

SIMULACE JEDNOFÁZOVÉHO MATICOVÉHO MĚNIČE

M. Kabašta

Žilinská univerzita, Katedra Mechatroniky a Elektroniky

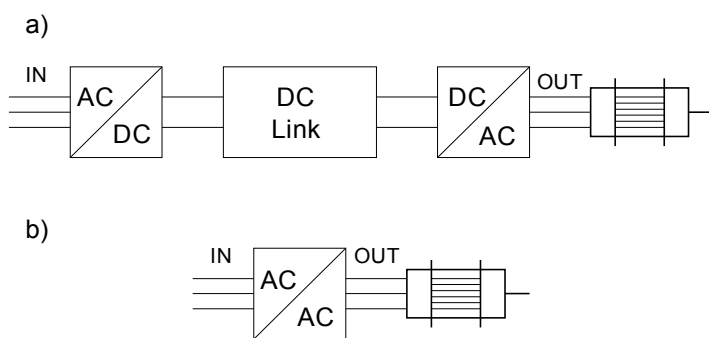
Abstract

In this paper is presented the simulation of single-phase matrix converter. Matrix converter is part of power electronics. Power conversion is important for many industrial applications as robotics, assembly line and etc. The matrix converter MC seems to be an universal converter. The reason for this statement is inherent bidirectional power flow and because of any desired number of input and output phases. Another advantage is no needing the energy storage elements.

1 Úvod

Vývoj maticových měničů pod názvem „cyklokonvertory s vlastní komutací“ započal již v 70. letech 20. století. Ovšem jejich rozšíření bránila malá kapacita řídicích systémů, dále byly problémy se spínacími součástkami, které nebyly vhodné pro použití v maticovém měniči. V současnosti se na trhu již vyskytují vhodné výkonové polovodičové součástky – spínače typu IGBT, které lze úspěšně využít na realizaci maticových měničů.

Maticový měnič patří do stejné kategorie měničů jako cyklokonvertory. Je to kategorie přímých měničů kmitočtu viz obr. 1. U těchto typu měničů dochází k přímé přeměně vstupního napětí určité hodnoty a určité frekvence na výstupní, nejčastěji proměnné, napětí a frekvenci. U cyklokonvertoru se sítovou komutací je nejvyšší dosažitelná výstupní frekvence v poměru ke vstupní většinou menší než 0,5, u maticového měniče jsme schopni docílit rozsah i vyšší. Díky vyššímu modulačnímu kmitočtu spínání je snížen vliv harmonických proudů na napájecí síť.



Obr. 1: a) nepřímý měnič kmitočtu b) přímý měnič kmitočtu

Praktické využití maticového měniče se předpokládá hlavně v regulovaných pohonech, kde jsou snahy integrovat tyto měniče do svorkovnice motoru. Očekává se, že díky čtyřkvadrantovému chování, budou maticové měniče atraktivní volbou pro napájení pohonů výtahů, jeřábů, čerpadel, dále v citlivých prostředích např. nemocnic a počítačových center, u nichž se klade důraz na co nejmenší rušení elektrotechnických zařízení.

Výhody jsou následující:

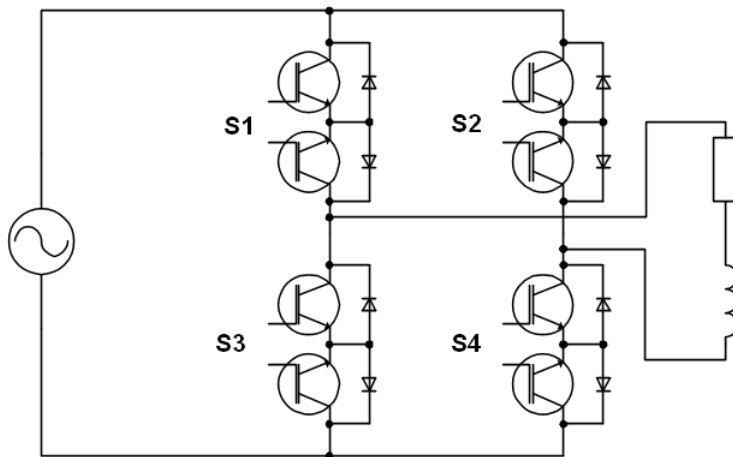
- odběr síťového proudu s minimálním obsahem harmonických s účinnkem rovným téměř jedné,
- čtyřkvadrantový provoz,
- vyloučení stejnosměrného meziobvodu,

Nevýhody jsou:

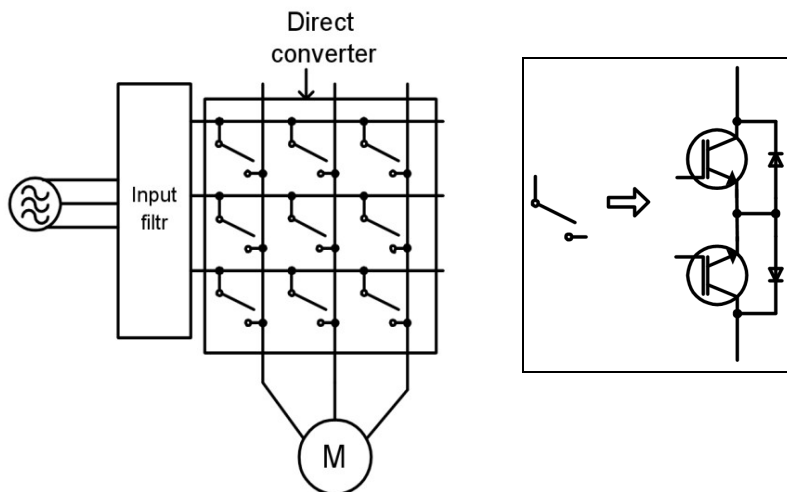
- náročnější požadavky na řídicí systém,
- menší dosažitelná hodnota výstupního napětí při požadavku na sinusový výstup,
- náročné řízení komutačních dějů, nebezpečí vzniku přepětí a zkratu napájecí sítě,
- vyšší cena v porovnání s nepřímými měniči kmitočtu,

2 Obvodové schéma maticového měniče

Pro realizaci jednofázového maticového měniče obr. 2. se musí použít obousměrně vodivé výkonové spínače. Toto platí i pro realizaci dalších typu maticového měniče jako je maticový měnič 3x3 obr. 3 [3], maticový měnič 3x2 a další kombinace. Tyto spínače musí teda být schopný vest proud v obou směrech a blokovat obě polaridy napájecího napětí. V současné době jak již bylo zmíněno, jsou již na trhu dostupné spínací součástky s potřebnými parametry.



Obr. 2: Jednofázový maticový měnič



Obr. 3: Vlevo třífázový maticový měnič, vpravo konstrukce spínačů

3 Modulační techniky jednofázového maticového měniče

Pro simulaci jednofázového měniče byly užity dvě rozdílné techniky modulace spínačů. Pro samostatné vypracování simulačního obvodu se použito následující. Prostředí Matlab/Simulink s toolboxem SimPowerSystem.

První technika modulace spočívá v implementaci následujících vzorců:

Vstupní a výstupní napětí měniče je dáno [1]:

$$v_i(t) = \sqrt{2}V_i \sin(\omega_i t) \quad (1)$$

$$v_o(t) = \sqrt{2}V_o \sin(\omega_o t) \quad (2)$$

Kde v_i je vstupní napětí, v_o je výstupní napětí

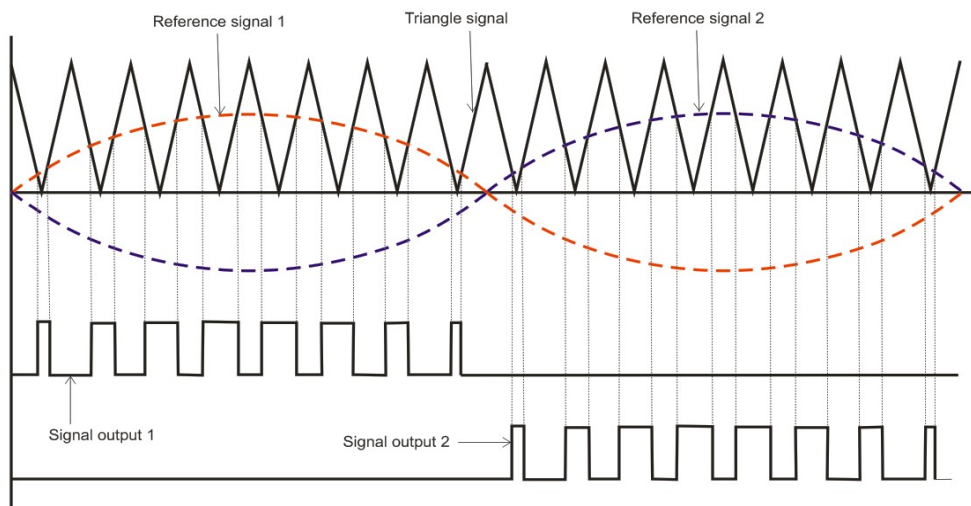
Po vyjádření a přepočtu na dobu sepnutí jednotlivých spínačů:

$$v_o = \frac{T_V}{T_S} \cdot v_i \quad (3)$$

$$T_V = \frac{1}{2} \left(\frac{v_o T_S}{v_i} - T_S \right) \quad (4)$$

Kde T_V je doba sepnutí jednotlivých spínačů a T_S je spínací perioda.

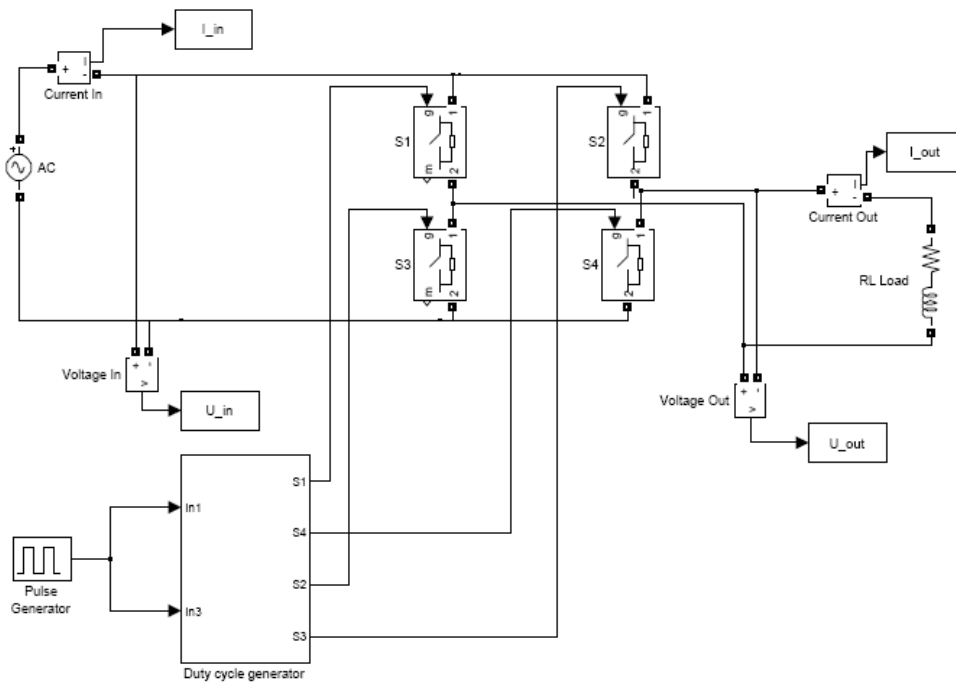
Druhá modulační technika je založena na modifikaci šířkově pulzní modulace. Jedná se o sinusově pulzní šířkovou modulaci – SPŠM [2], která nám umožňuje lehce provést změnu výstupní frekvence a změnu velikosti výstupního napětí. U této metody byla zvolena spínací frekvence 2,5kHz.



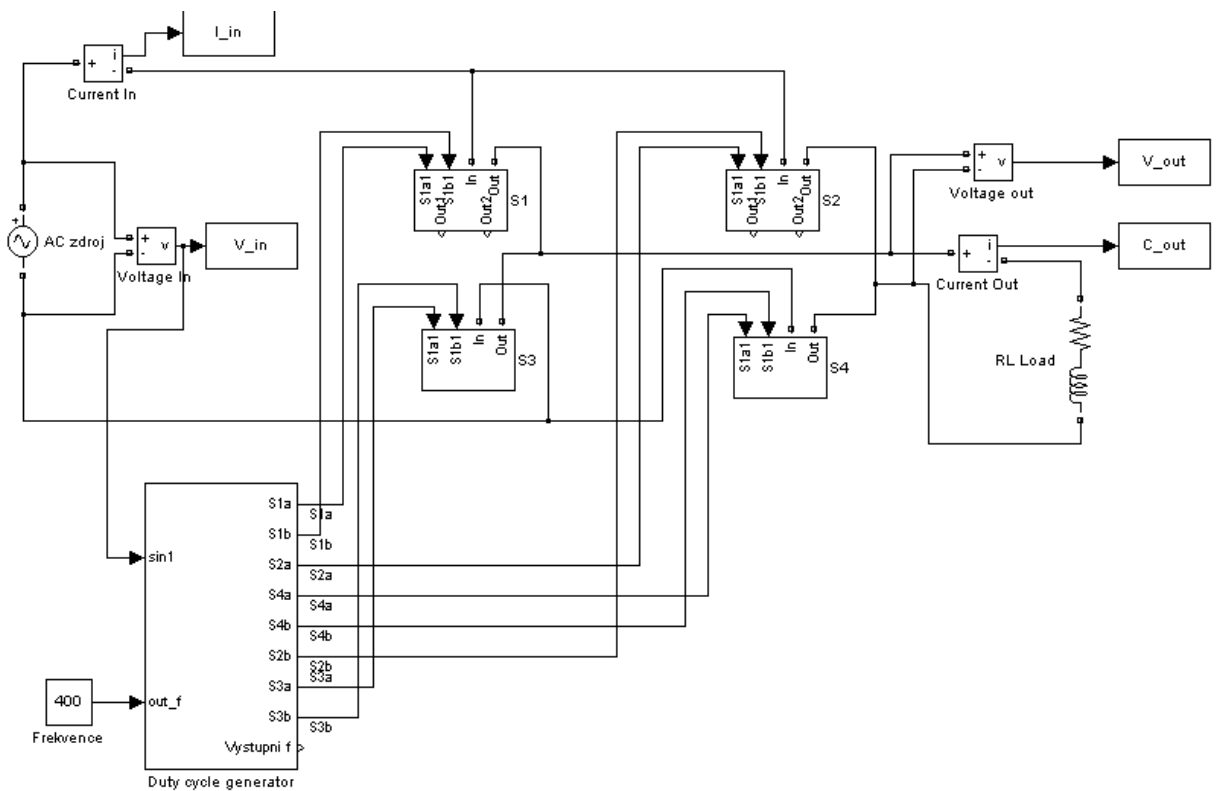
Obr. 4: Grafické znázornění SPŠM

4 Modely v Simulinku

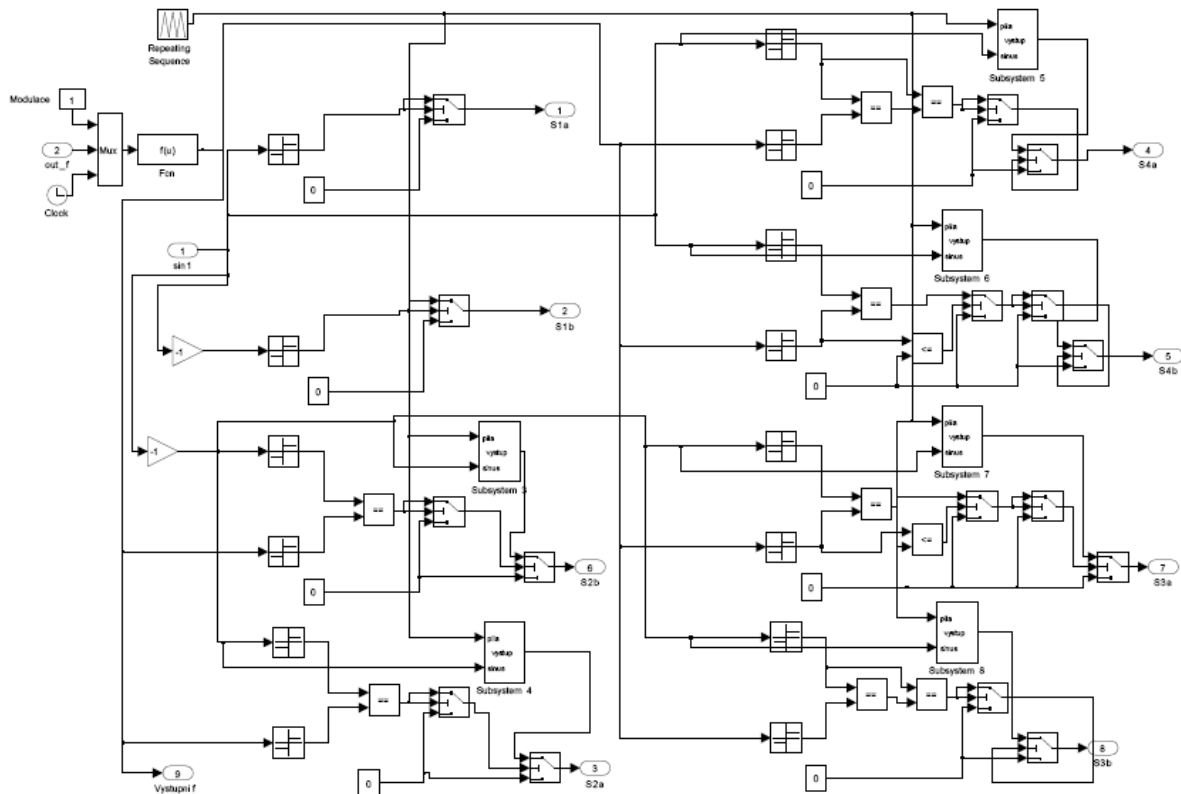
Simulační model pro první techniku je postaven na základě použití generátoru pulzu, který spíná jednotlivé spínače na základě žádaného výstupního napětí, který se počítá v samostatném m-file a následně se nastavuje do generátoru.



Obr. 5: Simulační model s výpočtem doby sepnutí spínačů



Obr. 6: Simulační model pro SPŠM



Obr. 7: Duty cycle generator pro SPŠM

5 Výsledky simulací

Pro simulační model byly použity následující parametry:

Vstupní napětí $U=200V$

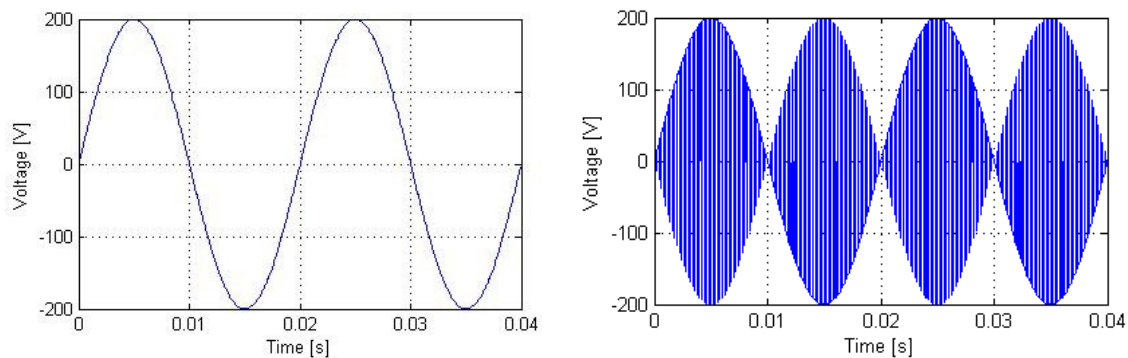
Vstupní frekvence 50Hz

RL zátěž s parametry $R = 50\Omega$ a $L = 50mH$

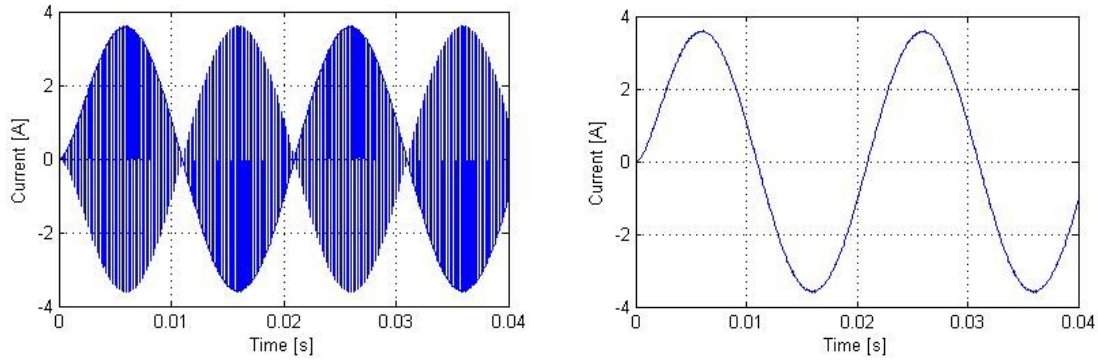
Čas simulace 0.04 a 0.08s

Výsledky simulaci jsou zobrazeny v následujících grafech.

Simulační výsledky pro techniku přímého výpočtu doby sepnutí spínačů, výstupní frekvence 50Hz.

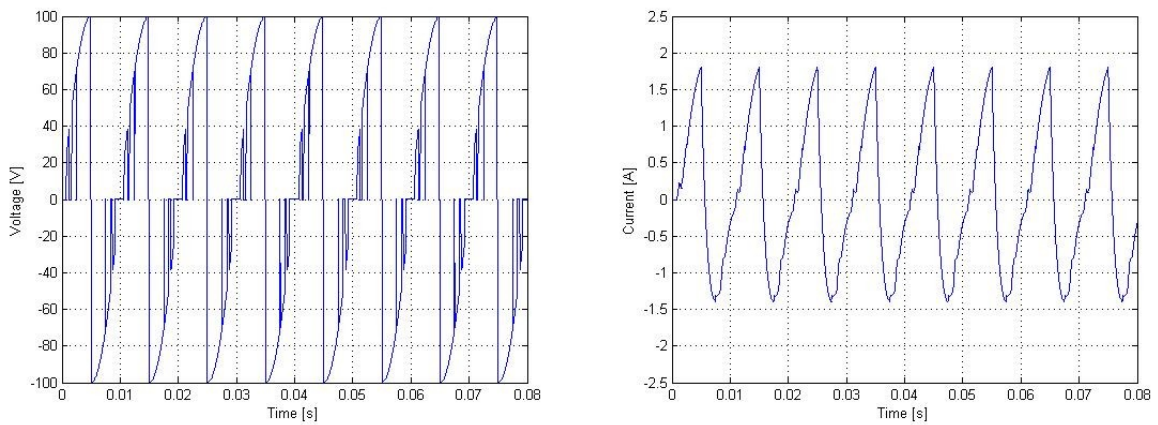


Obr. 8: Simulace pro změnu napětí – vlevo vstupní napětí, vpravo výstupní napětí

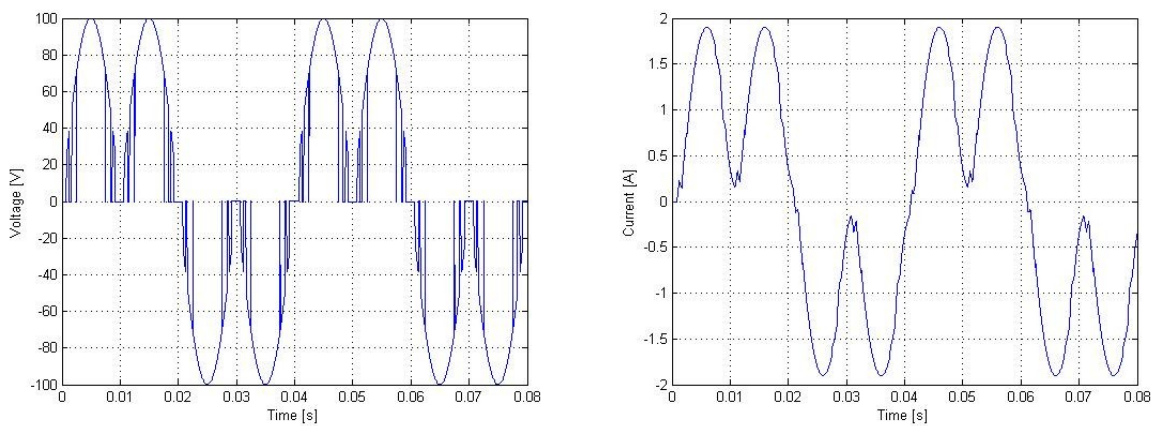


Obr. 9: Simulace pro změnu napětí – vlevo vstupní proud, vpravo výstupní proud

Simulační výstupní výsledky pro techniku sinusově šířkově pulzní techniku modulace



Obr. 10: Simulace pro výstupní frekvenci 100Hz – vlevo napětí, vpravo proud



Obr. 11: Simulace pro výstupní frekvenci – vlevo napětí, vpravo proud

6 Závěr

V tomto příspěvku bylo předvedeno simulační výsledky pro jednofázový maticový měnič, který poskytuje možnost přímé přeměny elektrické energie bez násobných stadií energetické konverze. Byly odsimulovány dvě modulační techniky, které se liší způsobem ovládání spínače, kdy při první technice se provádí přímo výpočet doby sepnutí dle požadavků na velikost výstupního napětí a je

konstantní, kdežto u druhé techniky se doba sepnutí dynamicky mění dle požadavku na výstupní frekvenci a velikosti napětí. Z dosažených výsledku plyne, že maticový měnič je schopen poskytnout sinusový výstupní proud, dále je schopen dosahovat různých výstupních frekvencí a různé velikosti výstupního napětí dle hloubky modulace.

Literatura

- [1] Zuckerberger, A., Weinstock, D., Alexandrovitz A., *Single-phase Matrix Converter*, IEE Proc. Electric Power App, Vol.144 (4), Jul 1997 pp. 235-240
- [2] Zahirrudin I., Mohamad F. S., Mustafar K. H., *Implementation of Single-Phase Matrix Converter as a Direct AC-AC Converter with Commutation Strategies*
- [3] Kabasta M., *Matrix Converter for control AC drive*, Diploma thesis, VSB-TU Ostrava 2006.

Ing. Michal Kabašta, Žilinská univerzita, Elektrotechnická fakulta, Katedra Mechatroniky a Elektroniky, 010 26 Žilina, Univerzitná 1, michal.kabasta.fe@vsb.cz