

Carga y descarga de una bobina

ESTUDIO DE LA CURVA DE CORRIENTE DE LA BOBINA TRAS SU CONEXIÓN Y DESCONEXIÓN

- Medición de la corriente de la bobina al activar y desactivar una tensión continua.
- Determinación del tiempo de vida media al activar y desactivar una tensión continua.
- Estudio de la dependencia del tiempo de vida media con los valores de inductancia y resistencia.

UE3050201

06/17 UD

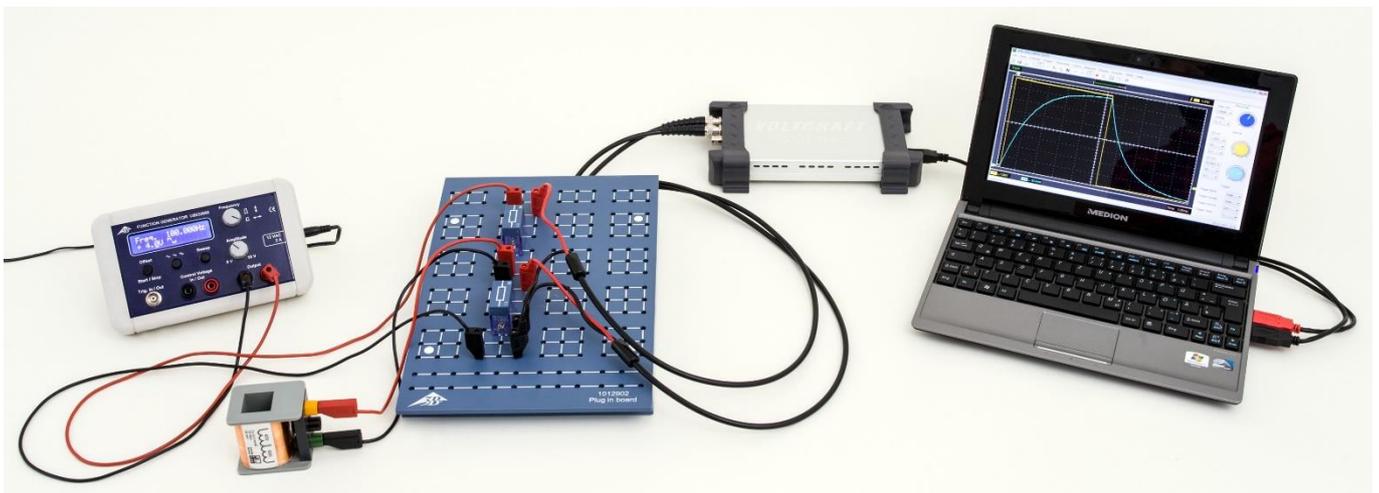


Fig. 1: Montaje de medición

FUNDAMENTOS GENERALES

El comportamiento de una bobina en un circuito de corriente continua cambia en el momento en que se aplica o se deja de aplicar tensión continua. El cambio de la corriente se retarda, por el fenómeno de la autoinducción, hasta que la bobina alcance su valor máximo por la aplicación de tensión o su valor cero tras la descarga. La curva de corriente se puede representar como una función exponencial.

Para un circuito de corriente continua con la inductancia L , la resistencia óhmica R y la tensión continua $U_0 = R \cdot I_0$, tras su activación se obtiene:

$$(1) \quad I(t) = I_0 \cdot \left(1 - e^{-\frac{t \ln 2}{T_{1/2}}}\right)$$

y, tras la desactivación:

$$(2) \quad I(t) = I_0 \cdot e^{-\frac{t \ln 2}{T_{1/2}}}$$

donde

$$(3) \quad T_{1/2} = \ln 2 \cdot \frac{L}{R}$$

$T_{1/2}$ es el tiempo de vida media; esto significa que, dentro del periodo $T_{1/2}$, la corriente de la bobina se reduce a la mitad. El mismo tiempo transcurre durante la reducción de la mitad a un cuarto de su valor, al igual que de un cuarto a un octavo.

En el experimento se comprobará este supuesto. Con este fin se registrará la curva en el tiempo de la corriente de la bobina por medio de un osciloscopio con memoria. Se medirá la corriente como caída de tensión en una resistencia de medición R_m conectada en serie. La corriente I_0 se selecciona de manera tal que se pueda leer fácilmente la mitad, un cuarto y un octavo de dicho valor. Para variar la resistencia óhmica se integran en serie al circuito diferentes resistencias R_R adicionales.

La resistencia óhmica R es el resultado de la suma del total de las resistencias de prueba, de la componente óhmica de la resistencia de la bobina y del resistor de medición.

$$(4) \quad R = R_R + R_L + R_m$$

LISTA DE EQUIPOS

1	Placa para enchufar componentes eléctricos.	1012902 (U33250)
1	Resistencia 1 Ω , 2 W	1012903 (U333011)
1	Resistencia 10 Ω , 2 W	1012904 (U333012)
1	Resistencia 22 Ω , 2 W	1012907 (U333015)
1	Resistencia 47 Ω , 2 W	1012908 (U333016)
1	Resistencia 150 Ω , 2 W	1012911 (U333019)
1	Juego de 10 conectores puente	1012985 (U333093)
2	Bobina S con 1200 espiras	1001002 (U8498085)
1	Generador de funciones FG 100 @230V	1009957 (U8533600-230)
6	@115V	1009956 (U8533600-115)
1	Osciloscopio p. PC, 2x25 MHz	1020857 (U11830)
2	Cable HF, conector macho BNC / 4 mm	1002748 (U11257)
1	Juego de 15 cables de experimentación, 75 cm, 1 mm ²	1002840 (U13800)

MONTAJE Y EJECUCIÓN

- Monte el circuito de medición como se indica en la figura 2.
- La figura 3 muestra el montaje en el panel de conexiones.
- Seleccione en el osciloscopio 1 ms como base de tiempo, 1 V como deflexión vertical del canal CH1 y 50 mV en el canal CH2, la opción «Edge» como modo de disparo, barrido automático, CH1 como fuente del disparador y un umbral de disparo de 522 mV.

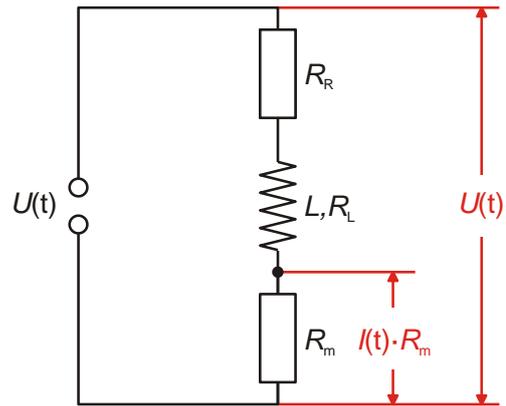


Fig. 3: Diagrama de circuito

Tiempo de vida medio durante al activar y desactivar de una tensión continua

- Tal como se observa en las figuras 2 y 3, inserte en la placa de conexiones una de las bobinas de 1200 espiras / 23 mH además de la resistencia de medición $R_m = 1 \Omega$. En primer lugar, antes de insertar una resistencia de prueba R_R integre un conector puente en el circuito.
- Seleccione una frecuencia de 100 Hz en el generador de funciones además de una señal de onda rectangular.
- Ajuste una amplitud tal que la altura de la señal sea de 8 V de tensión pico a pico, lo que corresponde a ± 4 divisiones si la selección es de 1 V por división.
- Lea en el osciloscopio y anote en la tabla 1 los periodos de media vida $T_{1/2}$ durante al desactivar de tensión continua con caídas de voltaje de 8 V a 4 V, de 4 V a 2 V y de 2 V a 1 V.

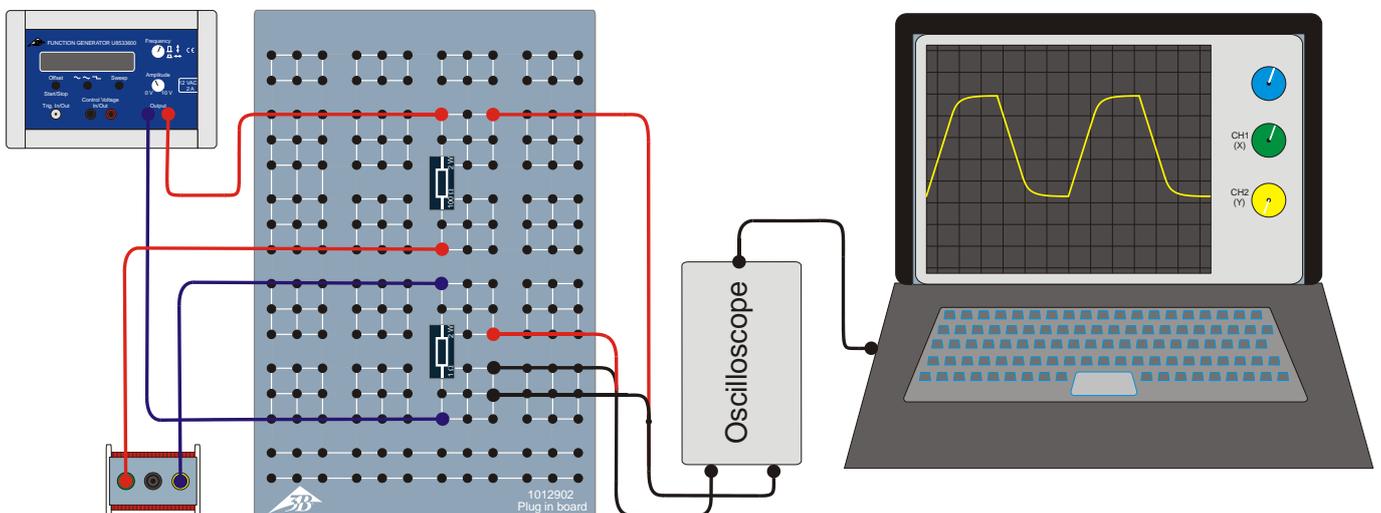


Fig. 2: Diagrama del montaje de medición

- Lea en el osciloscopio y anote en la tabla 2 los periodos de media vida $T_{1/2}$ durante al activar de tensión continua con ascensos de voltaje de 0 V a 4 V, de 4 V a 6 V y de 6 V a 7 V.

Dado que la corriente $I_0 = U_0 / R = U_m / R_m$ donde $R_m = 1 \Omega$ circula por la resistencia de medición al igual que por la bobina, las caídas y ascensos de tensión que tienen lugar en la resistencia reflejan en particular los descensos y aumentos de la intensidad de corriente que atraviesa la bobina.

Periodo de vida media de diferentes resistencias

- Utilice una de las bobinas de 1200 espiras / 23 mH.
- Inserte uno tras otro el conector puente ($R_R = 0 \Omega$) al igual que las resistencias de prueba $R_R = 10, 22, 47$ y 150Ω .
- Durante al desactivar, lea en el osciloscopio el periodo de media vida $T_{1/2}$ de cada resistencia de prueba R_R y anote los valores en la tabla 3. De manera opcional, determine adicionalmente el periodo de media vida durante al activar y obtenga el valor medio.

Periodo de vida media de diferentes inductancias

- Eemplee la resistencia de prueba $R_R = 47 \Omega$.
- Establezca una tras otra inductancias de $L = 23, 46$ y $11,5$ mH por medio de una conexión en paralelo o en serie de las dos bobinas de 1200 espiras y 23 mH.
- Durante al desactivar, lea en el osciloscopio el periodo de media vida $T_{1/2}$ de cada inductancia L y anote los valores en la tabla 4. De manera opcional, determine adicionalmente el periodo de media vida durante al activar y obtenga el valor medio.

EJEMPLO DE MEDICIÓN

En la figura 4 se observa, a manera de ejemplo, el oscilograma de activar y desactivar de tensión continua. La curva amarilla (CH1) muestra el desplazamiento en el tiempo de la tensión, que cae a través de toda la resistencia óhmica (véase la ecuación 4), mientras que la curva azul (CH2) corresponde a la trayectoria en el tiempo de la corriente de la bobina.

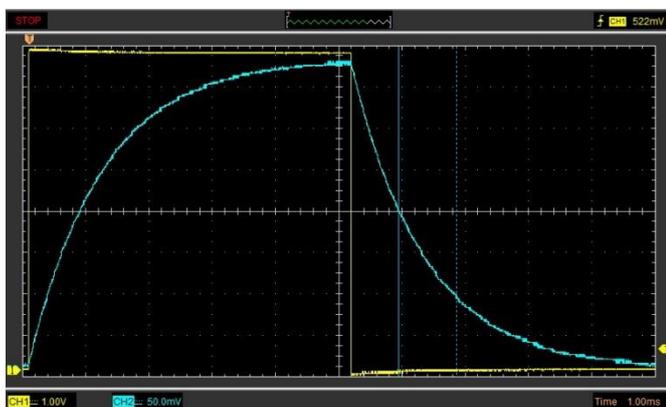


Fig. 4: Corriente de bobina registrada en el osciloscopio durante al activar y desactivar.

Tabla 1: Periodos de vida media $T_{1/2}$ con diferentes caídas de tensiones ($R_R = 0 \Omega, R_m = 1 \Omega, R_L = 19 \Omega, L = 23$ mH).

$T_{1/2}(8V \rightarrow 4V)$	$T_{1/2}(4V \rightarrow 2V)$	$T_{1/2}(2V \rightarrow 1V)$
0,816 ms	0,788 ms	0,830 ms

Tabla 2: Periodos de vida media $T_{1/2}$ con diferentes ascensos de tensiones ($R_R = 0 \Omega, R_m = 1 \Omega, R_L = 19 \Omega, L = 23$ mH).

$T_{1/2}(0V \rightarrow 4V)$	$T_{1/2}(4V \rightarrow 6V)$	$T_{1/2}(6V \rightarrow 7V)$
0,817 ms	0,835 ms	0,840 ms

Tabla 3: Periodos de vida media $T_{1/2}$ con diferentes resistencias de prueba R_R ($R_m = 1 \Omega, R_L = 19 \Omega, L = 23$ mH).

R_R / Ω	0	10	22	47	150
R / Ω	20	30	42	67	170
$T_{1/2} / ms$	0,83	0,44	0,38	0,25	0,10

Tabla 4: Periodos de vida media $T_{1/2}$ con diferentes inductancias L ($R_R = 47 \Omega, R_m = 1 \Omega$).

L / mH	R_L / Ω	R / Ω	$T_{1/2} / ms$
23,0	19,0	67,0	0,25
46,0	38,0	86,0	0,41
11,5	9,5	57,5	0,14

EVALUACIÓN

Tiempo de vida medio durante al activar y desactivar de una tensión continua

La concordancia entre los valores determinados en los diferentes segmentos de las curvas de tiempo de vida media durante al activar y desactivar (tablas 1 y 2) confirman el valor exponencial esperado, como ya se expresó en las ecuaciones (1) y (2).

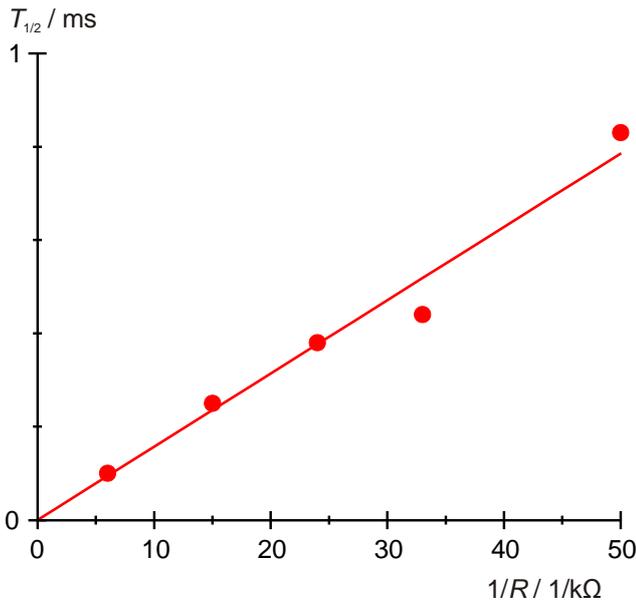


Fig. 5: Tiempo de vida media $T_{1/2}$ como función del inverso del valor de la resistencia R .

Tabla 5: Tiempos de vida media $T_{1/2}$ en función de los cocientes L / R , calculados a partir de los valores de las tablas 3 y 4.

$L/R / ms$	$T_{1/2} / ms$
0,14	0,10
0,20	0,14
0,34	0,25
0,55	0,38
0,53	0,41
0,77	0,44

Tiempo de vida media de diferentes resistencias

- Marque en un diagrama los tiempos de vida media $T_{1/2}$ de la tabla 3 en función de los valores inversos de las resistencias óhmicas R y trace una recta que parta del origen (Fig. 5).
- Para comprobar la ecuación (3) determine la inductancia L a partir del ascenso de la curva m_L .

$$(5) \quad T_{1/2} = \frac{m_L}{R} \quad \text{donde } m_L = \ln 2 \cdot L$$

$$\Rightarrow L = \frac{m_L}{\ln 2} = \frac{15,7}{\ln 2} = 22,5 \text{ mH.}$$

El valor determinado a partir de la medición concuerda bastante bien con el valor nominal $L = 23$.

Tiempo de vida media de diferentes inductancias

Dado que la implementación de diferentes inductancias también produce modificaciones en la resistencia óhmica, se analizará la manera en que el tiempo de vida media depende de la relación L / R .

- Divida el valor de inductancia $L = 23$ mH por los valores de resistencias óhmicas R de la tabla 3, los de las inductancias L de la tabla 4 por los valores de las resistencias óhmicas de la misma tabla y anote los cocientes L / R junto con los tiempos de vida media de las tablas 3 y 4 en la tabla 5.
- Marque en un diagrama los tiempos de vida media $T_{1/2}$ de la tabla 5 en función de los cocientes L / R y trace una recta que parta del origen (Fig. 6).

- Para comprobar la ecuación (3) determine el factor de proporcionalidad a partir del ascenso de la curva m .

$$(6) \quad T_{1/2} = m \cdot \frac{L}{R} \quad \text{donde } m = \ln 2$$

El valor $m = 0,66$, determinado a partir de la medición, concuerda bastante bien con el valor nominal $\ln 2 = 0,69$.

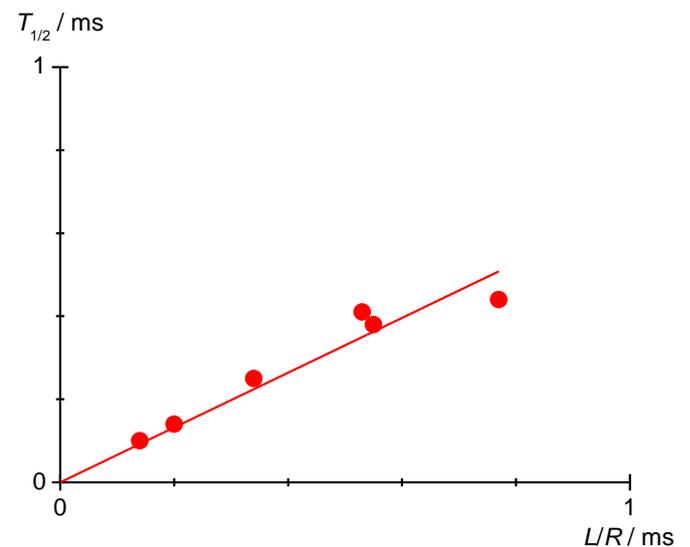


Fig. 6: Tiempo de vida media en dependencia con L / R .