

# Vytvorenie modelu DC/DC meniča v programe Excel

<sup>1</sup>Dávid SCHWEINER, <sup>2</sup>Dobroslav KOVÁČ

<sup>1,2</sup>Katedra teoretickej a priemyselnej elektrotechniky, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Technická univerzita v Košiciach, Slovenská republika

<sup>1</sup>david.schweiner@tuke.sk, <sup>2</sup>dobroslav.kovac@tuke.sk

**Abstrakt** — Tento článok obsahuje popis vytvorenia modelu znižovacieho DC/DC meniča v programe Excel, ktorý je súčasťou balíka MS Office. Program Excel realizuje výpočty prechodných dejov, na základe toho určuje zmenu napätia a prúdu v čase, pričom výsledky vykresľuje aj graficky. Obsahom článku je aj vývojový diagram daného súboru Excel.

**Kľúčové slová** — MS Office, Excel, vývojový diagram, Laplace-Carson-ová transformácia, prechodný dej, znižovací DC/DC menič

## Making a model of a DC/DC converter in the Excel

**Abstract** — The article contains a description of creating a DC/DC converter model in the Excel, which is part of MS Office. The Excel performs calculations of transient analysis and it determines voltage and current value according to that. Subsequently, results are graphically viewed. The paper also contains flowchart of the whole Excel file.

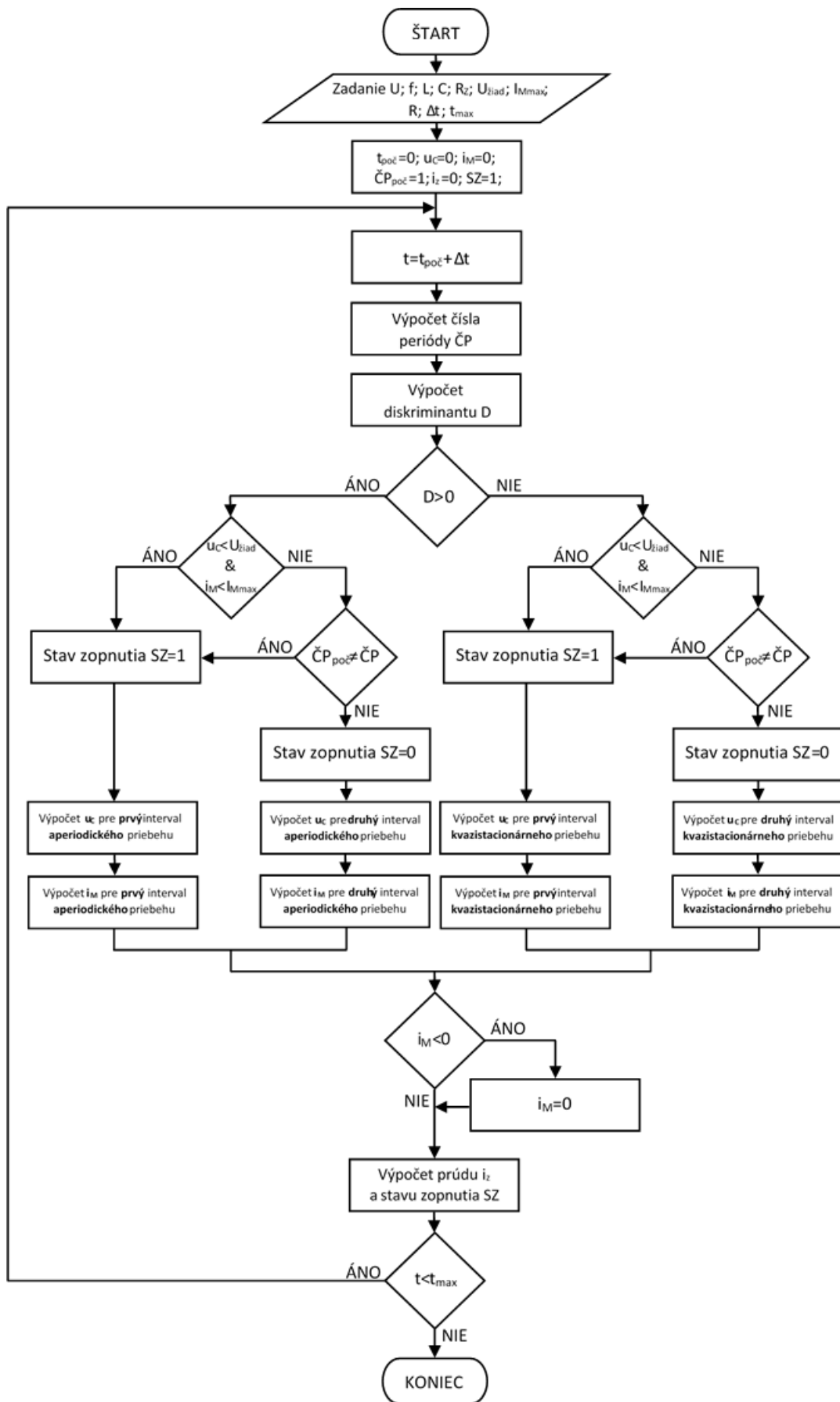
**Keywords** — MS Office, Excel, flowchart, buck DC/DC converter, Laplace-Carson transformation, transient analysis

### I. ÚVOD

V predchádzajúcich číslach tohto časopisu boli publikované dva články, ktoré popisovali výpočet prechodných dejov v znižovacom DC/DC meniči [2][3]. Tieto výpočty boli realizované pre aperiodický aj kvazistacionárny priebeh veličín a mali by slúžiť na predikciu „správania“ znižovacieho DC/DC meniča. Pre reálnu aplikáciu takejto predikcie správania, ktorá je nápomocná pri návrhu meniča (výber vhodných parametrov súčiastok) je však potrebné dané výpočty implementovať do určitého algoritmu a vo vhodnom systéme vytvoriť kvázi-simulačný model. Takýmto vhodným programom sa javí aj tabuľkový editor Excel, ktorý je súčasťou všeobecne známeho balíka Office od spoločnosti Microsoft. Keďže Excel dokáže počítať matematické rovnice, ako aj rôzne matematické a štatistické funkcie, nie je problém odvodené rovnice prechodných dejov zapísať do jeho buniek a prevádzať výpočty [1].

### II. VÝVOJOVÝ DIAGRAM

Na Obr. 1 nižšie sa nachádza vývojový diagram výpočtu, ktorý je realizovaný v programe Excel.



Obr. 1 Vývojový diagram výpočtu realizovanom v Exceli

Prvý blok vo vývojovom diagrame značí zadanie parametrov meniča. Tieto parametre nastavuje užívateľ podľa toho, aký menič chce simulovať. Týmito parametrami sú: vstupné napätie  $U$ , spínacia frekvencia  $f$ , kapacita meniča  $C$ , indukčnosť meniča  $L$ , odpor záťaže  $R_z$ , požadované výstupné napätie  $U_{\text{ziad}}$ , maximálny dovolený prúd meniča  $I_{M\text{max}}$ , vnútorný odpor meniča  $R$ , časový krok výpočtu  $\Delta t$  a maximálny čas výpočtu  $t$ .

V druhom bloku sú zadané počiatočné hodnoty premenných, ktoré sa ďalej vypočítavajú v čase. Tieto premenné a ich počiatočné hodnoty sú: počiatočný (aktuálny) čas  $t_{\text{poc}}=0\text{s}$ , výstupné napätie meniča (napätie na svorkách kondenzátora)  $u_c=0\text{V}$ , prúd meniča  $i_M=0\text{A}$ , počiatočné číslo periódy  $\check{C}P_{\text{poc}}=1$ , výstupný prúd (prúd tečúci do záťaže)  $i_z$ , stav zopnutia (1 znamená zopnutý tranzistor, 0 znamená rozopnutý)  $SZ=1$ .

V nasledujúcich blokoch prebieha výpočet aktuálneho času  $t$  a výpočet čísla periódy  $\check{C}P$ . Aktuálny čas sa vypočíta pripočítaním kroku výpočtu  $\Delta t$  k predchádzajúcemu času. Výpočet čísla periódy kontroluje, či predchádzajúci čas  $t$  nebol väčší ako číslo periódy  $\check{C}P$ , ktoré sa vynásobuje periódou ( $1/f$ ). V ďalšom bloku prebieha výpočet diskriminantu  $D$ , ktorý je dôležitý pre určenie typu výpočtu. Pre diskriminant, ktorý má kladnú hodnotu ( $D > 0$ ) sa ďalej použijú rovnice pre aperiodický priebeh veličín [2], ak je však diskriminant záporný ( $D < 0$ ) použijú sa rovnice pre výpočet kvazistacionárneho priebehu veličín. Vývojový diagram sa kvôli tejto skutočnosti rozdeľuje na dve rovnaké časti (čo sa týka algoritmu) s jediným rozdielom, teda jedna časť vypočítava rovnice pre aperiodický priebeh a tá druhá pre kvazistacionárny. Rovnica (1) nižšie vyjadruje výpočet diskriminantu  $D$ .

$$D = \left( RC + \frac{L}{R_z} \right)^2 - \left( 4LC \cdot \left( 1 + \frac{R}{R_z} \right) \right) \quad (1)$$

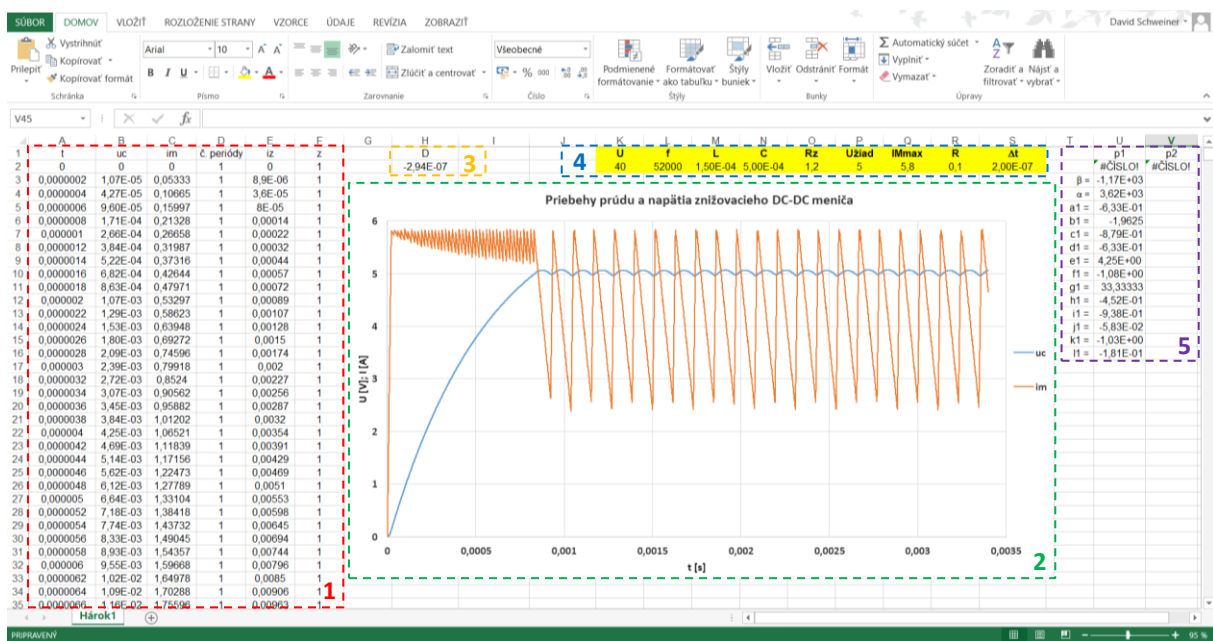
Po rozhodovaní, ktorý typ výpočtu sa použije na základe diskriminantu, sa kladú dve základne podmienky, ktoré prioritne rozhodujú či bude spínací tranzistor otvorený (teda či sa bude vypočítavať prvý interval) [2,3]. Tieto podmienky sú: vypočítané napätie  $u_c$  (v predchádzajúcom kroku) nesmie prekročiť hodnotu požadovaného napätia na výstupe  $U_{\text{ziad}}$  a zároveň vypočítaný prúd  $i_M$  (v predchádzajúcom kroku) nesmie prekročiť nastavenú maximálnu hodnotu prúdu  $I_{M\text{max}}$ . V prípade, že sú tieto podmienky splnené, stav zopnutia  $SZ$  sa nastaví na 1 a prebieha výpočet napätia  $u_c$  a prúdu  $i_M$  pre prvý interval (zopnutý tranzistor). V prípade, že tieto podmienky splnené neboli, skontroluje sa zmena čísla periódy  $\check{C}P$ . Ak sa perióda od posledného kroku zmenila, tak algoritmus pokračuje nastavením stavu zopnutia  $SZ$  na 1 a výpočtom pre prvý interval. V opačnom prípade sa stav zopnutia  $SZ$  nastaví na 0 a prebieha výpočet pre druhý interval (tranzistor rozopnutý).

V nasledujúcom bloku sa kontroluje či vypočítaná hodnota prúdu  $i_M$  nie je záporná, ak záporná je, prúd  $i_M$  sa nastaví na 0 a algoritmus pokračuje výpočtom výstupného prúdu  $i_z$  a stavu zopnutia  $SZ$ . V prípade, že hodnota prúdu  $i_M$  záporná nie je, algoritmus rovno pokračuje výpočtom  $i_z$  a  $SZ$ .

V poslednom kroku sa kontroluje či nebol dosiahnutý maximálny čas  $t_{\text{max}}$ . ak nebol dosiahnutý, algoritmus sa vracia pred výpočet aktuálneho času  $t$  a čísla periódy  $\check{C}P$ , celý cyklus sa takto opakuje až kým nie je dosiahnutý maximálny čas výpočtu. V prípade, že bol dosiahnutý, vývojový diagram končí.

### III. UKÁŽKA SIMULAČNÉHO MODELU VYTVORENÉHO V EXCELI

Podľa popísaného vývojového diagramu a na základe vyjadrených rovníc prechodných dejov [2][3], bol vypracovaný Excelovský simulačný model znižovacieho DC/DC meniča. Tento súbor umožňuje nastavovať celý rad parametrov meniča, vďaka čomu je možné simulovať širokú škálu znižovacích DC/DC meničov. Algoritmus dokáže vypočítať hodnotu výstupného napätia  $u_c$  (napätie na svorkách kondenzátora, teda na výstupe meniča) a prúd  $i_M$ , ktorý preteká meničom, v čase  $t$ . Priebeh oboch týchto parametrov je zobrazený na grafe, ktorý je typu XY závislosť. Ukážka Excelovského súboru je na Obr. 2.



Obr. 2 Ukážka finálneho Excelovského súboru

Na Obr. 2 sú hlavné časti farebne vyznačené a očíslované. Funkcia jednotlivých oblastí je podľa priradených čísiel popísaná nižšie.

1. Hlavný výpočet napätia  $u_C$  a prúdu  $i_M$  v čase  $t$ . Taktiež obsahuje výpočet čísla periódy  $\check{C}P$ , prúdu  $i_Z$  a stavu zopnutia  $SZ$  (stĺpec označený z).
2. Graf priebehu napätia  $u_C$  a prúdu  $i_M$  v čase  $t$ . Modrá krivka znázorňuje napätie  $u_C$  a červená krivka znázorňuje prúd  $i_M$ .
3. Výpočet diskriminantu  $D$ .
4. Zadanie požadovaných hlavných parametrov meniča a výpočtu. Tieto bunky sú zvýraznené žltou farbou a zadáva ich používateľ.
5. Výpočet koreňov rovnice  $p_1$  a  $p_2$  [2][3] a čiastkové výpočty konštánt, ktoré sa používajú pri hlavnom výpočte napätia  $u_C$  a prúdu  $i_M$ .

#### IV. ZÁVER

Vytvorený simulačný model v programe Excel môže byť užitočnou pomôckou pri návrhu znižovacích DC/DC meničov. Pri zmene akéhokoľvek zadávaného parametru je možné vidieť zmenu priebehov v časovom intervale pár sekúnd. Výsledky sú teda omnoho rýchlejšie ako napr. v prípade klasických počítačových simulácií v systéme PSpice. To umožňuje užívateľovi ľahšie zvoliť najvhodnejšie hodnoty pre základné parametre meniča, lepšie pochopiť jeho činnosť a predikovať jeho správanie. Zámerom do budúcnosti je navrhnuť a vytvoriť takéto simulačné modely aj pre rôzne paralelne a sériovo zapojené kombinácie takýchto znižovacích DC/DC meničov.

#### POĎAKOVANIE

Článok bol vypracovaný s podporou slovenského grantového projektu FEI-2018-50.

#### LITERATÚRA

- [1] V. Šimko, D. Kováč, I. Kováčová, "Teoretická elektrotechnika 2," *Elfa*, Košice, 2000. ISBN 80-88964-44-X.
- [2] D. Schweiner, D. Kováč, "Výpočet prechodného deja pri spínaní znižovacieho DC/DC meniča pre aperiodický priebeh veličín," *JIEE Časopis priemyselnej elektrotechniky*. Roč. 2, č. 1, 2018. ISSN 2454-0900.
- [3] D. Schweiner, D. Kováč, "Výpočet prechodného deja pri spínaní znižovacieho DC/DC meniča pre kvazistacionárny priebeh veličín," *JIEE Časopis priemyselnej elektrotechniky*. Roč. 2, č. 2, 2018. ISSN 2454-0900.