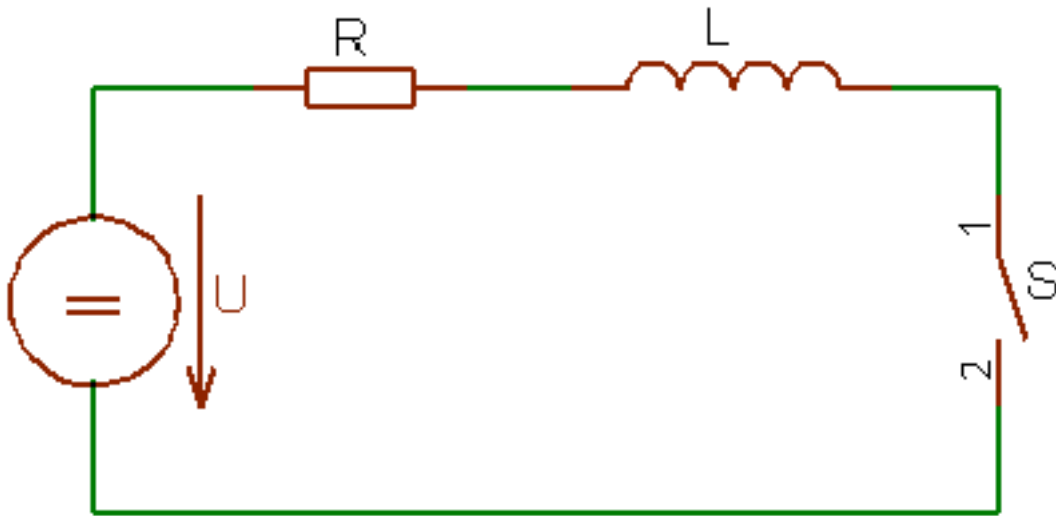


Spínání indukivní zátěže

Ing. Ladislav Kopecký

Spínat indukivní zátěž potřebujeme v technické praxi poměrně často. Zdánlivě se jedná o jednoduchou záležitost, ale ve skutečnosti jsou zde jistá úskalí.



Obr. 1

Na obr. 1 je znázorněn jednoduchý stejnosměrný elektrický obvod s cívkou a spínačem. Odpor R představuje odpor vinutí cívky. Po sepnutí spínače S začne protékat cívkou elektrický proud, který však není konstantní, ale je obecně funkcí času. Důvodem je to, že při skokové změně proudu se v cívce indukuje napětí, které působí proti protékajícímu proudu. Chování tohoto obvodu lze popsat následující diferenciální rovnicí

$$U = R \cdot I + L \frac{di}{dt} \quad (1)$$

Tuto rovnici nejsnáze vyřešíme pomocí Laplaceovy transformace. Za předpokladu, že napětí U je konstantní, Laplaceův obraz rovnice (1) bude:

$$U/p = R I + pL I \quad (2)$$

Z rovnice (2) získáme obraz proudu:

$$I = \frac{U}{R} \cdot \frac{1}{p(pL/R + 1)} \quad (3)$$

Zlomek na pravé straně vztahu (3) musíme rozložit do tvaru:

$$\frac{A}{p} + \frac{B}{pL/R + 1}, \quad (4)$$

kde A , B jsou zatím neznámé parametry.

Zlomky (4) převedeme na společného jmenovatele a porovnáme se zlomkem na pravé straně výrazu (3):

$$\frac{1}{p(pL/R + 1)} = \frac{pAL/R + A + pB}{p(pL/R + 1)} \quad (5)$$

Odtud dostaneme následující soustavu rovnic:

$$\begin{aligned} A &= 1 \\ A L/R + B &= 0 \end{aligned}$$

Obraz proudu (3) potom můžeme přepsat do tvaru:

$$I = \frac{U}{R} \cdot \left(\frac{1}{p} - \frac{1}{p + R/L} \right) \quad (6)$$

Ve slovníku korespondencí Laplaceovy transformace jsme zjistili, že k obrazu

$$\frac{1}{p - a} \text{ patří funkce } e^{at}$$

a k $1/p$ patří 1 .

Takže výsledná funkční závislost proudu na čase bude

$$i(t) = \frac{U}{R} (1 - e^{-t/\tau}) \quad (7)$$

kde $\tau = L/R$ je časová konstanta.

Funkci (7) říkáme přechodová funkce RL obvodu. Teoreticky dojde k ustálenému stavu za nekonečně dlouhou dobu:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} i(t) = U/R \quad (8)$$

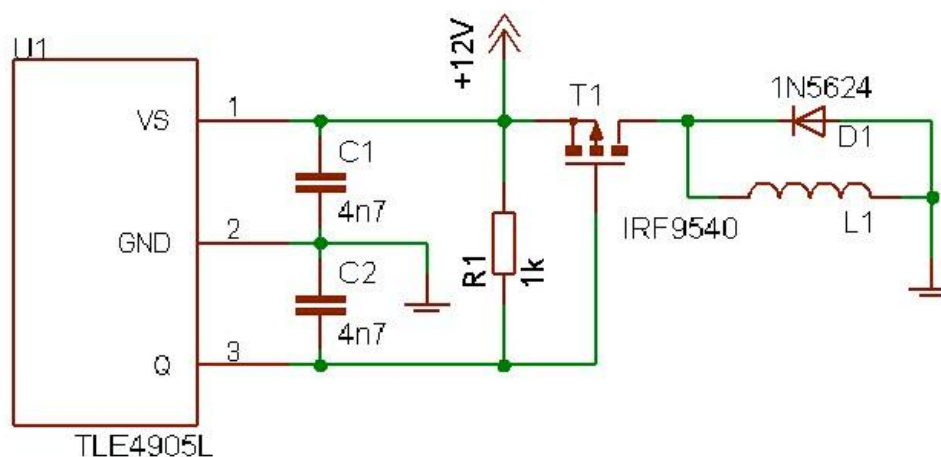
Prakticky lze za čas, kdy dojde k ustálenému stavu, pokládat již $t = 3\tau$, kdy proud dosáhne 95% ustálené hodnoty (8). V čase $t = \tau$ proud dosáhne hodnoty 63%.

Časová konstanta τ určuje maximální frekvenci spínání indukivní zátěže.

Po odeznění přechodového děje bude cívka "nabitá" energií

$$W_L = 1/2 L (U/R)^2 \quad (9)$$

Při rozepnutí spínače se energie nahromaděná v cívce musí vhodným způsobem vyzářit do okolí, jinak tato energie může spínač poškodit. Například můžeme paralelně s cívkou zapojit usměrňovací diodu v závěrném směru. Po rozpojení spínače se v cívce indukuje napětí opačné polaroty, pro něž je dioda propustná. Dojde k přechodovému ději, při němž proud postupně zanikne. Na obr. 2 vidíte příklad zapojení spínače indukivní zátěže magnetickým polem.



Obr. 2