

Elektromagnetická kompatibilita elektrických pohonov (7)

Galvanická väzba

Dvojvodičové prepojenie obvodov – riešenie pre nízke frekvencie so sústredenými parametrami

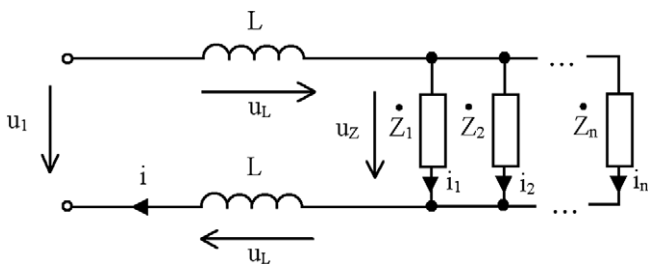
1. Teoretická analýza

Dvojvodičové galvanické prepojenie viacerých elektrických alebo elektronických obvodov je typické najmä pre jednofázové a jednosmerné napájacie vodiče tak, ako je to zobrazené na obr. 42.

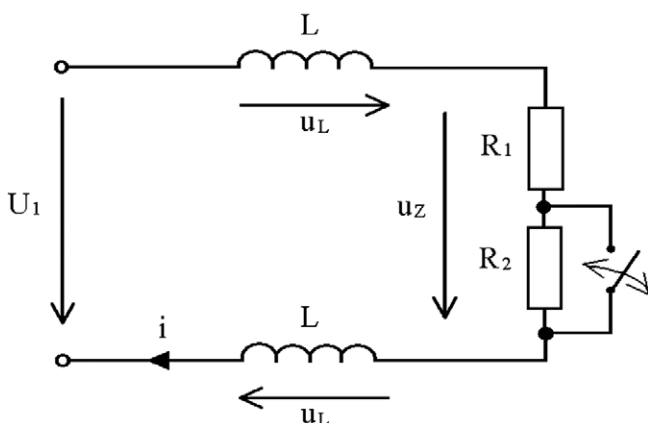
V dôsledku existencie indukčností L v obidvoch prívodných vodičoch sa celková indukčnosť prívodov zdvojnásobí. K vzájomnému galvanickému ovplyvňovaniu jednotlivých obvodov dochádza v okamihu zmeny impedancie slučky tohto obvodu. Môže dochádzať k jej nárastu alebo poklesu, čo je typický prípad obvodov impulzových meničov. Samozrejme, že sa to objavuje vo všetkých obvodoch, ktoré používajú aktívne spínacie prvky. Dôsledok vplyvu takéhoto spínania na ostatné obvody vyšetríme pomocou obvodu, ktorého schéma je uvedená na obr. 43.

Vyšetríme napätie na záťaži v prípade zapnutia a potom vypnutia spínača paralelne zapojeného k rezistoru R_2 . S využitím Laplaceovej-Carsonovej transformácie pre vyšetrovanú slučku napíšeme rovnicu:

$$U_1 - 2pL \cdot i(p) + 2pL \cdot i(0_-) - R_1 \cdot i(p) = 0 \quad (49)$$



Obr.42 Principiálna schéma dvojvodičového prepojenia obvodov



Obr.43 Vyšetrovaný obvod

kde výraz $i(0_-)$ reprezentuje hodnotu prúdu v okamihu tesne pred vznikom prechodového deja. Z nej vyjadríme rovnicu pre prúd v obvode:

$$i(p) = \frac{p}{p + \frac{R_1}{2L}} \cdot i(0_-) + \frac{U_1}{R_1} \cdot \frac{\frac{R_1}{2L}}{p + \frac{R_1}{2L}} \quad (50)$$

Spätnou transformáciou do časovej oblasti a dosadením začiatočnej hodnoty prúdu $i(0_-) = U_1/(R_1 + R_2)$ dostaneme:

$$i = \frac{U_1}{(R_1 + R_2)} \cdot e^{-\frac{R_1}{2L}t} + \frac{U_1}{R_1} \cdot \left(1 - e^{-\frac{R_1}{2L}t}\right) \quad (51)$$

Pre napätie na záťaži u_z v čase zapnutia spínača platí:

$$u_z = R_1 \cdot i = U_1 \cdot \frac{R_1}{(R_1 + R_2)} \cdot e^{-\frac{R_1}{2L}t} + U_1 \cdot \left(1 - e^{-\frac{R_1}{2L}t}\right) \quad (52)$$

Analogickým postupom by sme získali vzťah pre napätie na záťaži u_z v čase vypnutia spínača:

$$u_z = (R_1 + R_2) \cdot i = U_1 \cdot \frac{(R_1 + R_2)}{R_1} \cdot e^{-\frac{(R_1 + R_2)}{2L}t} + U_1 \cdot \left(1 - e^{-\frac{(R_1 + R_2)}{2L}t}\right) \quad (53)$$

Na základe získaných vzťahov vidíme, že veľkosť prepätia spôsobená činnosťou iného elektrického obvodu môže v závislosti od pomeru vzájomných impedancií obvodov dosiahnuť aj veľmi veľké hodnoty.

2. Simulácia a meranie

Na overenie správnosti získaných poznatkov urobíme verifikačnú simuláciu v programe PSPICE pre nasledujúce hodnoty prvkov obvodu $U_1 = 70$ V, $R_1 = 11,66$ Ω , $R_2 = 100$ Ω , $L = 302$ nH, $f = 10$ kHz a $z = 0,5$ (strieda spínania).

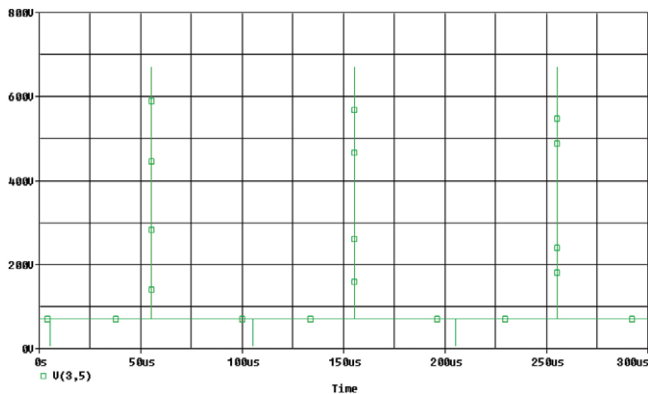
Pre zvolené hodnoty sa z odvodených rovníc dá vypočítať veľkosť amplitúd napätových špičiek v napätí u_z tak, že do posledných výrazov pre uvedené napätie dosadíme za čas $t = 0$. Potom dostaneme:

$$\begin{aligned} u_z(t_{\text{zapnutie}}) &= U_1 \cdot \frac{R_1}{(R_1 + R_2)} + U_1 \cdot (1 - 1) = \\ &= 70 \cdot \frac{11,66}{11,66 + 100} = 7,309 \text{ V} \end{aligned} \quad (54)$$

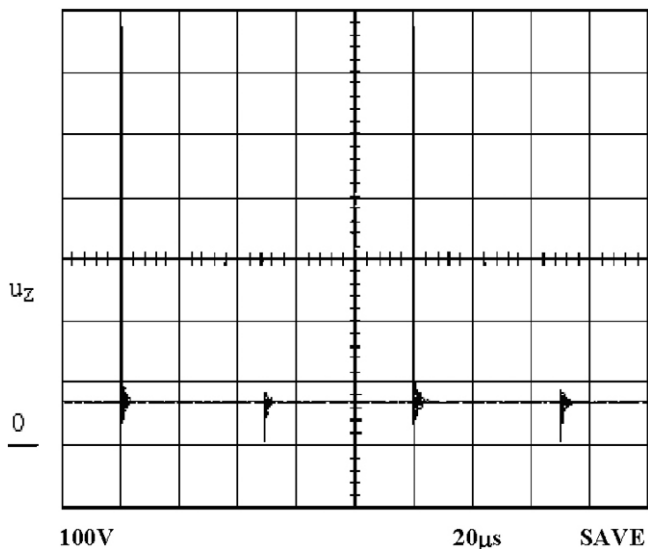
Analogicky stanovme veľkosť amplitúdy napätovej špičky napätia u_z v okamihu vypnutia uvažovaného spínača:

$$\begin{aligned} u_z(t_{\text{vypnutie}}) &= U_1 \cdot \frac{(R_1 + R_2)}{R_1} \cdot 1 + U_1 \cdot (1 - 1) = \\ &= 70 \cdot \frac{(11,66 + 100)}{11,66} = 670,343 \text{ V} \end{aligned} \quad (55)$$

Výsledky získané pomocou simulácie a meraní sú uvedené na obr. 44 a 45.



Obr.44 Výsledky získané simuláciou v programe PSPICE



Obr.45 Výsledky získané meraním

Porovnaním výsledkov je zrejmé, že vo všetkých troch prípadoch sme dospeli k rovnakým údajom, z čoho sa dá vyvodiť záver, že odvodené rovnice sú správne a môžu sa použiť na prediktívne stanovenie účinkov takého typu galvanickej väzby.

Literatúra

- [1] KOVÁČOVÁ, I., KOVÁČ, D.: Parasitic Capacitances of Converters and EMC, Transactions of the Universities, 2005, No. 1, pp. 40 – 47.
- [2] KOVÁČOVÁ, I., KOVÁČ, D.: EMC Compatibility of Power Semiconductor Converters and Inverters. Acta Electrotechnica et Informatica, No. 2, Vol. 3, 2003, pp. 12 – 14.
- [3] RYBÁR, R., KUDELAS, D., FISCHER, G.: Alternative sources of energy III – Winding energy. Textbook, Košice, 2004.
- [4] FODOR, J. C.: Contrapozitive Symmetry of Fuzzy Implications. Fuzzy Sets and Systems 69, 1995, pp. 141 – 148.

[5] GALLOVÁ, Š.: A Progressive Manufacturing Operation. International Congress MATAR, Prague 2004, pp. 141 – 146

[6] KOVÁČOVÁ, I., KOVÁČ, D.: Converter's EMC – Parasitic Capacitances. Electronics Letters, Vol. 5, No. 1, 2005, 6 pages.

[7] ŠPÁNIK, P., FEŇO, I., KÁCSOR, G., LOKŠENINEC, I.: Using Planar Transformers in Soft Switching DC/DC Power Converters, Advances in Electrical and Electronic Engineering, 2004, Vol. 3, No. 1, pp. 59 – 65.

[8] TAR, J. K., RUDAS, I. J., MADARÁSZ, L., BITÓ, J. F.: Simultaneous Optimization of the External Loop Parameters in an Adaptive Control Based on the Co-operation of Uniform Procedures. Journal of Advanced Computational Intelligence 4, 2000, pp. 279 – 285.

[9] KOVÁČOVÁ, I., KAŇUCH, J., KOVÁČ, D.: Elektromagnetická kompatibilita výkonových elektrotechnických systémov. Vydavateľstvo Equilibria, s. r. o., Košice, 2005, 182 strán.

[10] KOVÁČOVÁ, I., KAŇUCH, J., KOVÁČ, D.: DC permanent magnet disc motor design with improved EMC, Acta Technica CSAV, Vol. 50, No. 3, 2005, pp. 291 – 306.

[11] DOBRUCKÝ, B., RÁČEK, V., ŠPÁNIK, P., GUBRIC, R.: Výkonové polovodičové štruktúry. Edičné stredisko VŠDS Žilina, 1. vyd., 1995.

[12] KOVÁČOVÁ, I., KAŇUCH, J., KOVÁČ, D.: The EMC of Electrical Systems – Galvanic Coupling (Part I.), Acta Electrotechnica et Informatica, 2005, Vol. 5, pp. 22 – 28.

doc. Ing. Irena Kováčová, CSc.

**Katedra elektrotechniky, mechatroniky
a priemyselného inžinierstva
e-mail: irena.kovacova@tuke.sk**

prof. Ing. Dobroslav Kováč, CSc.

**Katedra teoretickej elektrotechniky a elektrického merania
e-mail: dobroslav.kovac@tuke.sk**

Ing. Ján Kaňuch

**Katedra elektrotechniky, mechatroniky
a priemyselného inžinierstva
e-mail: jan.kanuch@tuke.sk**

**Technická univerzita v Košiciach
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Letná 9, 042 00 Košice**

doc. Ing. Štefánia Gallová, CSc.

**Technická univerzita v Košiciach
Strojnícka fakulta
Katedra automatizácie a riadenia
Park Komenského 9, 042 00 Košice
e-mail: stefania.gallova@tuke.sk**

33