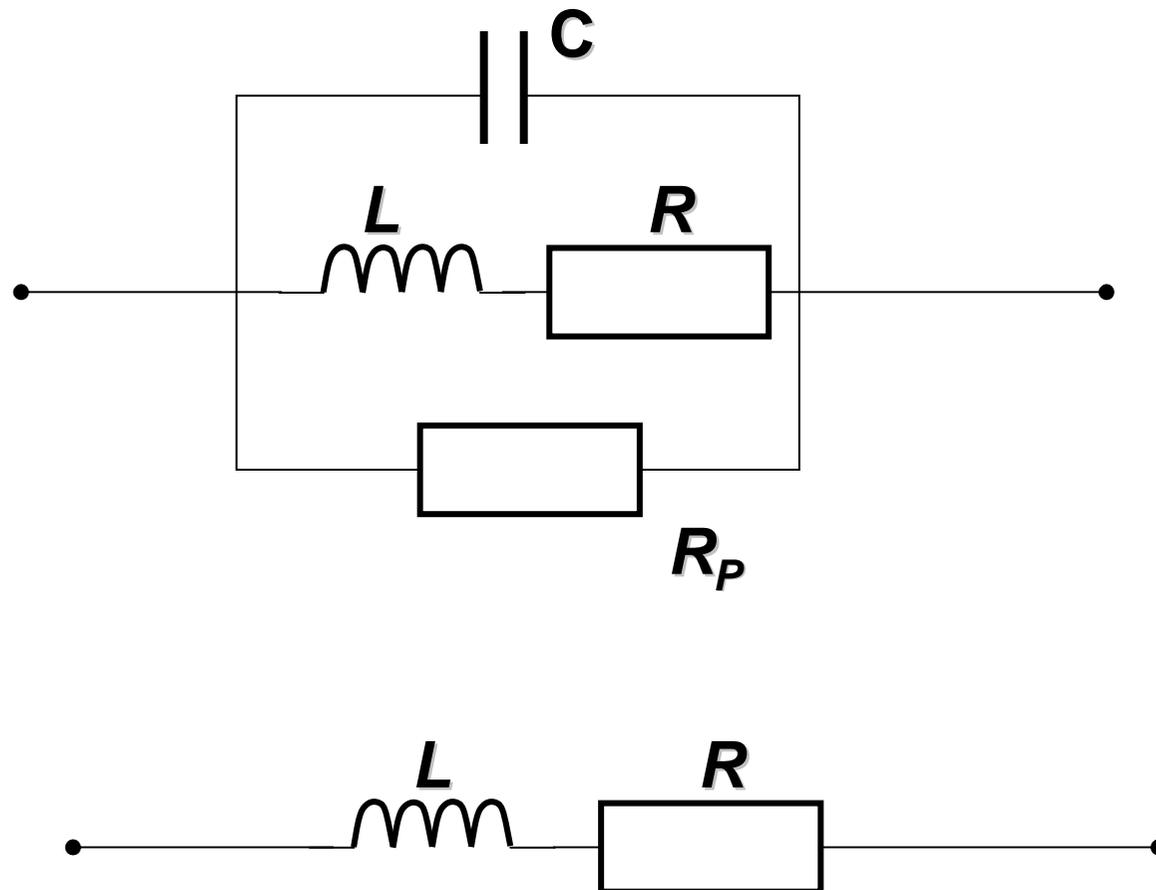
Además de lo anterior al estar las espiras que conforman la bobina una junto a la otra, entre ellas aparece un efecto capacitivo.

2.2 ELEMENTOS REALES (14)

2.2.2 COMPONENTES PASIVOS

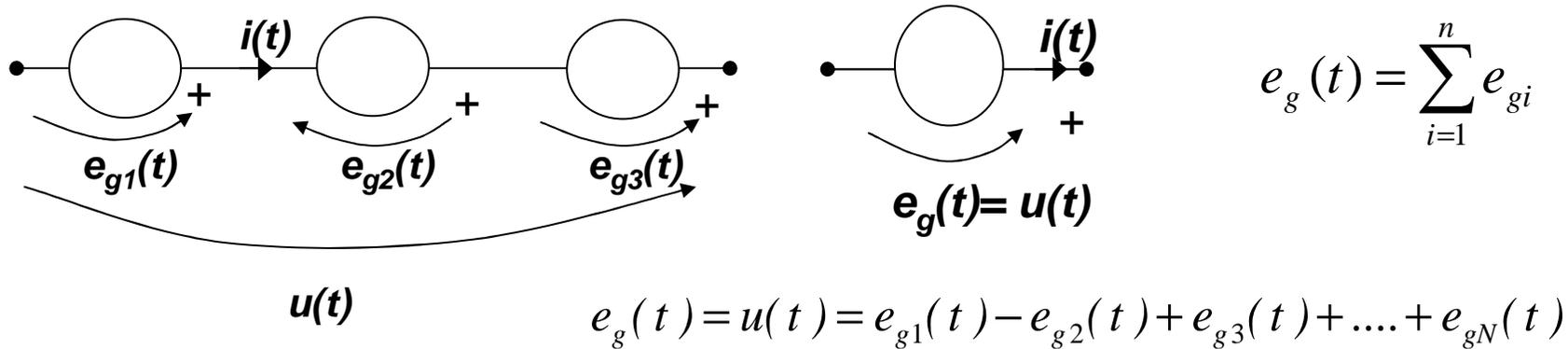
ELEMENTOS PASIVOS REALES- BOBINA

EL CIRCUITO EQUIVALENTE DE UNA BOBINA REAL SERA:

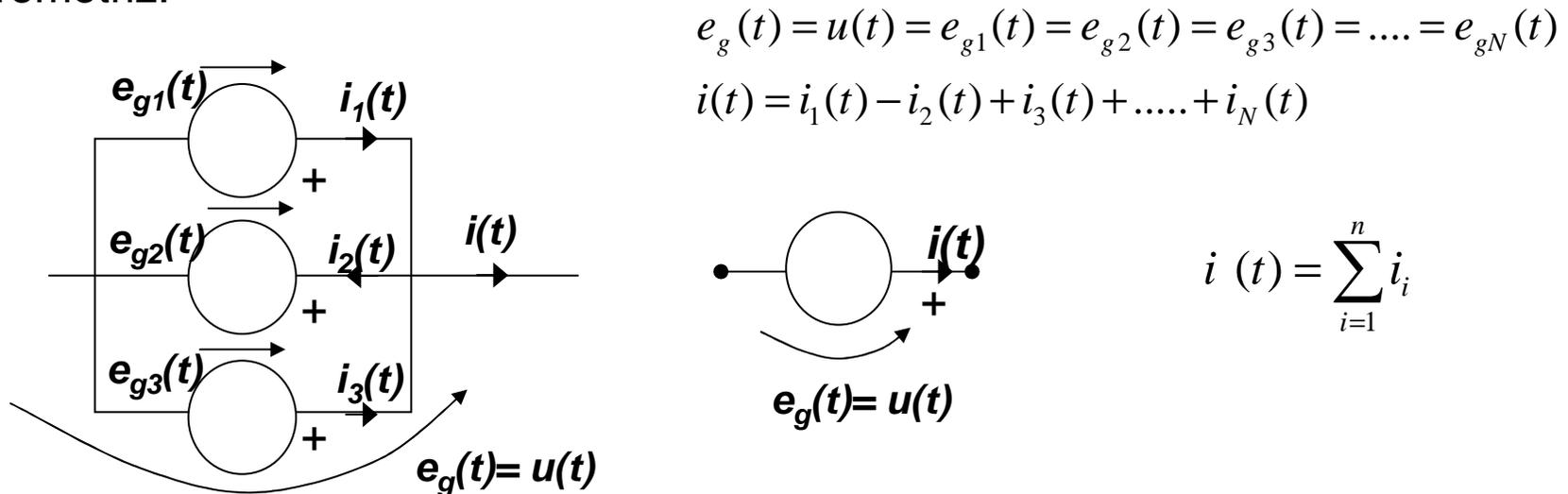


Asociación de Fuentes de Tensión

Asociación Serie, en esta asociación todas las fuentes tienen común la corriente $i(t)$



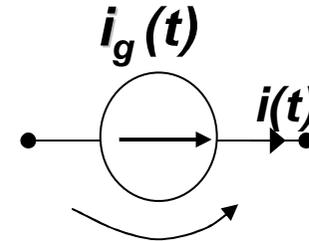
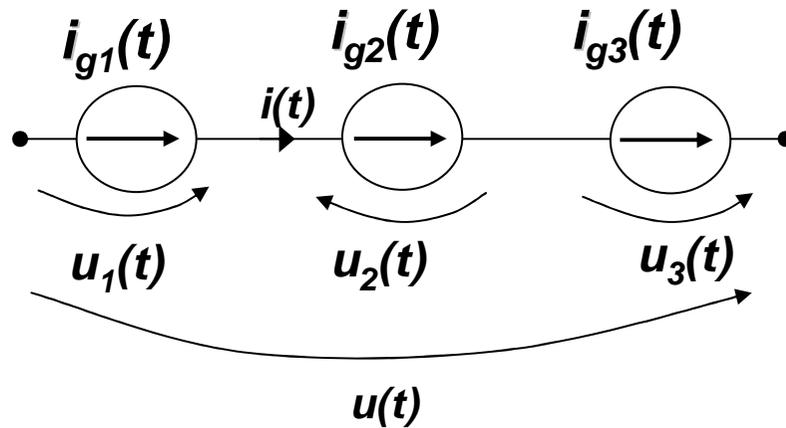
Asociación Paralelo, en esta asociación todas las fuentes tienen común la fuerza electromotriz.



2.3 ASOCIACIÓN DE ELEMENTOS DE LA MISMA NATURALEZA (2)

Asociación de Fuentes de Corriente

Asociación Serie, en esta asociación todas las fuentes tienen común la corriente $i(t)$

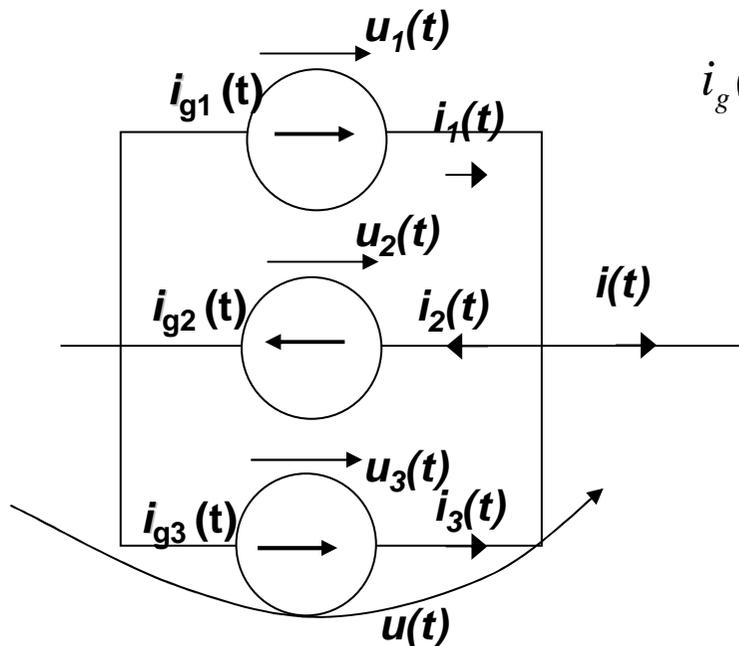


$$u(t) = \sum_{i=1}^n u_i$$

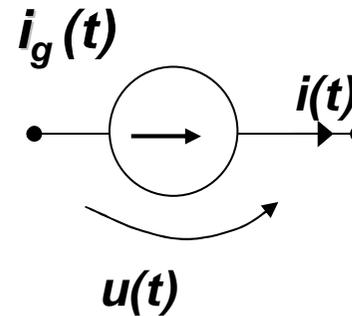
$$i_g(t) = i(t) = i_{g1}(t) = i_{g2}(t) = i_{g3}(t) = \dots = i_{gN}(t)$$

$$u(t) = u_1(t) - u_2(t) + u_3(t) + \dots + u_N(t)$$

Asociación Paralelo, en esta asociación todas las fuentes tienen común la tensión.



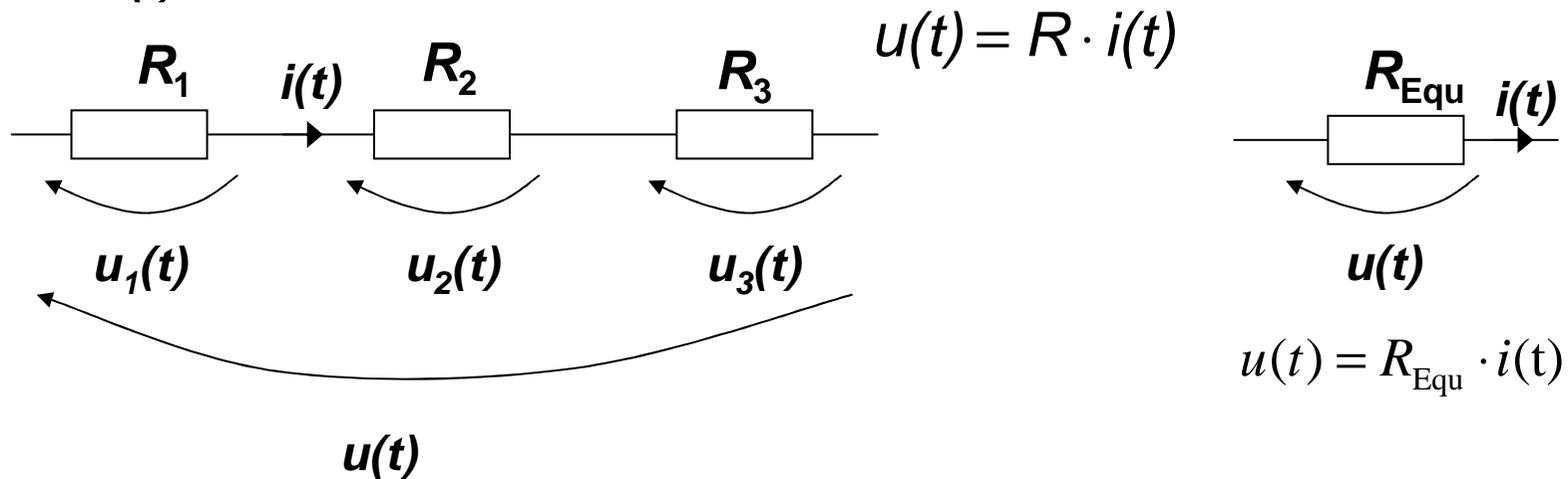
$$i_g(t) = i(t) = i_{g1}(t) - i_{g2}(t) + i_{g3}(t) + \dots + i_{gN}(t)$$



$$i_g(t) = \sum_{i=1}^n i_{gi}$$

Asociación de Resistencias

Asociación Serie, en esta asociación todas las resistencias tienen común la corriente $i(t)$



$$u_1(t) = R_1 \cdot i(t)$$

$$u_2(t) = R_2 \cdot i(t)$$

$$u_3(t) = R_3 \cdot i(t)$$

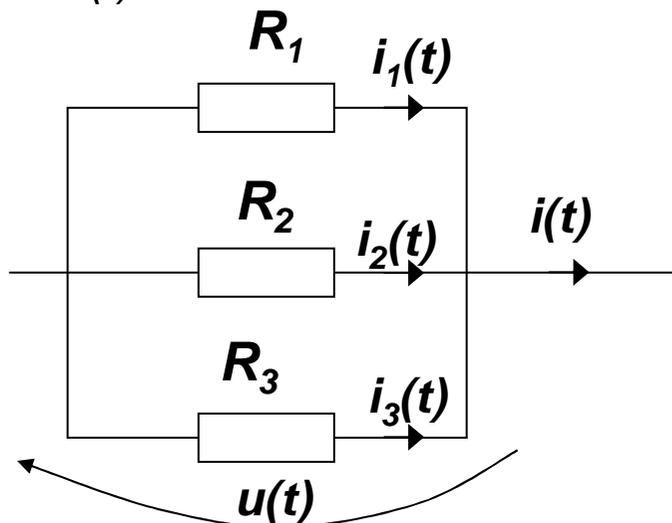
$$u(t) = R_{Equ} \cdot i(t) = R_1 \cdot i(t) + R_2 \cdot i(t) + R_3 \cdot i(t)$$

$$u(t) = R_{Equ} \cdot i(t) = (R_1 + R_2 + R_3) \cdot i(t)$$

$$R_{Equ} = R_1 + R_2 + R_3 = \sum_{i=1}^n R_i$$

Asociación de Resistencias

Asociación Paralelo, en esta asociación todas las resistencias tienen en común la tensión $u(t)$



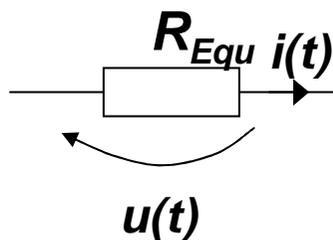
$$i(t) = \frac{1}{R} \cdot u(t) = G \cdot u(t)$$

$$i_1(t) = \frac{1}{R_1} \cdot u(t) \quad i_2(t) = \frac{1}{R_2} \cdot u(t) \quad i_3(t) = \frac{1}{R_3} \cdot u(t)$$

$$i(t) = i_1(t) + i_2(t) + i_3(t) = \frac{1}{R_1} \cdot u(t) + \frac{1}{R_2} \cdot u(t) + \frac{1}{R_3} \cdot u(t) =$$

$$\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \cdot u(t) = \frac{1}{R_{Equ}} \cdot u(t)$$

$$\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) = \frac{1}{R_{Equ}} \Rightarrow R_{Equ} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

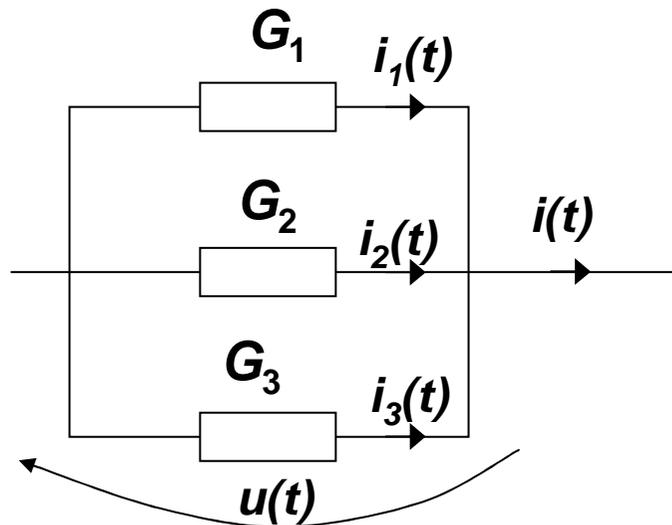


$$i(t) = \frac{1}{R_{Equ}} \cdot u(t)$$

$$R_{Equ} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}}$$

Asociación de Conductancias

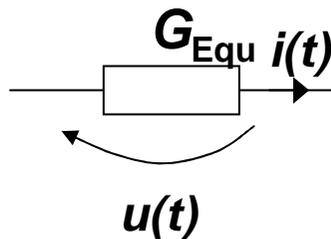
Asociación Paralelo, en esta asociación todas las resistencias tienen en común la tensión $u(t)$



$$i(t) = \frac{1}{R} \cdot u(t) = G \cdot u(t)$$

$$i_1(t) = G_1 \cdot u(t) \quad i_2(t) = G_2 \cdot u(t) \quad i_3(t) = G_3 \cdot u(t)$$

$$i(t) = G_{Equ} \cdot u(t)$$

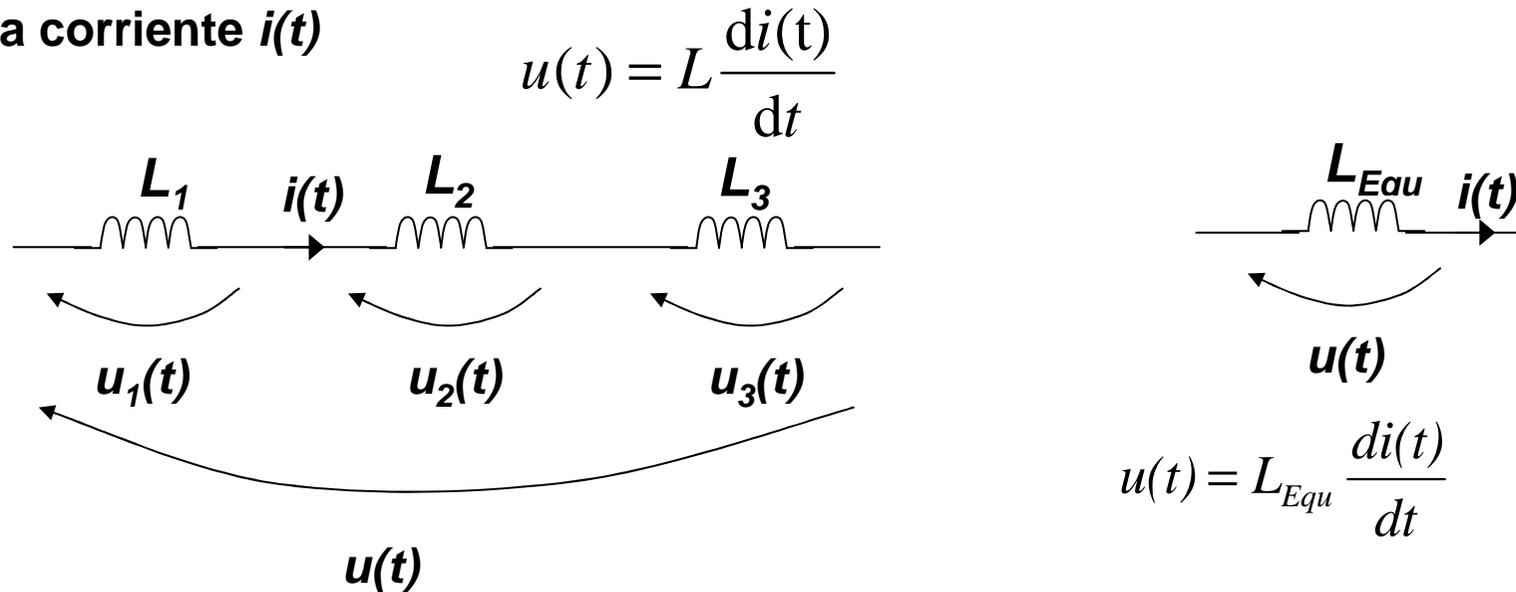


$$i(t) = i_1(t) + i_2(t) + i_3(t) = G_1 \cdot u(t) + G_2 \cdot u(t) + G_3 \cdot u(t) = (G_1 + G_2 + G_3) \cdot u(t) = G_{Equ} \cdot u(t)$$

$$(G_1 + G_2 + G_3) = G_{Equ} \Rightarrow G_{Equ} = \sum_{i=1}^n G_i$$

Asociación de bobinas

Asociación Serie, en esta asociación todas las bobinas tienen común la corriente $i(t)$



$$u(t) = L \frac{di(t)}{dt}$$

$$u(t) = L_{Equ} \frac{di(t)}{dt}$$

$$u_1(t) = L_1 \frac{di(t)}{dt}$$

$$u_2(t) = L_2 \frac{di(t)}{dt}$$

$$u_3(t) = L_3 \frac{di(t)}{dt}$$

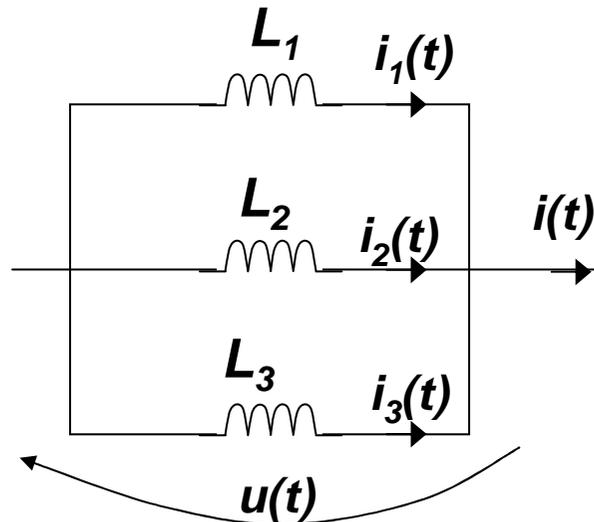
$$u(t) = L_{Equ} \frac{di(t)}{dt} = L_1 \frac{di(t)}{dt} + L_2 \frac{di(t)}{dt} + L_3 \frac{di(t)}{dt}$$

$$u(t) = L_{Equ} \frac{di(t)}{dt} = (L_1 + L_2 + L_3) \frac{di(t)}{dt}$$

$$L_{Equ} = L_1 + L_2 + L_3 = \sum_{i=1}^n L_i$$

Asociación de bobinas

Asociación Paralelo, en esta asociación todas las bobinas tienen en común la tensión $u(t)$



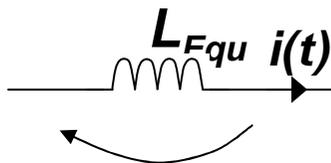
$$u(t) = L \frac{di(t)}{dt} \Rightarrow i(t) = \frac{1}{L} \int u(t) dt$$

$$i_1(t) = \frac{1}{L_1} \int u(t) dt \quad i_2(t) = \frac{1}{L_2} \int u(t) dt \quad i_3(t) = \frac{1}{L_3} \int u(t) dt$$

$$i(t) = i_1(t) + i_2(t) + i_3(t) = \frac{1}{L_1} \int u(t) dt + \frac{1}{L_2} \int u(t) dt + \frac{1}{L_3} \int u(t) dt =$$

$$\left(\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} \right) \int u(t) dt = \frac{1}{L_{Equ}} \int u(t) dt$$

$$\left(\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} \right) = \frac{1}{L_{Equ}} \Rightarrow L_{Equ} = \frac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}}$$



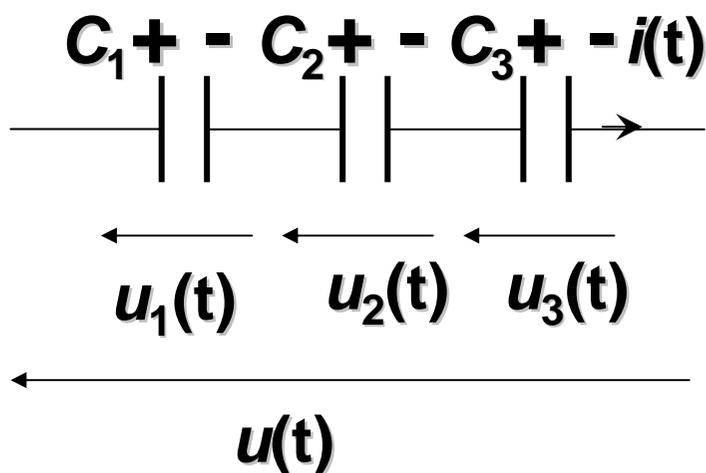
$u(t)$

$$i(t) = \frac{1}{L_{Equ}} \int u(t) dt$$

$$L_{Equ} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{L_i}}$$

ASOCIACIÓN DE CONDENSADORES

Asociación serie

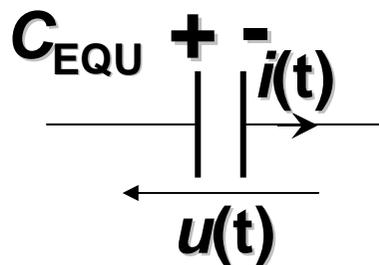


$$u_1(t) = \frac{1}{C_1} \cdot \int_{-\infty}^t i(t) dt$$

$$u_2(t) = \frac{1}{C_2} \cdot \int_{-\infty}^t i(t) dt \Rightarrow$$

$$u_3(t) = \frac{1}{C_3} \cdot \int_{-\infty}^t i(t) dt$$

$$u(t) = u_1(t) + u_2(t) + u_3(t) = \frac{1}{C_1} \cdot \int_{-\infty}^t i(t) dt + \frac{1}{C_2} \cdot \int_{-\infty}^t i(t) dt + \frac{1}{C_3} \cdot \int_{-\infty}^t i(t) dt = \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \right) \cdot \int_{-\infty}^t i(t) dt$$



$$u(t) = \frac{1}{C_{\text{equiv}}} \cdot \int_{-\infty}^t i(t) dt \quad ; \quad u(t) = \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \right) \cdot \int_{-\infty}^t i(t) dt$$

$$\frac{1}{C_{\text{equiv}}} = \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \right) = \sum_{i=1}^N \frac{1}{C_i} \Rightarrow C_{\text{equiv}} = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{C_i}}$$

ASOCIACIÓN DE CONDENSADORES

Asociación paralelo

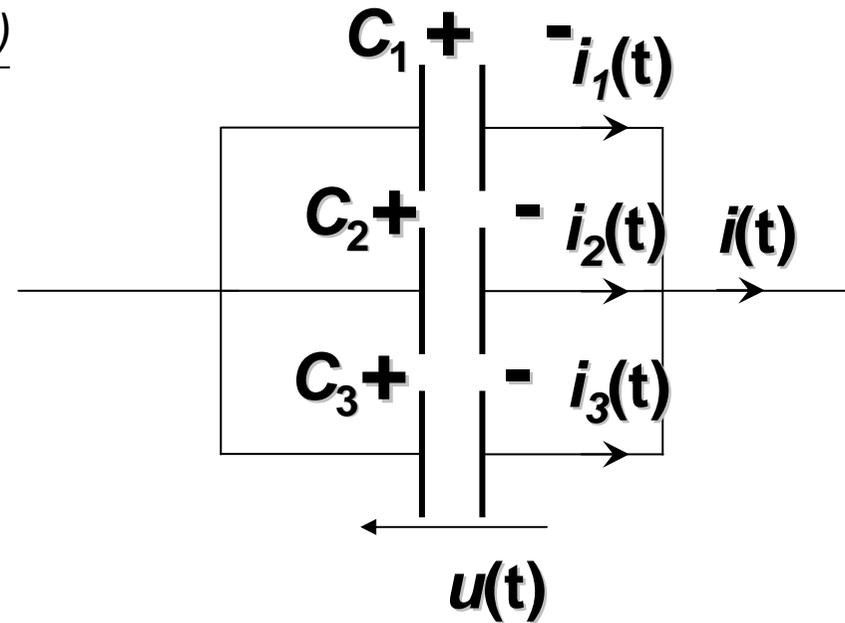
$$i_1(t) = C_1 \frac{du(t)}{dt} \quad i_2(t) = C_2 \frac{du(t)}{dt}$$

$$i_3(t) = C_3 \frac{du(t)}{dt}$$

$$i(t) = i_1(t) + i_2(t) + i_3(t) =$$

$$C_1 \frac{du(t)}{dt} + C_2 \frac{du(t)}{dt} + C_3 \frac{du(t)}{dt} =$$

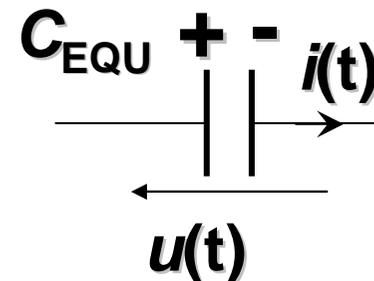
$$(C_1 + C_2 + C_3) \cdot \frac{du(t)}{dt} = i(t)$$



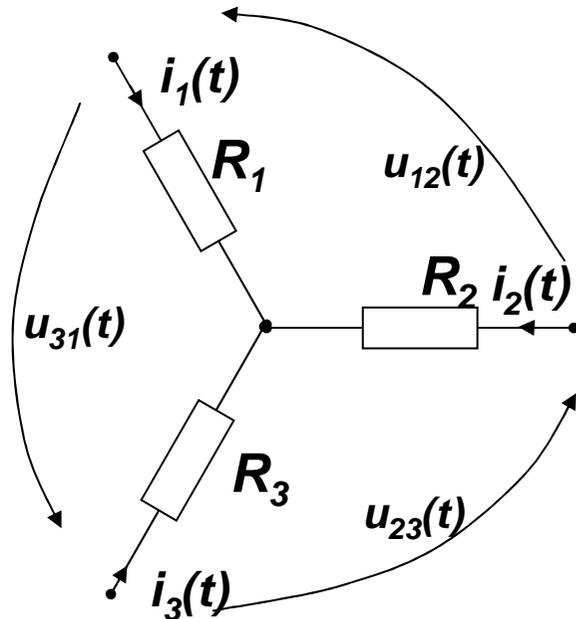
$$i(t) = C_{\text{Equ}} \frac{du(t)}{dt}$$

$$i(t) = (C_1 + C_2 + C_3) \frac{du(t)}{dt} \Rightarrow C_{\text{Equ}} = (C_1 + C_2 + C_3)$$

$$C_{\text{Equ}} = \sum_{i=1}^N C_i$$



ASOCIACIÓN λ - Δ DE RESISTENCIAS



$$R_1 = \frac{R_{12} \cdot R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} \quad R_2 = \frac{R_{23} \cdot R_{12}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$$

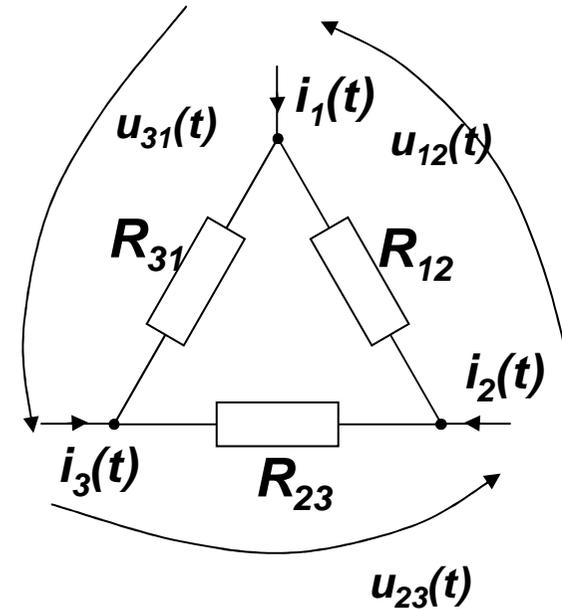
$$R_3 = \frac{R_{31} \cdot R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$$

En el caso de que el triangulo fuese equilibrado :

$$R_{12} = R_{23} = R_{31} = R_{\Delta} \quad \text{entonces}$$

$$R_1 = \frac{R_{\Delta}^2}{3 \cdot R_{\Delta}} = \frac{R_{\Delta}}{3} \quad R_2 = \frac{R_{\Delta}^2}{3 \cdot R_{\Delta}} = \frac{R_{\Delta}}{3}$$

$$R_3 = \frac{R_{\Delta}^2}{3 \cdot R_{\Delta}} = \frac{R_{\Delta}}{3}$$



$$R_{12} = \frac{R_1 \cdot R_2 + R_2 \cdot R_3 + R_3 \cdot R_1}{R_3} \quad R_{23} = \frac{R_1 \cdot R_2 + R_2 \cdot R_3 + R_3 \cdot R_1}{R_1}$$

$$R_{31} = \frac{R_1 \cdot R_2 + R_2 \cdot R_3 + R_3 \cdot R_1}{R_2}$$

En el caso de que la estrella fuese equilibrada :

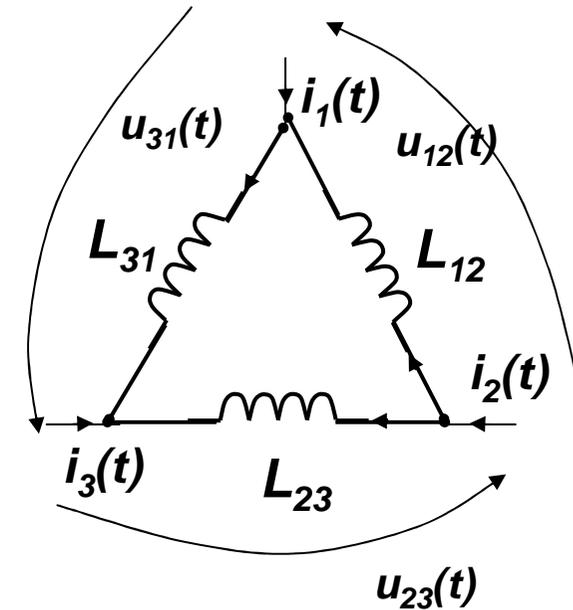
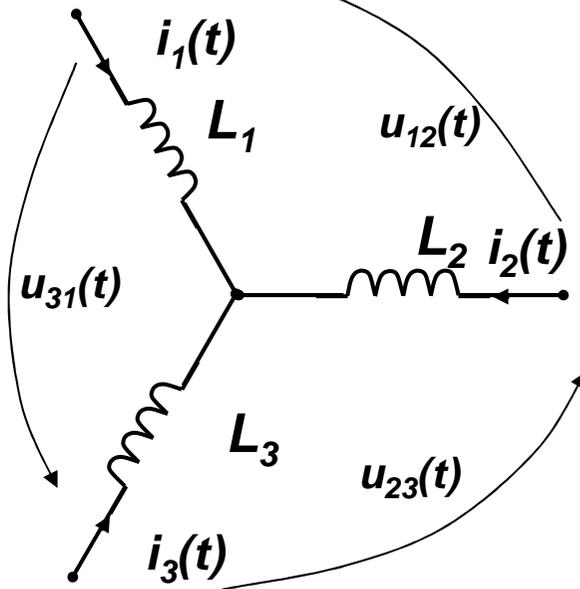
$$R_1 = R_2 = R_3 = R_{\lambda} \quad \text{entonces}$$

$$R_{12} = \frac{3 \cdot R_{\lambda}^2}{R_{\lambda}} = 3 \cdot R_{\lambda} \quad R_{23} = \frac{3 \cdot R_{\lambda}^2}{R_{\lambda}} = 3 \cdot R_{\lambda}$$

$$R_{31} = \frac{3 \cdot R_{\lambda}^2}{R_{\lambda}} = 3 \cdot R_{\lambda}$$

2.3 ASOCIACIÓN DE ELEMENTOS DE LA MISMA NATURALEZA (11)

ASOCIACIÓN λ - Δ DE BOBINAS



$$L_1 = \frac{L_{12} \cdot L_{31}}{L_{12} + L_{23} + L_{31}} \quad L_2 = \frac{L_{23} \cdot L_{12}}{L_{12} + L_{23} + L_{31}}$$

$$L_3 = \frac{L_{31} \cdot L_{23}}{L_{12} + L_{23} + L_{31}}$$

En el caso de que el triangulo fuese equilibrado :

$$L_{12} = L_{23} = L_{31} = L_{\Delta} \quad \text{entonces}$$

$$L_3 = \frac{L_{\Delta}^2}{3 \cdot L_{\Delta}} = \frac{L_{\Delta}}{3} \quad L_3 = \frac{L_{\Delta}^2}{3 \cdot L_{\Delta}} = \frac{L_{\Delta}}{3}$$

$$L_3 = \frac{L_{\Delta}^2}{3 \cdot L_{\Delta}} = \frac{L_{\Delta}}{3}$$

$$L_{12} = \frac{L_1 \cdot L_2 + L_2 \cdot L_3 + L_3 L_1}{L_3} \quad L_{23} = \frac{L_1 \cdot L_2 + L_2 \cdot L_3 + L_3 L_1}{L_1}$$

$$L_{31} = \frac{L_1 \cdot L_2 + L_2 \cdot L_3 + L_3 L_1}{L_2}$$

En el caso de que la estrella fuese equilibrada :

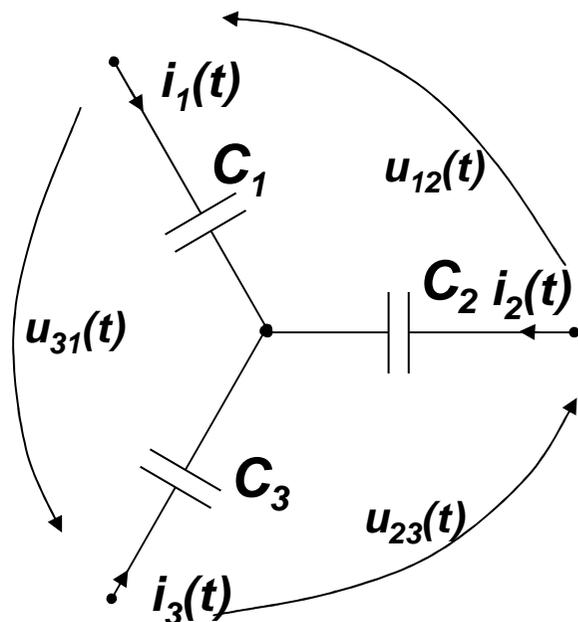
$$L_1 = L_2 = L_3 = L_{\lambda} \quad \text{entonces}$$

$$L_{31} = \frac{3 \cdot L_{\lambda}^2}{L_{\lambda}} = 3 \cdot L_{\lambda} \quad L_{31} = \frac{3 \cdot L_{\lambda}^2}{L_{\lambda}} = 3 \cdot L_{\lambda}$$

$$L_{31} = \frac{3 \cdot L_{\lambda}^2}{L_{\lambda}} = 3 \cdot L_{\lambda}$$

2.3 ASOCIACIÓN DE ELEMENTOS DE LA MISMA NATURALEZA (12)

ASOCIACIÓN λ - Δ DE CONDENSADORES



$$C_1 = \frac{C_{12} \cdot C_{23} + C_{23} \cdot C_{31} + C_{31} \cdot C_{12}}{C_{23}}$$

$$C_2 = \frac{C_{12} \cdot C_{23} + C_{23} \cdot C_{31} + C_{31} \cdot C_{12}}{C_{31}}$$

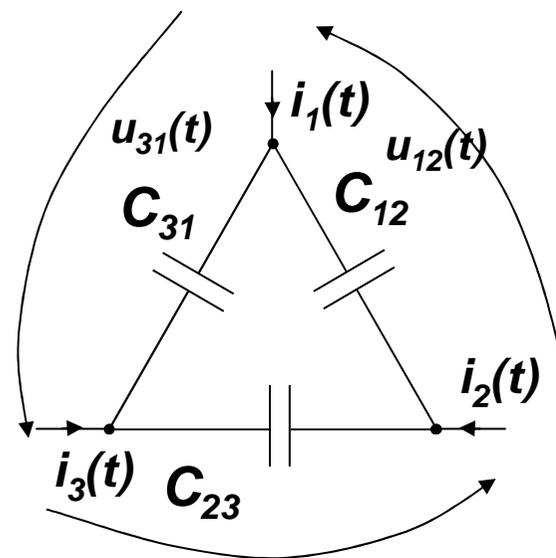
$$C_3 = \frac{C_{12} \cdot C_{23} + C_{23} \cdot C_{31} + C_{31} \cdot C_{12}}{C_{12}}$$

En el caso de que el triángulo fuese equilibrado :

$$C_{12} = C_{23} = C_{31} = C_{\Delta} \quad \text{entonces}$$

$$C_1 = \frac{3 \cdot C_{\Delta}^2}{C_{\Delta}} = 3 \cdot C_{\Delta} \quad C_2 = \frac{3 \cdot C_{\Delta}^2}{C_{\Delta}} = 3 \cdot C_{\Delta}$$

$$C_3 = \frac{3 \cdot C_{\Delta}^2}{C_{\Delta}} = 3 \cdot C_{\Delta}$$



$$C_{12} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2 + C_3} \quad C_{23} = \frac{C_2 \cdot C_3}{C_1 + C_2 + C_3}$$

$$C_{31} = \frac{C_3 \cdot C_1}{C_1 + C_2 + C_3}$$

En el caso de que la estrella fuese equilibrada :

$$C_1 = C_2 = C_3 = C_{\lambda} \quad \text{entonces}$$

$$C_{12} = \frac{C_{\lambda}^2}{3 \cdot C_{\lambda}} = \frac{C_{\lambda}}{3} \quad C_{23} = \frac{C_{\lambda}^2}{3 \cdot C_{\lambda}} = \frac{C_{\lambda}}{3}$$

$$C_{31} = \frac{C_{\lambda}^2}{3 \cdot C_{\lambda}} = \frac{C_{\lambda}}{3}$$

2.4 BIBLIOGRAFIA

- V.M. Parra Prieto y otros, Teoría de Circuitos, Universidad Nacional de Educación a Distancia. Madrid 1990. Tema II y Tema III.
- J. Fraile Mora, Electromagnetismo y Circuitos eléctricos, Mc Graw Hill. Madrid, 2005. Capítulo 3.
- Z. Aginako y otros, Zirkuituen Teoriako 100 Ariketa, Elhuyar, Usurbil 2006. 1. atala.
- P. Sánchez Barrios y otros, Teoría de Circuitos, Pearson Educación, Madrid 2007. Capítulo 1.
- J.L: Azurmendi y otros, Practicas de Electricidad y Circuitos, Centro de publicaciones de la EUITI de Bilbao, Bilbao 1985. Capítulo 2 y práctica 2, 3.
- UNE-EN 60062: 2005, Códigos para el marcado de resistencias y de condensadores.
- UNE 20531:1979, Series de valores normales para resistencias y condensadores.
- UNE-EN 60027-1: 2009, Símbolos literales utilizados en Electrotecnia. Parte 1.
- UNE 21302-131 Vocabulario electrotécnico. Parte 131: Teoría de Circuitos.
- UNE-EN 60617-2, Símbolos gráficos para esquemas. Parte 2: Elementos de símbolos, símbolos distintivos y otros símbolos de aplicación general
- UNE-EN 60617-4, Símbolos gráficos para esquemas. Parte 4: Componentes pasivos básicos.