

Sistemas Lineales 1 - Práctico 10

Sistemas Polifásicos

1^{er} semestre 2018

1.-En los circuitos de la figura 1, las fuentes forman un sistema triásico y perfecto.

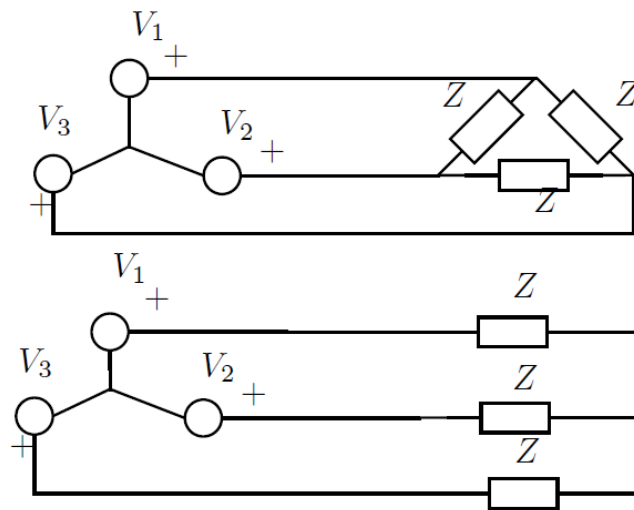


Figura 1: Carga conectada en estrella y en triángulo.

- Hallar la potencia activa y reactiva consumida por cada carga en ambos casos (suponer $Z = R + jX$).
- ¿Cuál es la configuración más conveniente si se pretende tener la menor corriente por las cargas?
- ¿Cuál es la configuración más conveniente si se pretende tener el mayor voltaje sobre las cargas?

2.- (Examen de diciembre de 2004)

- Sea el circuito de la figura 2, donde $v_i(t) = \sqrt{2}220 \cos(\omega t)$, $\omega = 100\pi \text{ rad/s}$, $L = 50 \text{ mH}$, $R = 75 \Omega$.
 - Hallar una expresión para la impedancia Z_v vista por la fuente.
 - Calcular el valor del condensador C , si se sabe que $|I_L| = 3|I_C|$, donde I_L e I_C son los fasores de corriente por L y C respectivamente.
 - Ubicar en un diagrama fasorial a V_i (fasor de corriente), I (fasor de corriente entregada por la fuente), I_R (fasor de corriente por la resistencia R conectada a la fuente), I_L e I_C .
 - Hallar las potencias activa y reactiva consumidas a la fuente.

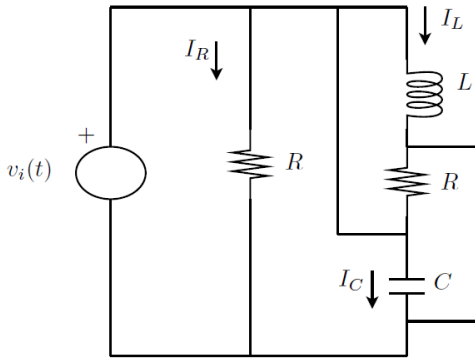


Figura 2: Circuito del Ejercicio 2.

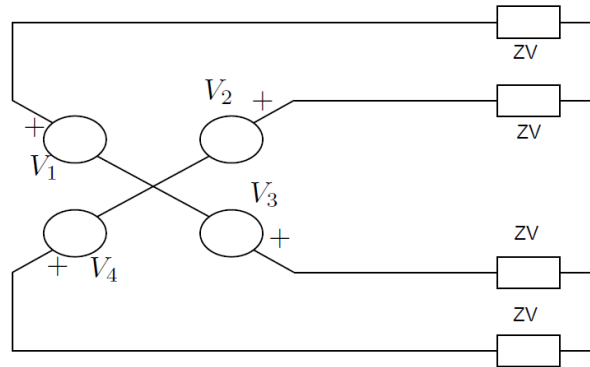


Figura 3: Sistema tetra-fásico.

b) Se considera el circuito **tetra-fásico** de la figura 3. Se tiene que

$$v_1(t) = \sqrt{2} 220 \cos(\omega t), v_2(t) = \sqrt{2} 220 \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right), v_3(t) = \sqrt{2} 220 \cos(\omega t - \pi), v_4(t) = \sqrt{2} 220 \cos\left(\omega t - \frac{3\pi}{2}\right)$$

- i) Hallar los fasores de las corrientes de línea I_1, I_2, I_3, I_4 y realizar un diagrama fasorial que los involucre junto con los fasores de la fuente tetrafásica.
- ii) Calcular **gráficamente** las siguientes tensiones compuestas: U_{12}, U_{23} y U_{42} , agregarlas al diagrama fasorial y dar sus expresiones temporales.
- iii) Hallar las potencias totales activa y reactiva consumidas al sistema de fuentes **aplicando del Teorema de Blondell**.
- iv) Hallar el valor de los condensadores C^* que, conectados en estrella, compensan el factor de potencia del sistema tetra-fásico. Mostrar que debe cumplirse la identidad $C^* = nC$, para un natural n que se hallará.

3.-(Examen de febrero de 2004)

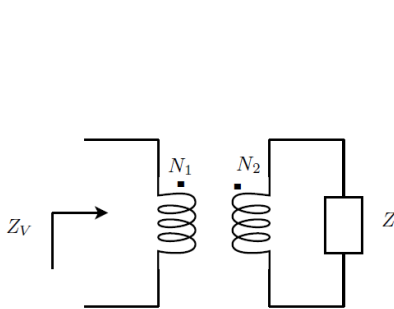


Figura 4: Transformador ideal.

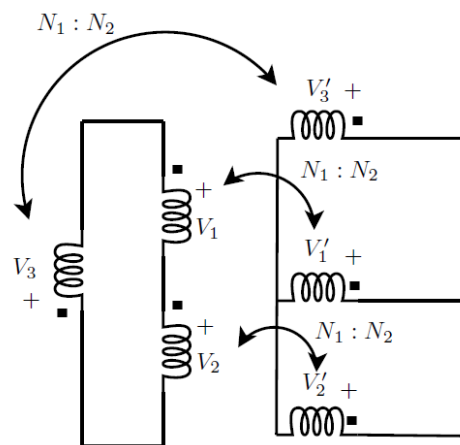


Figura 5: Transformador ideal trifásico triángulo-estrella.

- a) i) En la figura 4, calcular la impedancia vista desde el primario (Z_v).

- ii) En la figura 5, hallar los fasores V'_1 , V'_2 y V'_3 (tensiones en bornes de las bobinas del secundario) en función de los fasores V_1 , V_2 y V_3 (tensiones en bornes de las bobinas del primario). Hallas las tensiones compuestas (entre líneas), para el caso en que

$$V_1 = V\angle 0^\circ \quad , \quad V_2 = V\angle 120^\circ \quad , \quad V_3 = V\angle 240^\circ$$

- iii) En la figura 6, hallar el valor que debe tener la impedancia Z' para que ambos circuitos trifásicos sean equivalentes.

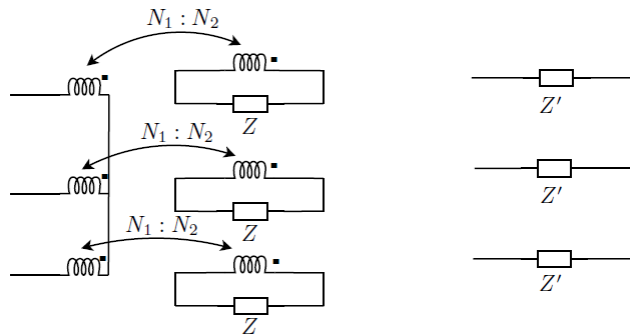


Figura 6: Circuitos trifásicos equivalentes.

- b) En esta parte, V_2 y V_3 son como en la parte anterior.

- i) En la figura 7, hallar los módulos de las caídas de tensión en las impedancias de línea Z_T .
- ii) Determinar en cuál de los dos circuitos la caída es menor, asumiendo que el módulo de Z_T es mucho menor que el de Z y que n es mucho mayor que 1.

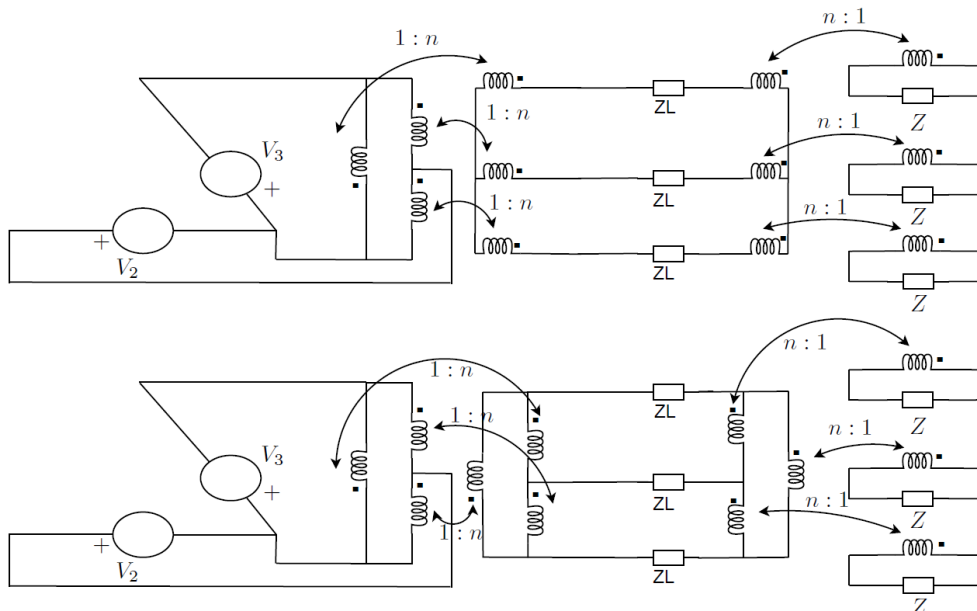


Figura 7: Dos conexionados diferentes.

4.-(Examen de julio de 2012)

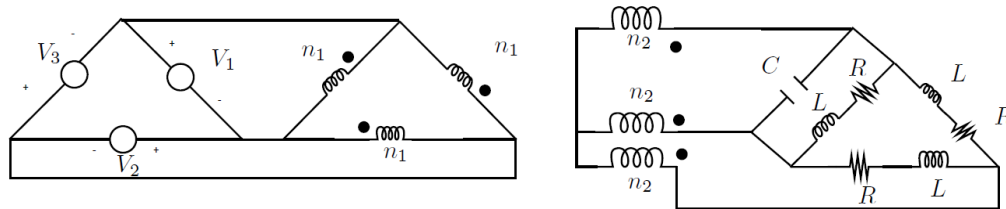


Figura 8: Esquema de la planta del Ejercicio 4.

El ingeniero de una planta destinada a la producción de aceite se encuentra con que su instalación, que puede modelarse con el esquema de la figura 8, **no es equilibrada**. Se rumorea que la empresa de distribución de energía eléctrica penalizará en la factura de pago, si el factor de potencia de la carga es menor a 0.92^1 .

Como primera aproximación al problema, el ingeniero decide (por inspección de las cargas) despreciar el condensador C , con lo cual el sistema de cargas queda equilibrado.

Datos del problema:

$$\omega = 100\pi \text{ rad/s}, L = 500\mu\text{H}, C = 50 \text{ nF}, R = 50\Omega, n = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{\sqrt{3}}.$$

$$v_1(t) = 400V \cos(\omega t), v_2(t) = 400V \cos(\omega t + 120^\circ) \quad v_3(t) = 400V \cos(\omega t + 240^\circ)$$

- a) En las condiciones de la primera aproximación calcular:
 - i) Los voltajes en bornes de las cargas: $v_{z1}(t)$, $v_{z2}(t)$ y $v_{z3}(t)$.
 - ii) Las corrientes por las cargas $i_{z1}(t)$, $i_{z2}(t)$ y $i_{z3}(t)$.
 - iii) Hallar la potencia activa y reactiva total consumida por el sistema de cargas.
 - iv) Hallar el factor de potencia de las cargas.
 - v) Según la primera aproximación realizada por el ingeniero: ¿la planta será penalizada?
- b) Ahora el ingeniero decide realizar un cálculo exacto, para determinar cuán buena fue su aproximación. Para eso se pide, considerando las cargas no equilibradas (sin despreciar C), calcular:
 - i) Los voltajes en bornes de las cargas: $v'_{z1}(t)$, $v'_{z2}(t)$ y $v'_{z3}(t)$.
 - ii) Las corrientes por las cargas $i'_{z1}(t)$, $i'_{z2}(t)$ y $i'_{z3}(t)$.
 - iii) Halle la potencia activa y reactiva total consumida por el sistema de cargas.
 - iv) Halle el factor de potencia de las cargas.
 - v) Según el cálculo real hecho, ¿la planta será penalizada?
- c) ¿Considera que fue buena la aproximación realizada por el ingeniero? ¿Por qué? ¿En qué cree que se basó el ingeniero para realizar su primera aproximación? Justifique!!

¹Si P_T y Q_T denotan las potencias activa y reactivas totales consumidas por una carga no equilibrada, el factor de potencia se define como

$$F.P. = \frac{P_T}{\sqrt{P_T^2 + Q_T^2}}$$

5.-(Segundo parcial de 2012)

- a) La figura 9 muestra el modelo de una carga trifásica balanceada en triángulo ($Z_1 = Z_2 = Z_3 = Z = R + jX$), conectada a un sistema de fuentes perfecto también en triángulo, donde el valor eficaz de cada fuente es V_{eff} . Calcular las potencias activa, reactiva y aparentes totales entregadas por el sistema de fuentes en función de V_{eff} y Z .

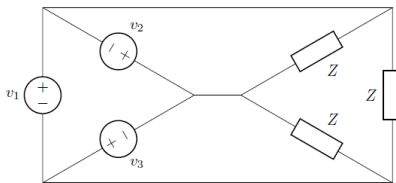


Figura 9: Modelo del sistema

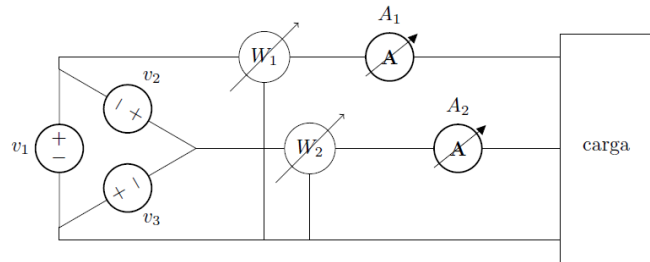


Figura 10: Esquema del ensayo

- b) El esquema de la figura 10 representa un ensayo realizado a una carga trifásica, no necesariamente balanceada, sin neutro. Los vatímetros sensan los valores eficaces de las tensiones de las líneas 1 y 2 referidas a la línea 3, U_{13} , U_{23} , y las corrientes por las líneas 1 y 2, I_{L1} , I_{L2} respectivamente (las líneas se numeran según el borne positivo de cada fuente). La medida es el producto del valor eficaz de la tensión por el valor eficaz de la corriente por el coseno del desfase entre ambas señales. Los amperímetros miden los valores eficaces de las corrientes de línea I_{L1} , I_{L2} .

De los instrumentos de medida se obtienen los siguientes valores:

$$|I_1| = |I_2| = 5A, \quad P_1 = 1100W \quad P_2 = 550W$$

Se sabe que las cargas son todas inductivas.

Las fuentes son sinusoidales, de pulsación $\omega = 314\text{rad/s}$, dadas por las siguientes expresiones:

$$v_1(t) = 311V \cos(\omega t), \quad v_2(t) = 311V \cos(\omega t - \frac{2\pi}{3}), \quad v_3(t) = 311V \cos(\omega t - \frac{4\pi}{3})$$

- i) Calcular las potencias activa, reactiva y aparente totales entregadas por las fuentes. *Justifique.*

De aquí en más asumimos que el sistema de cargas es balanceado (las cargas de todas las fases son iguales).

- ii) Hallar los fasores (en valores eficaces) asociados a las corrientes de línea I_{L1} , I_{L2} e I_{L3} .
- iii) Hallar un sistema de cargas en triángulo equivalente; escribir la carga como el paralelo de una impedancia puramente imaginaria y otra puramente real.
- iv) Realizar un diagrama fasorial en el que se representen los fasores asociados a las fuentes, las corrientes de línea y las corrientes de fase (corrientes por las cargas).
- v) Hallar la expresión temporal de las corrientes por las cargas.
- vii) Compensar el factor de potencia, indicando qué componentes colocaría y cómo las conectaría para que su magnitud sea lo más chica posible.

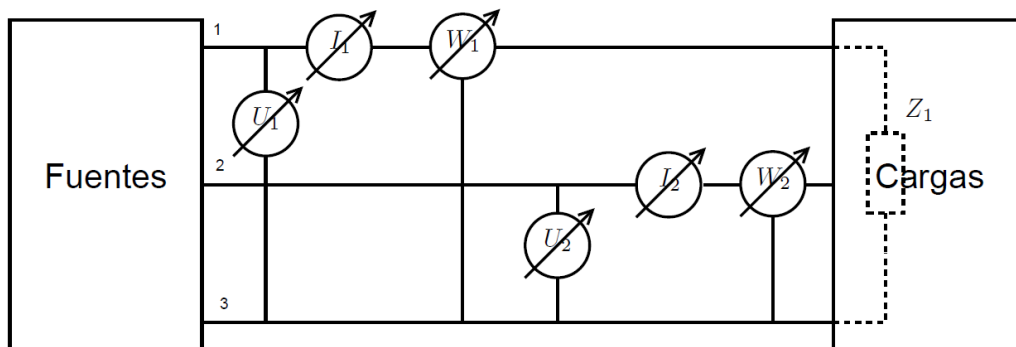


Figura 11: Esquema de conexión del problema 6

6.- (Examen de julio de 2010)

El esquema de la figura 11 representa una carga trifásica conectada a un sistema de fuentes sin neutro. De los instrumentos de medida se obtienen los siguientes valores:

$$U_1 = U_2 = 220V \quad I_1 = I_2 = 5A \quad W_1 = 550W, W_2 = 1100W$$

Las medidas de corriente y voltaje son módulos en valores eficaces; se sabe que en ambas medidas las corrientes están retrasadas 0 o más grados referidas a sus respectivos voltajes.

- a) Calcular las potencias activa, reactiva y aparente totales consumidas al sistema de fuentes.
- b)
 - i) Sabiendo que U_2 está $\pi/3$ radianes adelantado respecto a U_1 , hacer un diagrama fasorial que involucre a los fasores U_1 , U_2 y los voltajes de línea.
 - ii) Sabiendo además que la carga es balanceada (carga de todas las fases iguales), hallar un sistema de cargas en triángulo equivalente al sistema del problema.
 - iii) Escribir dicha carga como el paralelo de una carga puramente imaginaria y otra puramente real.

LAS HIPÓTESIS DE ESTA PARTE SE MANTIENEN DURANTE EL RESTO DEL PROBLEMA

- c) En las condiciones de la parte anterior calcular la expresión temporal de las corrientes por las cargas, tomando U_1 con fase 0.
- d) Compensar el factor de potencia, indicando qué componentes colocaría y cómo los conectaría para que su magnitud sea lo más chica posible.
- e) Realizar un diagrama fasorial vinculando U_1 , I_1 , la corriente por la carga Z_1 entre las líneas 1 y 3 y el(los) voltaje(s) y la(s) corriente(s) por el(los) elemento(s) de compensación conectado(s) a la línea 1.
- f) Hallar un equivalente en estrella de todo el sistema de cargas incluyendo los elementos de compensación.

7.-(Examen de febrero de 2011)

Considere el circuito trifásico mostrado en la figura 12, donde el sistema de fuentes es perfecto y los valores **eficaces** de tensión son $220V$. Se alimenta un sistema de cargas idénticas, que consumen al sistema de fuentes una potencia activa de $30kW$ y presentan un factor de potencia ($\cos\varphi$) de 0.85.

- a) i) Dibuje el circuito equivalente monofásico.
 ii) Calcule la resistencia R y la reactancia X para el modelo en paralelo adoptado para la carga.
 iii) Realice un diagrama fasorial que contenga la tensión y corriente por las fuentes y las corrientes I_R e I_X por la resistencia y la reactancia respectivamente.

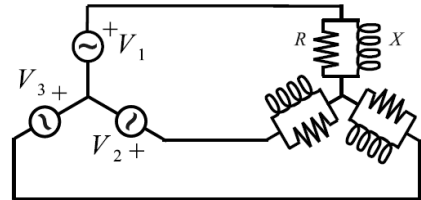


Figura 12:

De aquí en adelante se adopta un modelo más realista para las líneas y se considerará que las mismas presentan una resistencia $R_L = 5\Omega$, como se muestra en la figura 13.

- b) i) Calcule la potencia activa consumida por las cargas.
 ii) Calcule la potencia activa disipada en las líneas.
 iii) Calcule la eficiencia del sistema definido como el cociente entre la potencia activa consumida por las cargas y la potencia activa entregada por el sistema de fuentes: $\eta = \frac{P_{cargas}}{P_{fuentes}}$

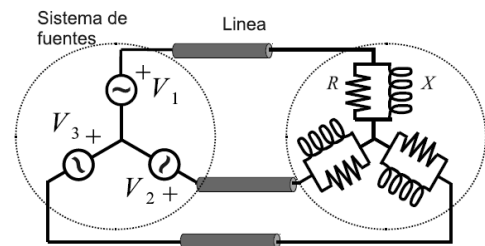


Figura 13:

Para mejorar la eficiencia del sistema se propone alimentar las cargas con un sistema de fuentes de media tensión utilizando un transformador trifásico ideal como se muestra en la figura 14. El sistema de fuentes es perfecto y presenta una tensión de $3.8kV$ (eficaces). El transformador presenta una relación de vueltas $n_1/n_2 = 10$.

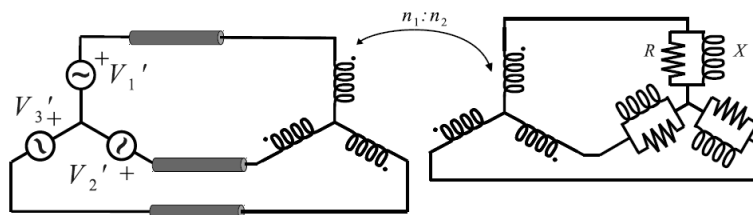
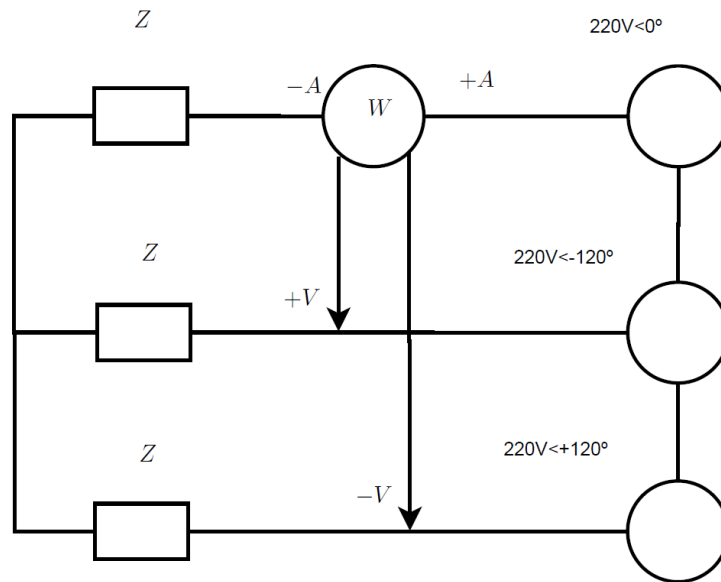


Figura 14:

- c) i) Indique qué elementos colocaría, y de qué valor, para compensar la potencia reactiva consumida a las fuentes. Realice un dibujo donde se muestre el esquema de conexión.
DE AQUÍ EN ADELANTE TRABAJE EN LAS CONDICIONES DE LA PARTE ANTERIOR. Es decir, la potencia reactiva estará compensada.
 ii) Calcule nuevamente η (definida en la parte (b)) y compare dicho resultado con el obtenido en el caso anterior. Analice las diferencias entre uno y otro caso, justificando.

8.-Para el circuito de la figura determinar la indicación del vatímetro, siendo $Z = 10 + j5\Omega$ la carga conectada.



9.-Una fuente trifásica F entrega potencia activa y reactiva a los circuitos A y B (ambos desequilibrados). En los conductores de alimentación hay conectados 5 vatímetros (identificados con los números 1 a 5). En cada vatímetro se indica el borne $+A$ y $\pm V$, siendo el restante borne (el tercero que no tiene identificación), el común a $-A$ y $-V$. Las lecturas que se obtienen son W_i siendo i el número del vatímetro.

$+A$ indica el borne del vatímetro por el que se mide la corriente *entrante*, en tanto $+V$ denota el borne desde el cual se mide la diferencia de potencial con el común.

Se pide determinar la expresión de la potencia entregada por F , en función de las lecturas (tener especial cuidado con los signos).

