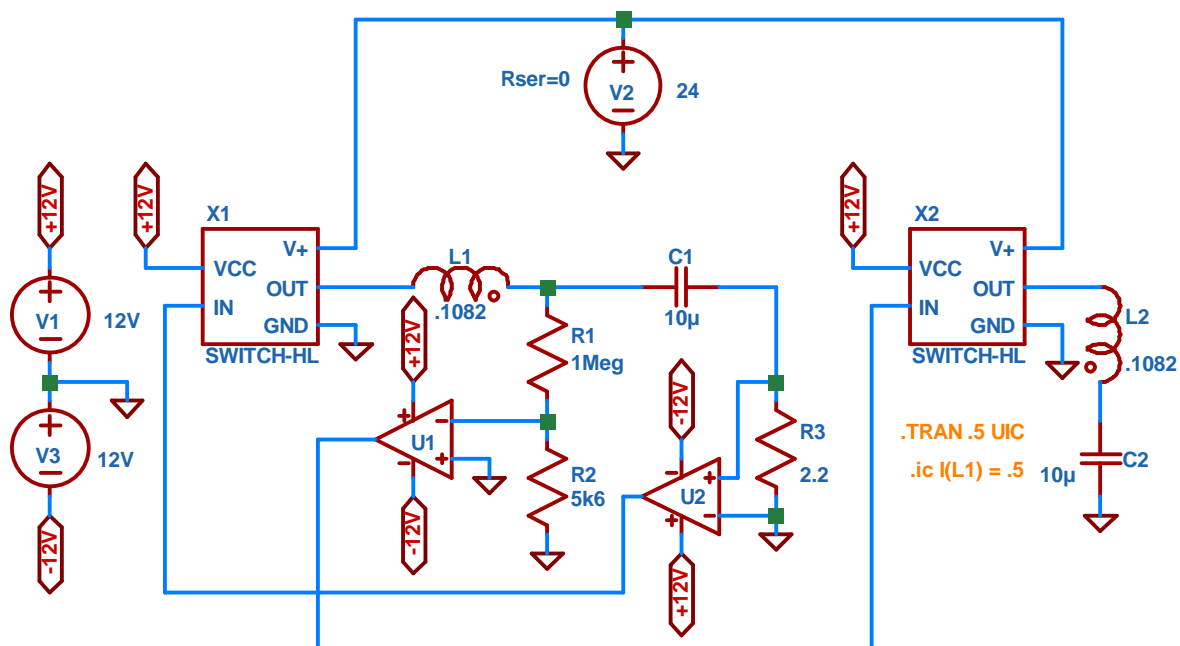


Rezonanční řízení krokového motoru – polomost

Ing. Ladislav Kopecký

V tomto článku popíšeme praktické zkušenosti s rezonančním řízením dvoufázového krokového motoru a naměřené výsledky porovnáme s výsledky simulace pomocí programu SwitcherCADIII. Na obr. 1 je zobrazeno schéma zapojení řídicí elektroniky. Jedná se o půlmůstkové zapojení, které již bylo popsáno v jiném článku.

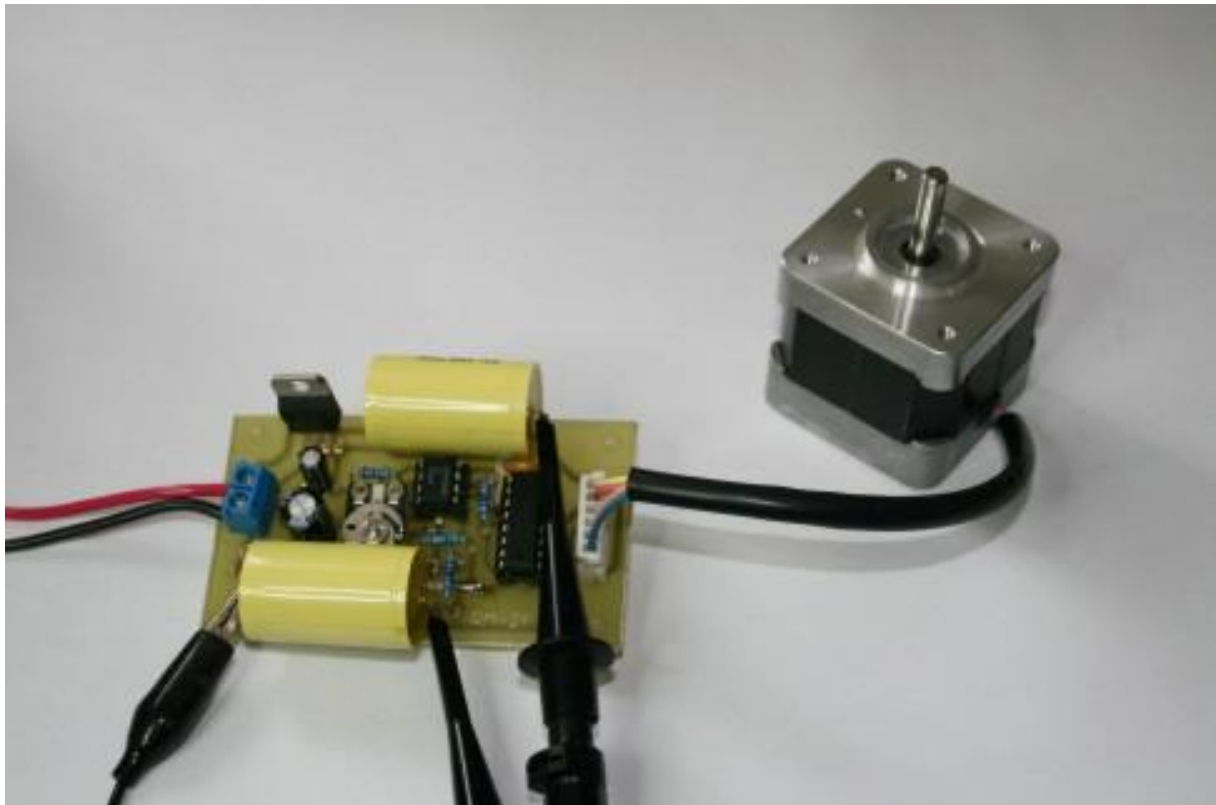


Obr. 1. Půlmůstkové rezonanční řízení krokového motoru – schéma zapojení.

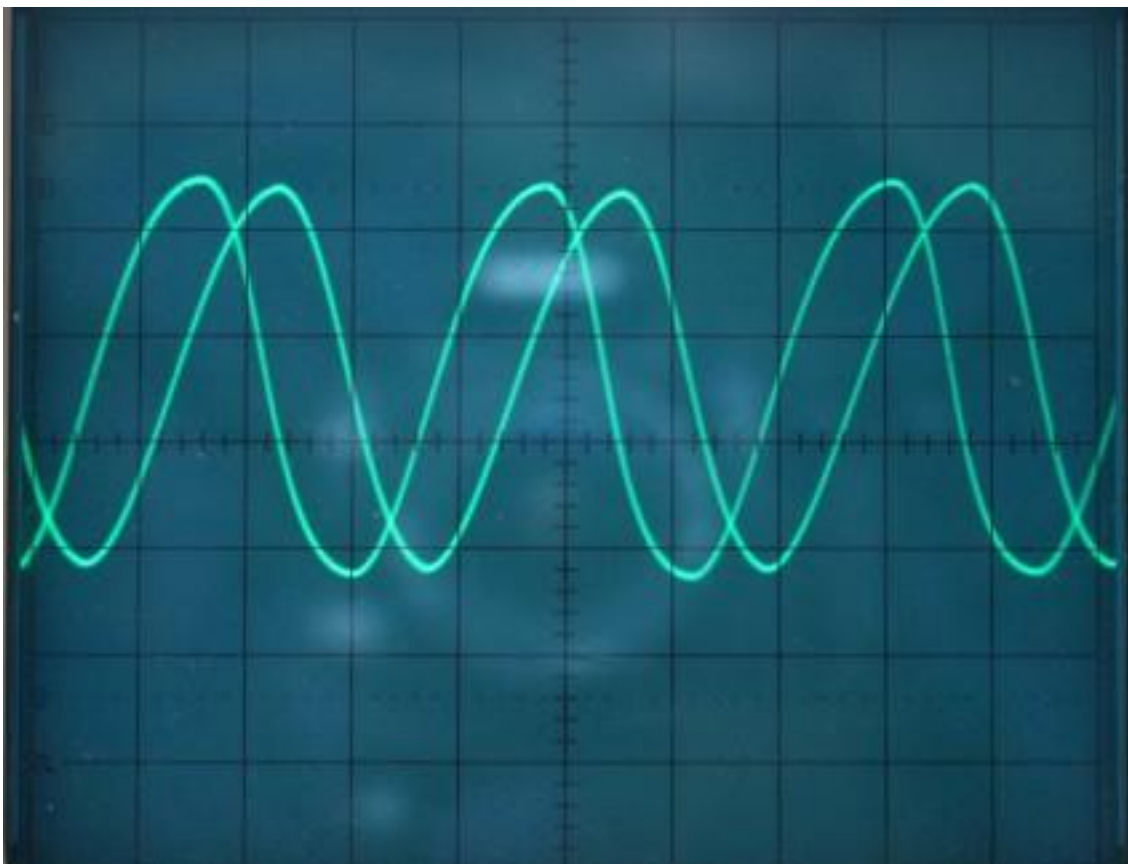
Ohmický odpor vinutí krokového motoru byl změřen po zahřátí na provozní teplotu. Kapacity kondenzátorů jsou jmenovité hodnoty (nebyly měřeny). Indukčnost byla vypočítána pomocí Thompsonova vzorce na základě jmenovité kapacity a frekvence změřené multimetrem za provozu při napájecím napětí 24 V. Všechny ostatní hodnoty byly odečteny na stínítku osciloskopu.

Frekvence $f = 153\text{Hz}$, amplituda proudu cívkou $I_m = 409\text{mA}$, Napětí na kondenzátoru špička-špička $U_{c\check{s}s} = 72\text{V}$, odpor vinutí při teplotě cca 50°C $R = 28,5\Omega$, Vypočítaná indukčnost vinutí $L = 108,2\text{mH}$.

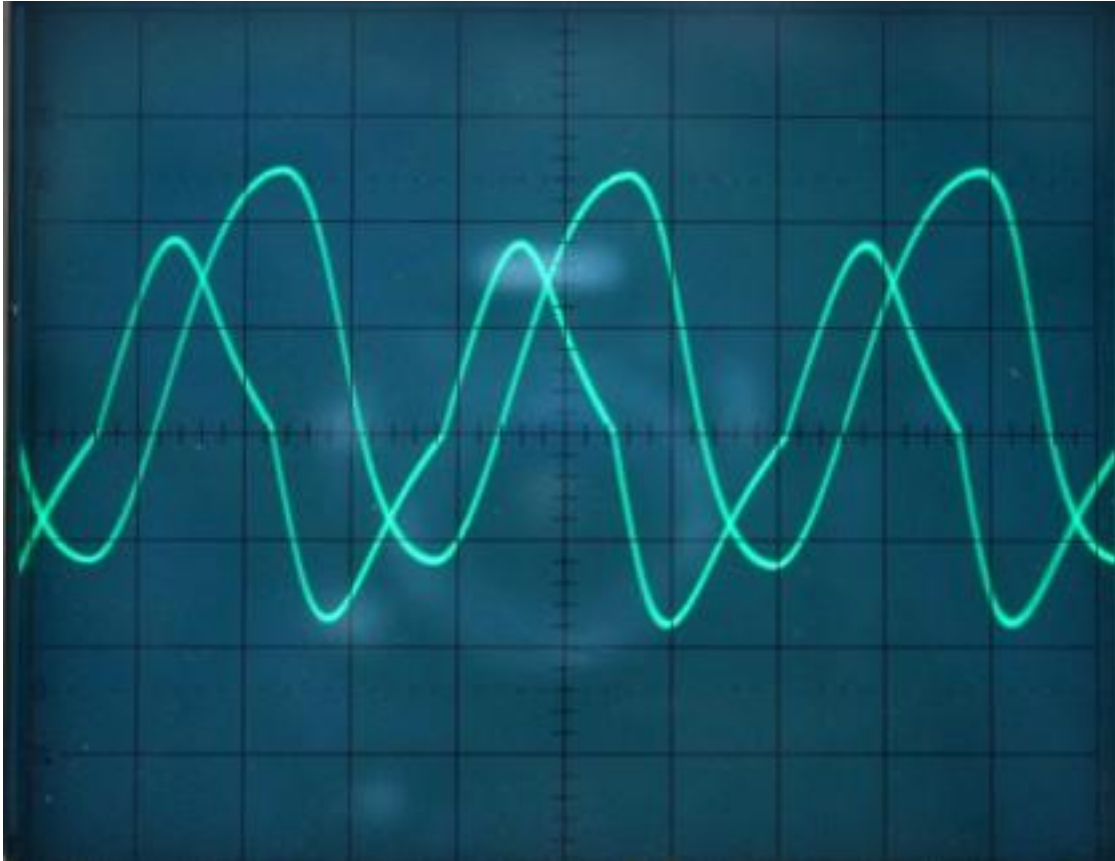
Na obr. 2 pak najdete fotografii elektroniky a krokový motor. Na dalších obrázcích jsou průběhy proudů a napětí zobrazené na osciloskopu. Tyto průběhy dále porovnáme s výsledky simulace.



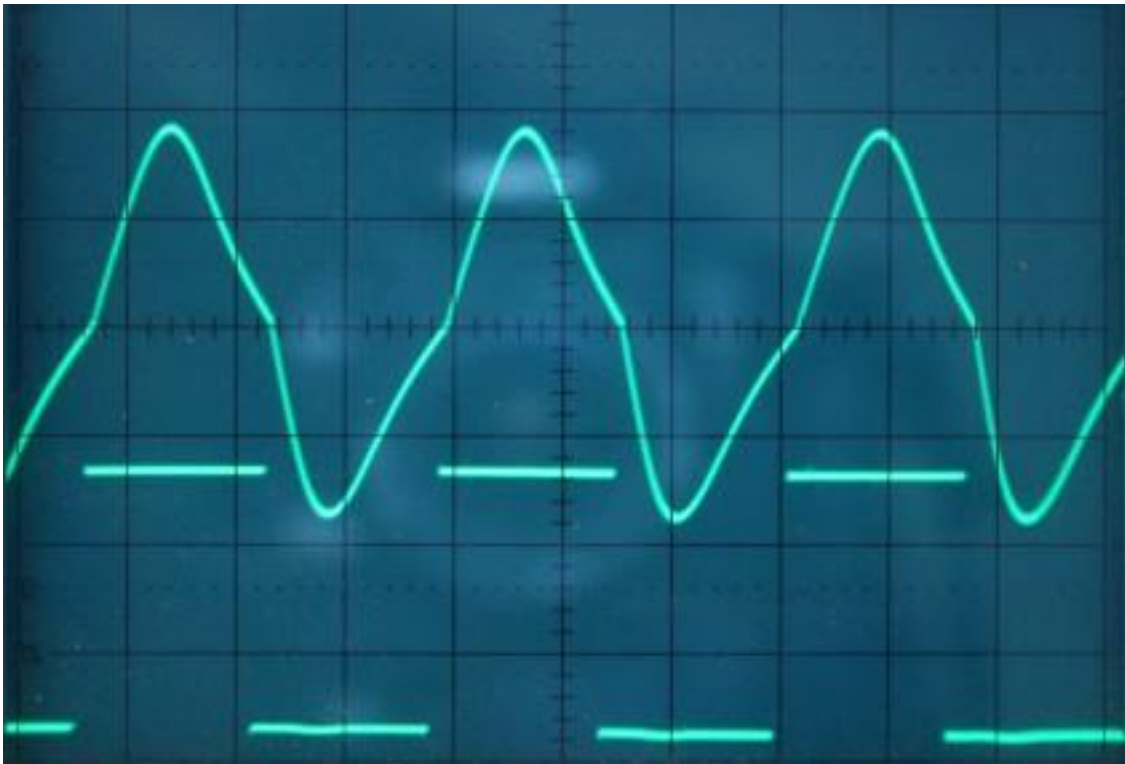
Obr. 2. Řídicí elektronika a krokový motor



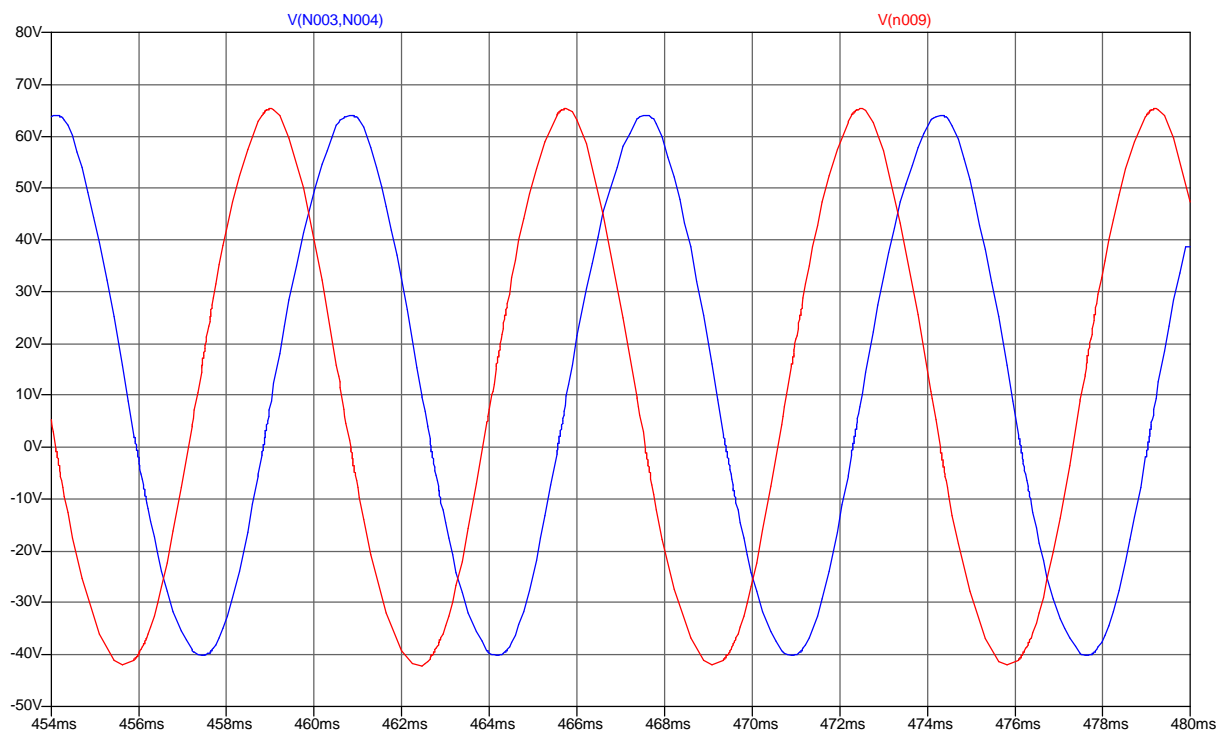
Obr. 3. Průběhy napětí na kondenzátorech C1 a C2 (20V/div.)



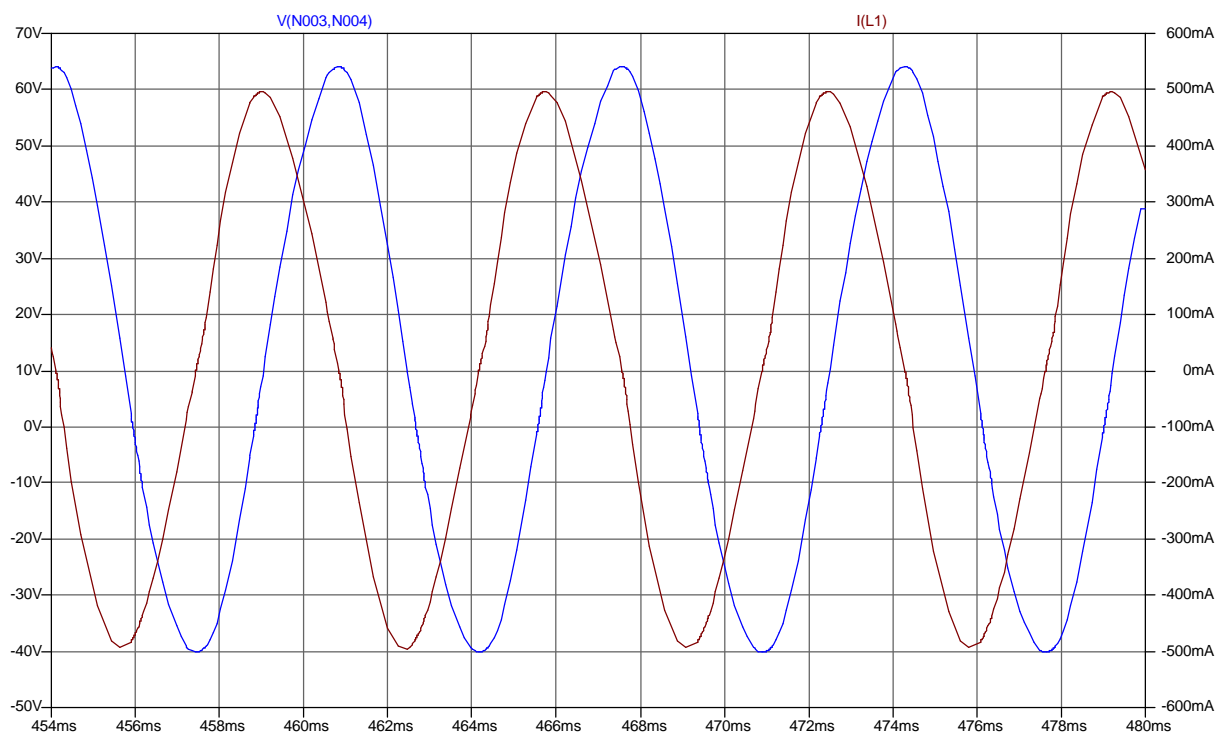
Obr. 4. Průběh napětí na kondenzátoru C1 a proudu vinutím L1 (20V/div., 0,5V/div.)



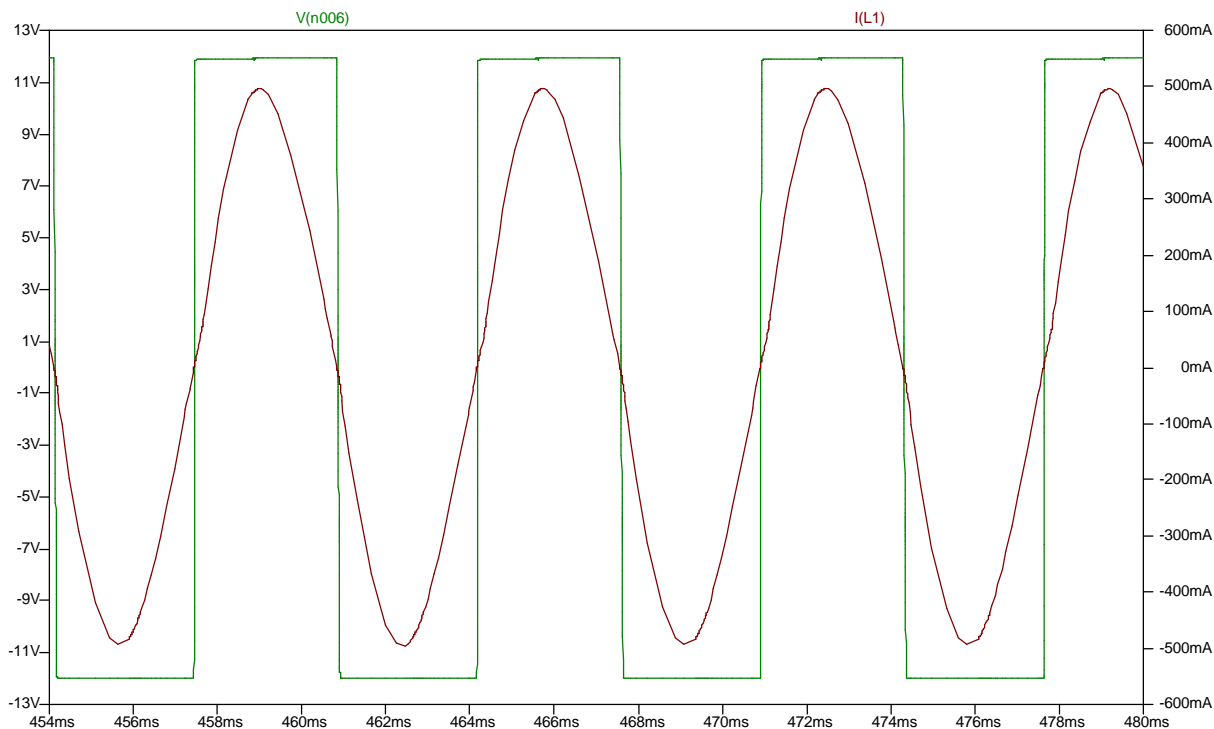
Obr. 5. Průběh proudu cívkou L1 a řídicí napětí elektronického přepínače (0,5V/div., 5V/div.)



Obr. 6. Průběhy napětí na kondenzátorech C1 a C2 – simulace.



Obr. 7. Průběh napětí na kondenzátoru C1 a proudu vinutím L1 – simulace



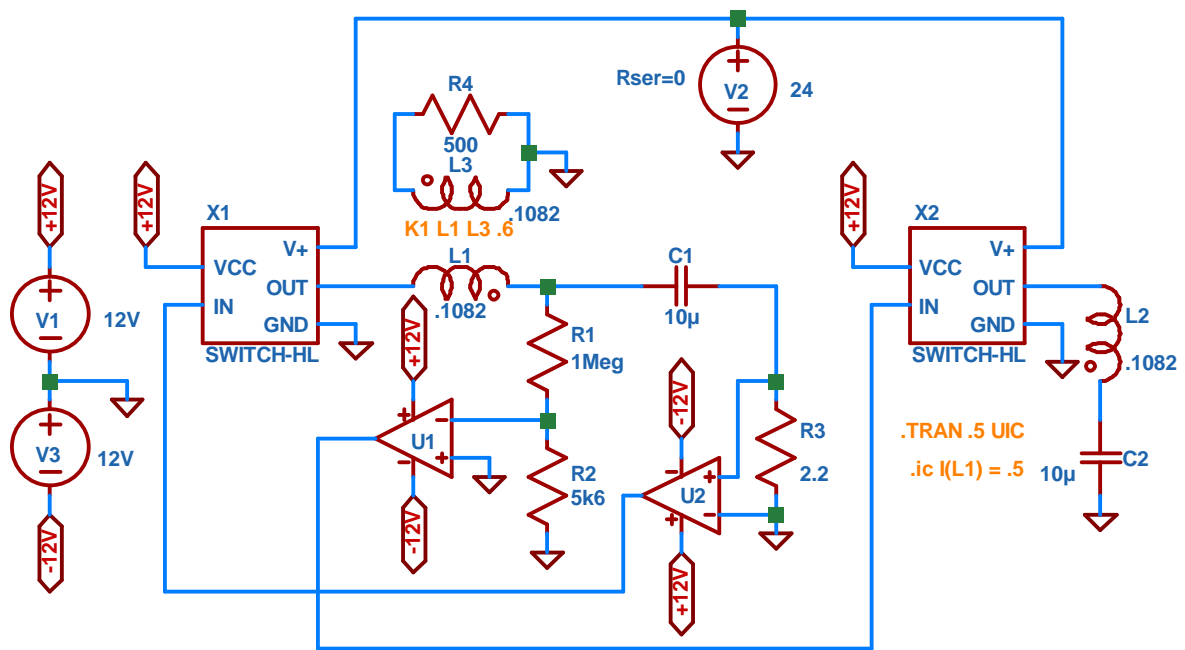
Obr. 8. Průběh proudu cívkou L1 a řídicí napětí elektronického přepínače – simulace.

Porovnáme-li reálné hodnoty s grafickými výstupy simulace, vidíme, že simulované výsledky jsou „optimističtější“, tj. napětí na kondenzátorech a proudy cívkami jsou asi o 20% vyšší. Nyní se pokusíme nasimulovat ztráty vířivými proudy, které jsou pravděpodobně hlavním viníkem rozdílných výsledků.

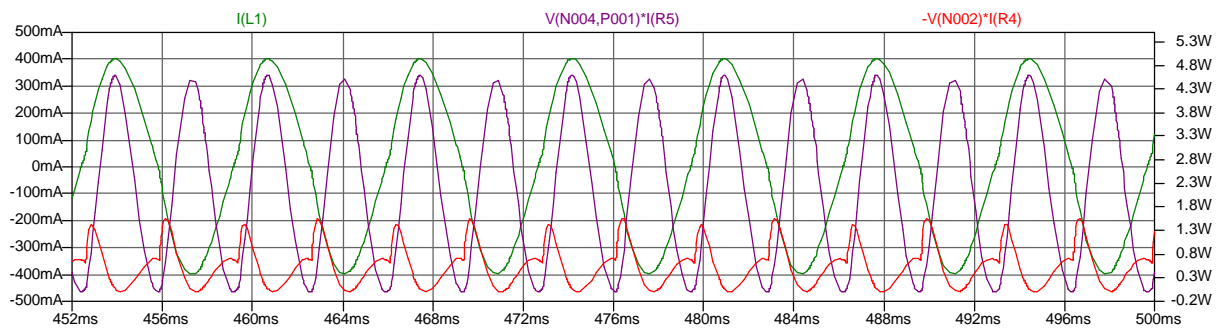
Na obr. 9 je nakresleno upravené schéma zapojení. Nemusíme si ho popisovat – metodika simulace vlivu vířivých proudů byla popsána v předchozím článku. Byla zvolena taková hodnota odporu R4, aby amplituda proudu cívkou L1 byla v obou případech, tj. v realitě i při simulaci, stejná (cca 400mA). Na obr. 10 je zobrazen grafický výstup simulace, kde zelenou barvou je vykreslen proud cívkou L1, červeně ztráty vířivými proudy, fialově ztráty ve vinutí, modře napětí na kondenzátoru C1 a hnědou barvou je zobrazeno napětí na výstupu elektronického přepínače X1. Ztráty vířivými proudy (amplituda asi 1,5W) v porovnání se ztrátami v mědi (amplituda asi 4.5W) jsou poměrně nízké. Dále si všimneme, že amplituda napětí na kondenzátoru při simulaci je vyšší a méně zdeformovaná. Vysvětluji si to tak, že indukčnost vinutí krokového motoru se v průběhu periody proudu cívkou mění, tj. indukčnost je nelineární funkcí proudu.

Závěr

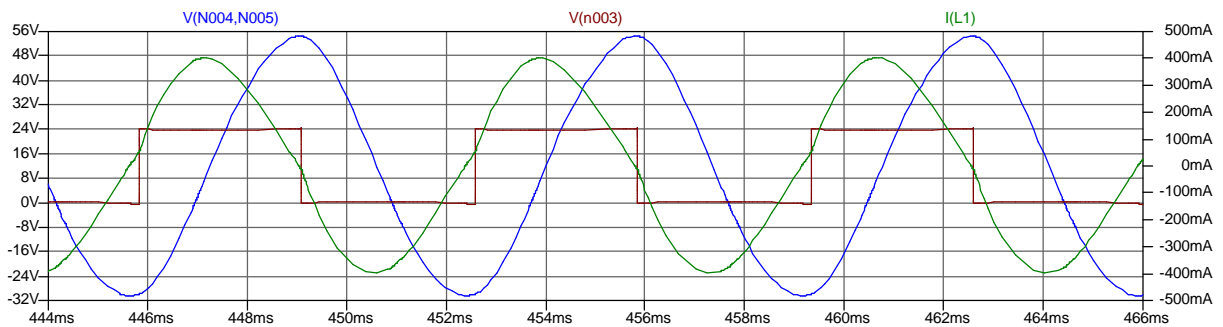
Výše popsané zapojení je nejjednodušší možné (analogové) zapojení pro rezonanční řízení dvoufázového motoru. Jeho největší předností je jeho jednoduchost a možnost měnit otáčky změnou kapacit C1 a C2, aniž bychom museli nastavovat nějaké parametry. Nevýhodou je to, že není přesně dodržen fázový posun 90° a je závislý na parametrech rezonančního obvodu.



Obr. 9. Schéma zapojení se zohledněním vířivých proudů.



Obr. 10.a. Grafický výstup simulace pro vyhodnocení ztrát vířivými proudy.



Obr. 10.b. Grafický výstup simulace pro vyhodnocení ztrát vířivými proudy - pokračování.