

Carga e descarga de uma bobina

EXAME DO PERCURSO DA CORRENTE DA BOBINA AO LIGAR E DESLIGAR UMA TENSÃO CONTÍNUA

- Medição da corrente da bobina ao ligar e desligar de tensão contínua.
- Determinação da meia-vida ao ligar e desligar de tensão contínua.
- Análise da dependência da meia-vida em relação à indutividade e à resistência.

UE3050201

06/17 UD

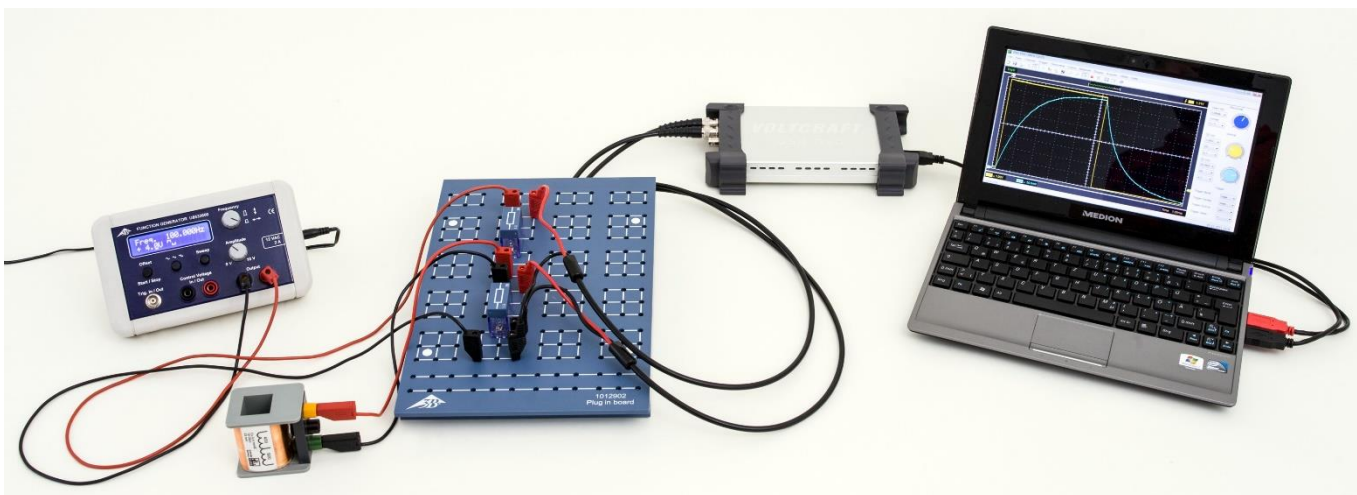


Fig. 1: Disposição de medição

FUNDAMENTOS GERAIS

O comportamento de uma bobina num circuito de corrente contínua se altera conforme a tensão contínua é ligada e desligada. A alteração da corrente é retardada por autoindução na bobina, até que o valor máximo ao ligar e o valor zero ao desligar seja alcançado. O percurso da corrente da bobina pode ser representado com função exponencial.

Para um circuito de corrente contínua com indutividade L , resistência ôhmica R e tensão contínua $U_0 = R \cdot I_0$, vale, ao ligar

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

e, ao desligar,

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

com

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

$T_{1/2}$ é a meia-vida; ou seja, no período de tempo $T_{1/2}$, a corrente da bobina diminui pela metade. O mesmo tempo passa para a diminuição da metade para um quarto e de um quarto para um oitavo.

Na experiência, esta relação é verificada. Para isto, o tempo de percurso da corrente da bobina é registrado por um osciloscópio de memória. A corrente é medida como diminuição de tensão em um resistor de medição R_M ligado em série. A corrente I_0 é selecionada de forma que a metade, um quarto e um oitavo deste valor seja fácil de ler. Para variação da resistência ôhmica, são ligadas diferentes resistências de teste R_R adicionais em série.

A resistência ôhmica R resulta, ao todo, da soma da resistência de teste, parcela ôhmica da resistência de bobina e resistência de medição:

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

LISTA DE APARELHOS

1	Placa de encaixe para elementos de montagem	1012902 (U33250)
1	Resistor 1 Ω , 2 W	1012903 (U333011)
1	Resistor 10 Ω , 2 W	1012904 (U333012)
1	Resistor 22 Ω , 2 W	1012907 (U333015)
1	Resistor 47 Ω , 2 W	1012908 (U333016)
1	Resistor 150 Ω , 2 W	1012911 (U333019)
1	Kit de 10 jumpers	1012985 (U333093)
2	Bobina S com 1200 espiras	1001002 (U8498085)
1	Gerador de funções FG 100 @230V	1009957 (U8533600-230)

ou

1	Gerador de funções FG 100 @115V	1009956 (U8533600-115)
1	Osciloscópio PC 2x25 MHz	1020857 (U11830)
2	Cabo HF, BNC/conec. 4 mm	1002748 (U11257)
1	Conjunto de cabos para experiências, 75 cm, 1 mm ²	1002840 (U13800)

MONTAGEM E EXECUÇÃO

- Montar a disposição de medição conforme Fig. 2.
- Realizar as ligações na placa de encaixe conforme Fig. 3.
- Ajustar, no osciloscópio, 1 ms como base temporal, 1 V como desvio vertical para CH1 e 50 mV para CH2, Trigger Mode Edge, Trigger Sweep Auto, Trigger Source CH1 e limiar de Trigger para 522 mV.

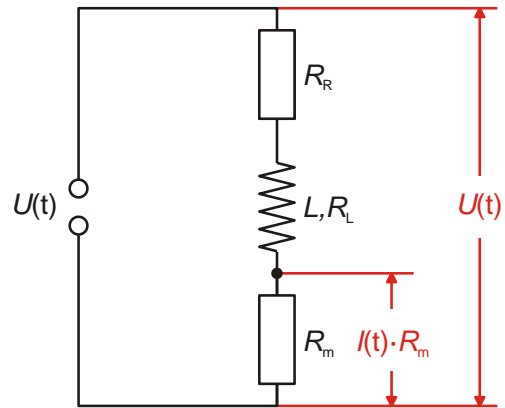


Fig. 3: Diagrama de ligações

Meia-vida ao ligar e desligar uma voltagem DC

- Encaixar uma das bobinas com 1200 espiras / 23 mH e a resistência de medição $R_m = 1 \Omega$ como mostrado nas Fig. 2 e 3 na placa de encaixe. No lugar da resistência de teste R_R , encaixar primeiro um jumper.
- Ajustar uma frequência de 100 Hz no gerador de funções e selecionar a forma de sinal retangular.
- Selecionar a amplitude de forma que a altura de sinal seja de 8 V pico-pico, correspondente a ± 4 caixas com caixas de 1 V.
- Ler as meias-vidas $T_{1/2}$ no desligamento da voltagem DC para quedas de tensão de 8 V para 4 V, de 4 V para 2 V e de 2 V para 1 V no osciloscópio e anotar os valores na Tab. 1.

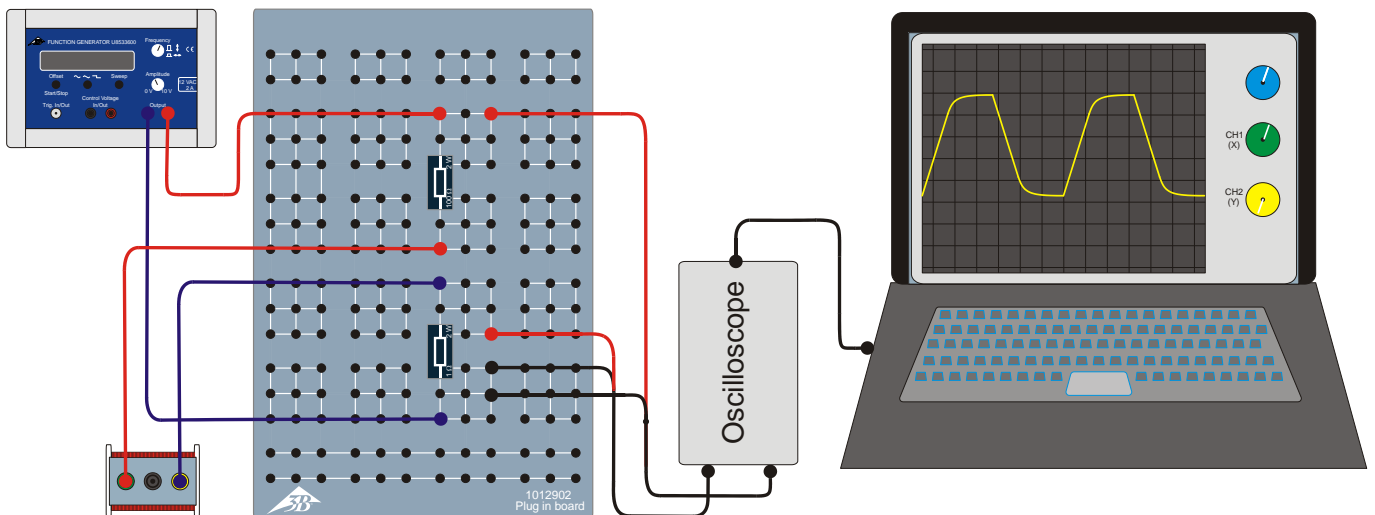


Fig. 2: Diagrama da disposição de medição

- Ler as meias-vidas $T_{1/2}$ ao ligar a voltagem DC para elevações de tensão de 0 V para 4 V, de 4 V para 6 V e de 6 V para 7 V no osciloscópio e anotar os valores na Tab. 2.

Como a corrente $I_0 = U_0 / R = U_m / R_m$ com $R_m = 1 \Omega$ flui tanto pela resistência de medição quanto pela bobina, as quedas e elevações de tensão na resistência de medição refletem as quedas e elevações da corrente pela bobina.

Meia-vida para diferentes resistências

- Utilizar uma das bobinas com 1200 espiras / 23 mH.
- Encaixar sucessivamente o jumper ($R_R = 0 \Omega$), bem como resistências de teste com $R_R = 10, 22, 47$ e 150Ω .
- Para cada resistência de teste R_R , ler a meia-vida $T_{1/2}$ ao desligar no osciloscópio e anotar os valores na Tab. 3. Opcionalmente, determinar também a meia-vida ao ligar e formar as médias respectivas.

Meia-vida para diferentes indutividades

- Utilizar a resistência de teste $R_R = 47 \Omega$.
- Sucessivamente, realizar as indutividades $L = 23, 46$ e $11,5$ mH por meio de ligação em série ou em paralelo de ambas as bobinas com 1200 espiras / 23 mH.
- Para cada indutividade L , ler a meia-vida $T_{1/2}$ ao desligar no osciloscópio e anotar os valores na Tab. 4. Opcionalmente, determinar também a meia-vida ao ligar e formar as médias respectivas.

EXEMPLO DE MEDIÇÃO

A Fig. 4 mostra um exemplo do oscilograma ao ligar e desligar a voltagem DC. A curva amarela (CH1) mostra o percurso temporal da tensão que cai pela resistência ôhmica inteira (vide equação (4)), a curva azul (CH2) mostra o percurso temporal da corrente da bobina.

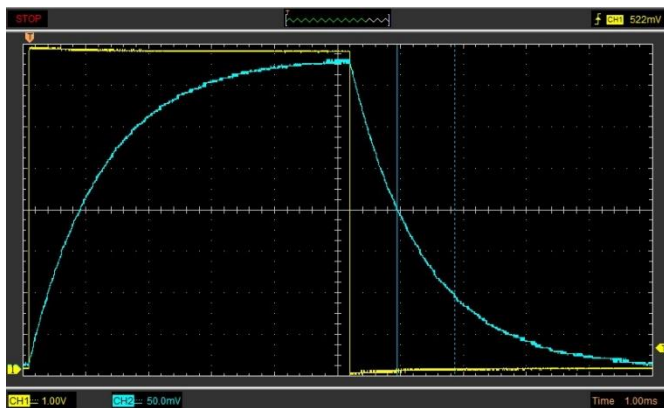


Fig. 4: A corrente da bobina registrada no osciloscópio (curva azul) ao ligar e desligar.

Tab. 1: Meias-vidas $T_{1/2}$ para diferentes quedas de tensão ($R_R = 0 \Omega, R_m = 1 \Omega, R_L = 19 \Omega, L = 23$ 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

Tab. 2: Meias-vidas $T_{1/2}$ para diferentes elevações de tensão ($R_R = 0 \Omega, R_m = 1 \Omega, R_L = 19 \Omega, L = 23$ 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

Tab. 3: Meias-vidas $T_{1/2}$ para diferentes resistências de teste (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

Tab. 4: Meias-vidas $T_{1/2}$ paa diferentes indutividades 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

ANÁLISE

Meia-vida ao ligar e desligar uma voltagem DC

A concordância dos valores determinados dos diferentes setores na curva ao ligar e desligar para a meia-vida (Tab. 1 e 2) confirma o percurso exponencial esperado, vide equações (1) e (2).

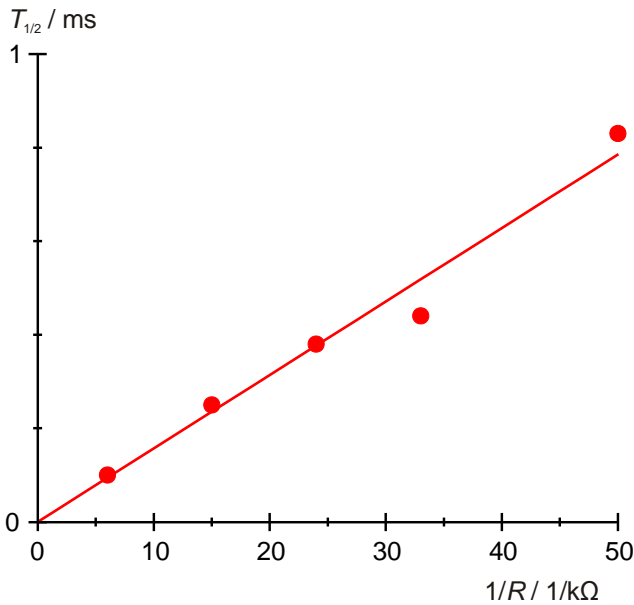


Fig. 5: Meia-vida $T_{1/2}$ como função do valor recíproco da resistência R .

Tab. 5: Meias-vidas $T_{1/2}$ para os quocientes L / R , calculados a partir dos valores da Tab. 3 e 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

Meia-vida para diferentes resistências

- Aplicar as meias-vidas $T_{1/2}$ da Tab. 3 contra os valores recíprocos das resistências ôhmicas R em um diagrama e adaptar uma reta de origem (Fig. 5).
- Para a verificação da equação (3), determinar, a partir da inclinação da reta m_L , a indutividade L .

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

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

O valor determinado na medição confere bem com o valor nominal $L = 23 \text{ mH}$.

Meia-vida para diferentes indutividades

Como a realização de diferentes indutividades altera também a resistência ôhmica, a dependência da meia-vida é analisada pela relação L / R .

- Dividir o valor para a indutividade $L = 23 \text{ mH}$ pelos valores para as resistências ôhmicas R da Tab. 3, dividir os valores das indutividades L da Tab. 4 pelos valores das resistências ôhmicas R da Tab. 4 e anotar os quocientes L / R com as meias-vidas respectivas da Tab. 3 e 4 na Tab. 5.
- Aplicar as meias-vidas $T_{1/2}$ da Tab. 5 contra os quocientes L / R em um diagrama e adaptar uma reta de origem (Fig. 6).

- Para a verificação da equação (3), determinar, a partir da inclinação da reta m , o fator de proporcionalidade $\ln 2$.

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

O valor determinado na medição $m = 0,66$ confere bem com o valor teórico $\ln 2 = 0,69$.

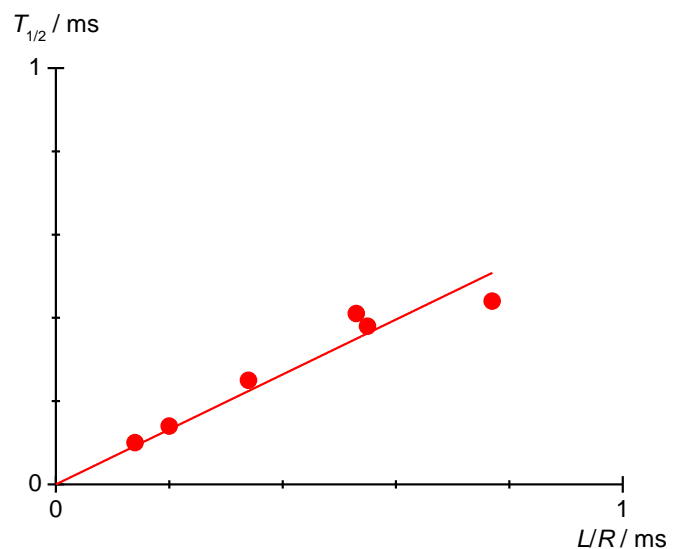


Fig. 6: Meia-vida $T_{1/2}$ em dependência da indutividade L / R .