



**FAKULTA
ELEKTROTECHNICKÁ
ZÁPADOČESKÉ
UNIVERZITY
V PLZNI**

2015

Pracoviště: **Regionální inovační centrum elektrotechniky**

Výzkumná zpráva č.: **22190-031-2015**

Simulace třífázového 4Q proudového pulzního usměrňovače s vektorovým řízením, chování ve spojení se ss motorem

Druh úkolu: **Vědecko-výzkumný**

Řešitelé: **Ing. Jan Michalík, Ph.D.**

Vedoucí úkolu: **Prof. Ing. Zdeněk Peroutka, Ph.D.**

Počet stran: **20**

Datum vydání: **listopad 2015**

Revize: **1**

Tato práce vznikla s podporou projektů CZ.1.05/2.1.00/03.0094, TE01020455 a

SGS-2015-038

Anotace

V této zprávě je provedeno simulační ověření správné funkce 3f čtyřkvadrantového proudového pulzního usměrňovače s vektorovým řízením. Simulováno bylo chování usměrňovače v ustálených stavech i během přechodových dějů v prostředí softwaru Plecs, Matlab. Kromě toho je zde představeno i chování usměrňovače ve spojení se ss motorem, opět pro vybrané ustálené stavy i přechodové děje.

Seznam symbolů a zkratek

CSI	Current-Source Inverter, Pulzní proudový střídač
CSR	Current-Source Rectifier, pulzní proudový usměrňovač
PWM	Pulse With Modulation
SVM	Space Vector Modulation, Vektorová modulace

Obsah

1	ÚVOD.....	4
2	ČTYŘKVADRANTOVÝ (4Q) PROUDOVÝ PULZNÍ USMĚRŇOVAČ – SIMULAČNÍ VÝSLEDKY	4
2.1	Simulace v ustálených stavech	6
2.2	Simulace přechodových dějů.....	9
3	ZÁVĚR.....	16

1 Úvod

V této zprávě je provedeno simulační ověření správné funkce 3f čtyřkvadrantového proudového pulzního usměrňovače s vektorovým řízením. Simulováno bylo chování usměrňovače v ustálených stavech i během přechodových dějů v prostředí softwaru Plecs, Matlab. Kromě toho je zde představeno i chování usměrňovače ve spojení se ss motorem, opět pro vybrané ustálené stavy i přechodové děje.

Tato zpráva přímo navazuje na zprávu č. 22190-055-2014, kde je podrobně popsána technika vektorové modulace 4Q proudového pulzního usměrňovače a zároveň nadřazený algoritmus řízení ve spojení se ss motorem.

2 Čtyřkvadrantový (4Q) proudový pulzní usměrňovač – simulační výsledky

Topologie měniče (Obr.1) i algoritmus řízení (Obr.2) byly také podrobně popsány v předchozí zprávě, nebude jim proto dále věnována větší pozornost. Je však vhodné poznamenat, že z hlediska průběhů sledovaných veličin není rozdíl mezi 2Q a 4Q variantou, pokud budeme uvažovat řízení měniče pouze s jednou polaritou proudu, kladnou nebo zápornou.

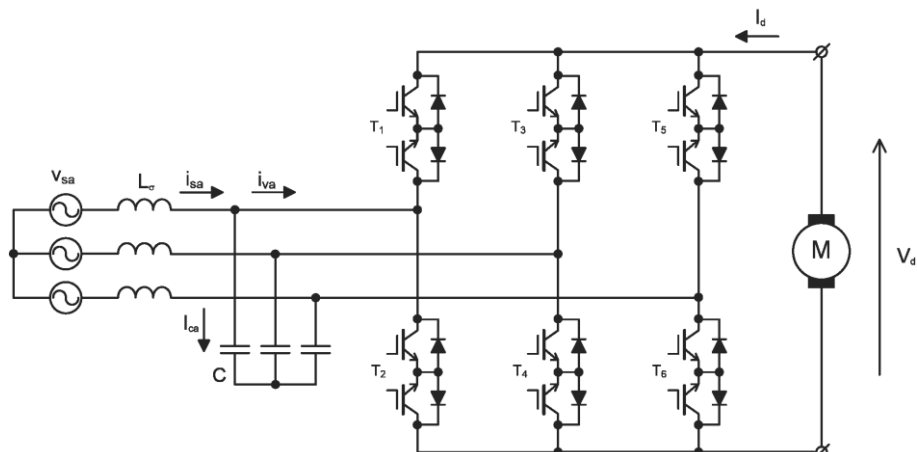
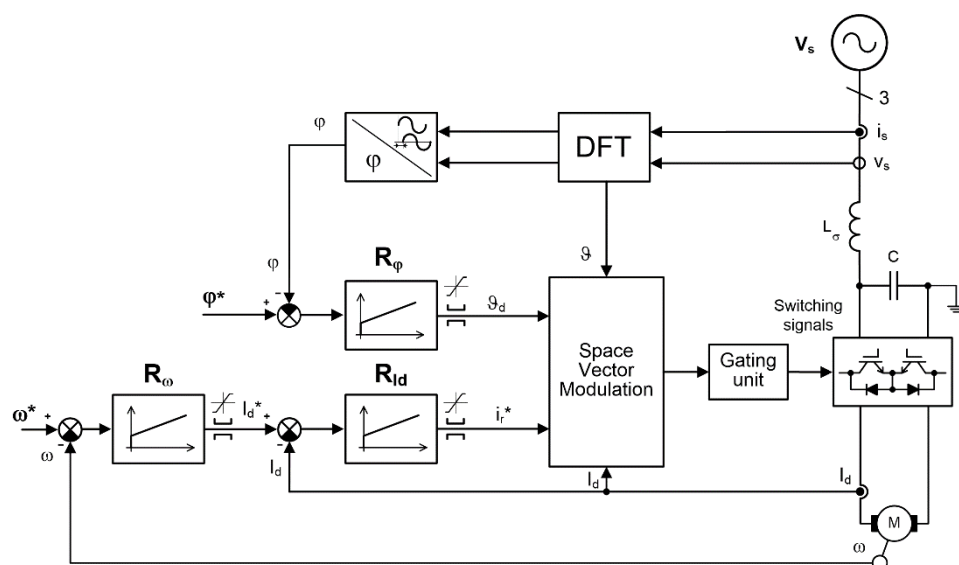
Simulace byla provedena v programu Matlab pomocí toolboxu Plecs od společnosti Plexim. Vektorový modulátor byl sestaven podle popisu, uvedeného ve zprávě 22190-055-2014. Parametry obvodu a parametry ss motoru jsou uvedeny v následujících tabulkách Tab. I a Tab. II.

Tab. I. Parametry obvodu 4Q proudového pulzního usměrňovače

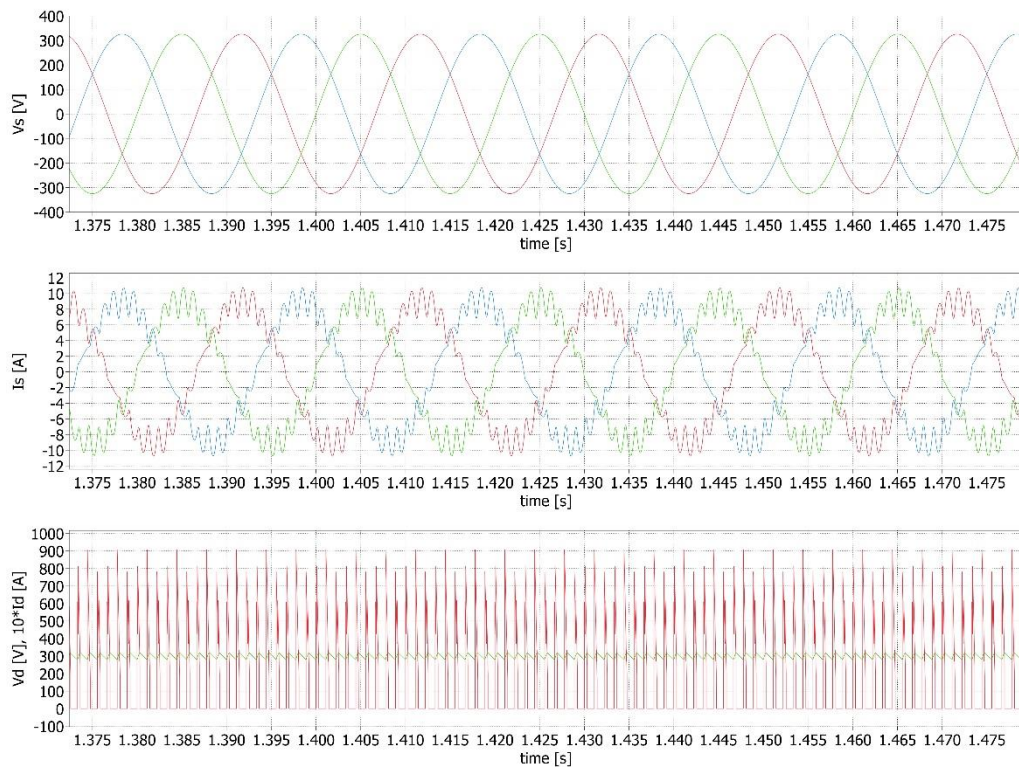
Parametry obvodu 4QCSAR	
Napětí sítě	3 x 400V
Frekvence sítě	50 Hz
L_{σ}	12 mH
C	22 μ F
f_{sw}	900 Hz
f_{rLC}	310 Hz

Tab. II. Jmenovité parametry ss motoru

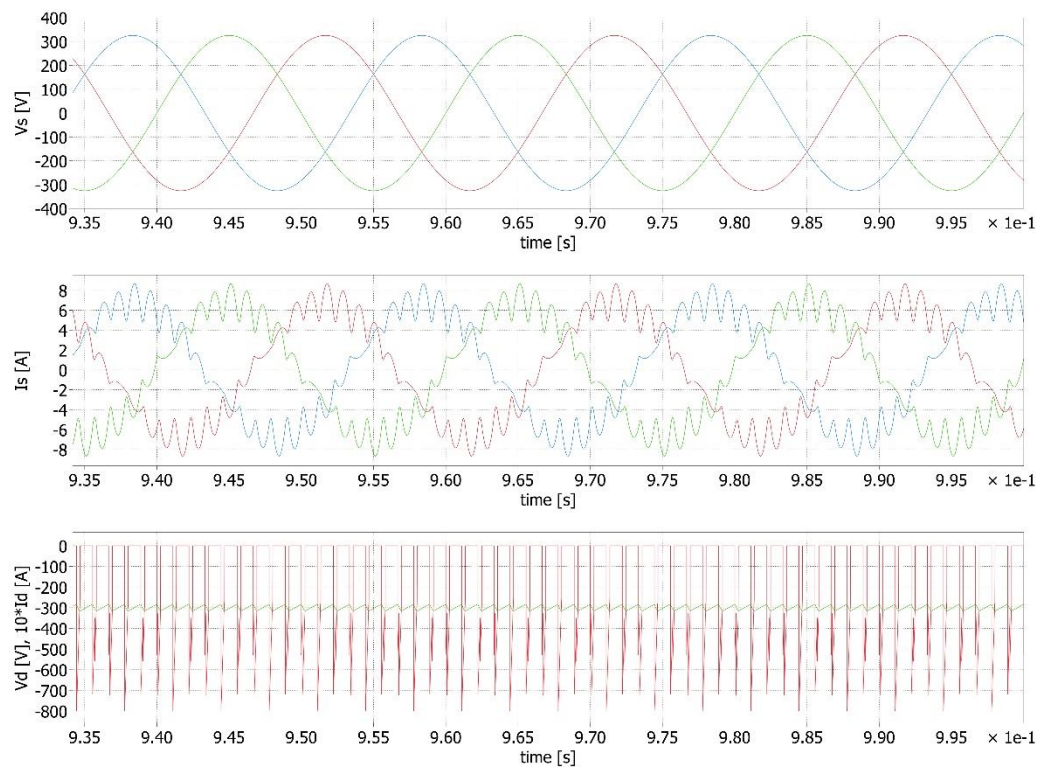
Jmenovité parametry ss motoru	
Jmenovitý výkon, P_n	4.4 kW
Jmenovité otáčky, n_n	2380 ot.
Jmenovité napětí kotvy, V_{ArN}	220 V
Jmenovitý proud kotvy, I_{ArN}	24 A
Jmenovitý budicí proud, $I_{excitationN}$	1.4 A
Jmenovité budicí napětí, $V_{excitationN}$	190 V

**Obr.1 Topologie čtyřkvadrantového proudového pulzního usměrňovače****Obr.2 Navržený regulační algoritmus s regulací účinníku využívající DFT**

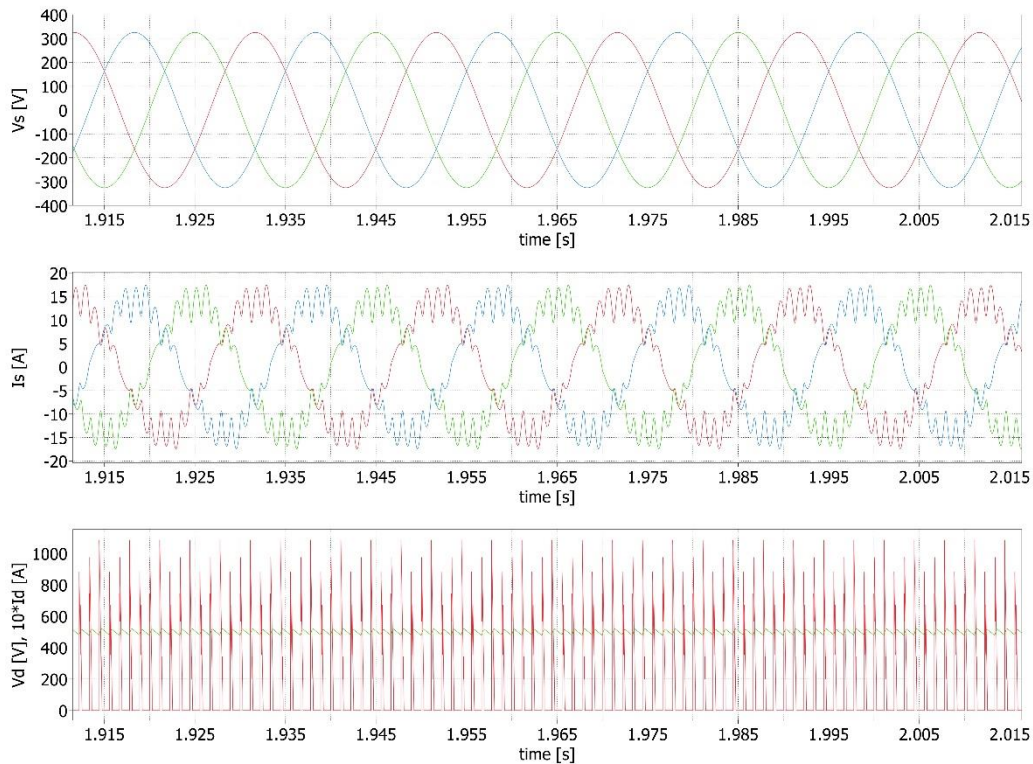
2.1 Simulace v ustálených stavech



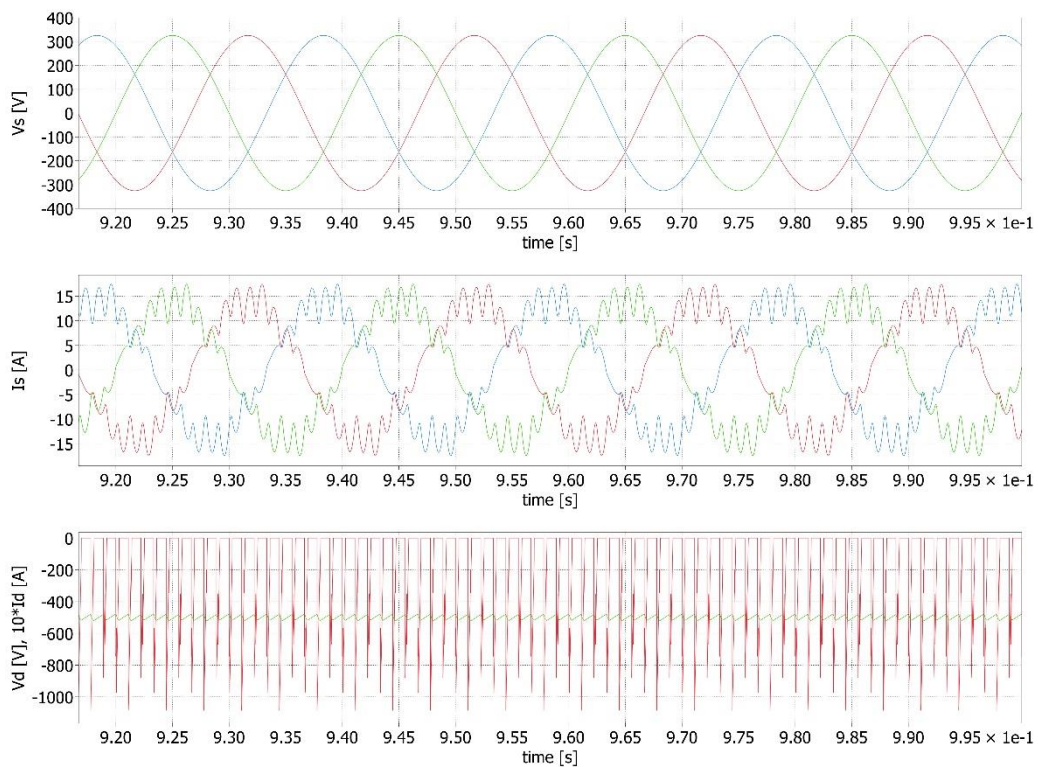
Obr.3 Ustálený stav, $I_d=30A$, $\varphi=0^\circ$, $U_{sf}=230V$



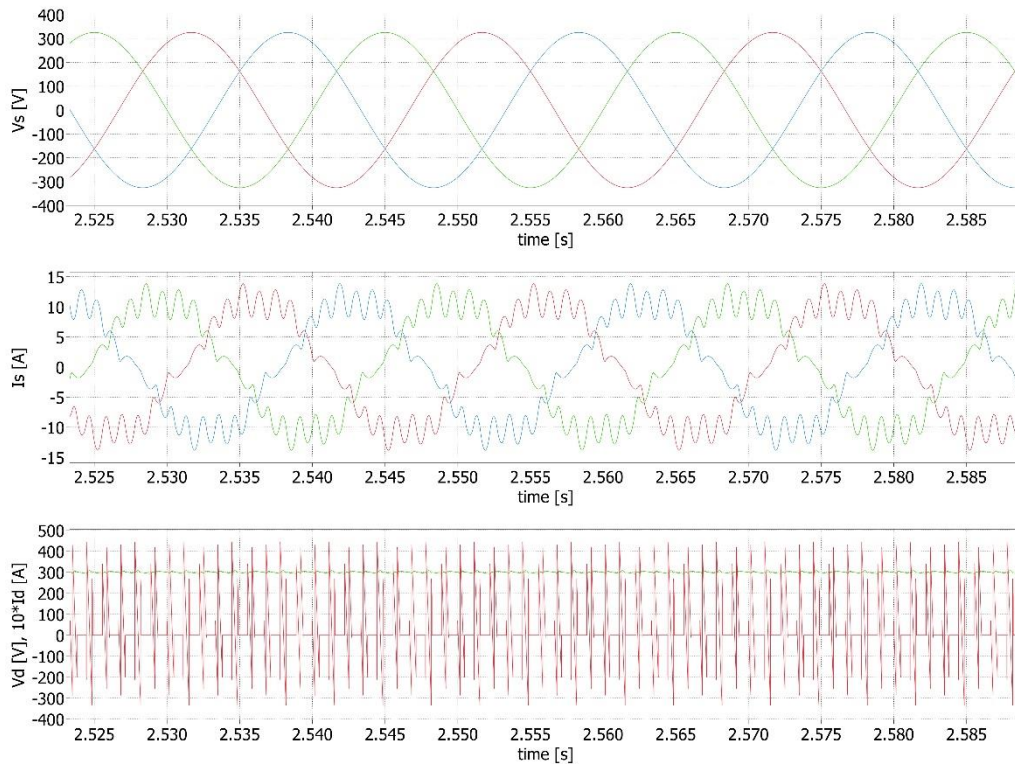
Obr.4 Ustálený stav, $I_d=-30A$, $\varphi=0^\circ$, $U_{sf}=230V$



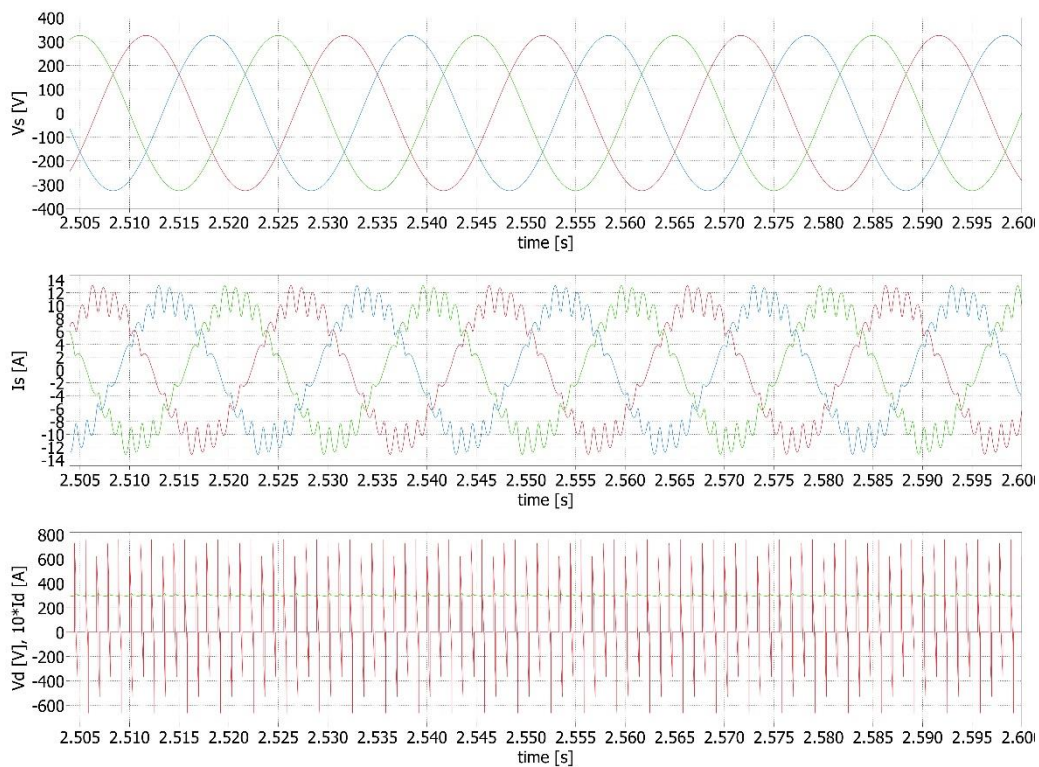
Obr.5 Ustálený stav, $I_d = 50\text{A}$, $\varphi = 0^\circ$, $U_{sf} = 230\text{V}$



Obr.6 Ustálený stav, $I_d = -50\text{A}$, $\varphi = 0^\circ$, $U_{sf} = 230\text{V}$

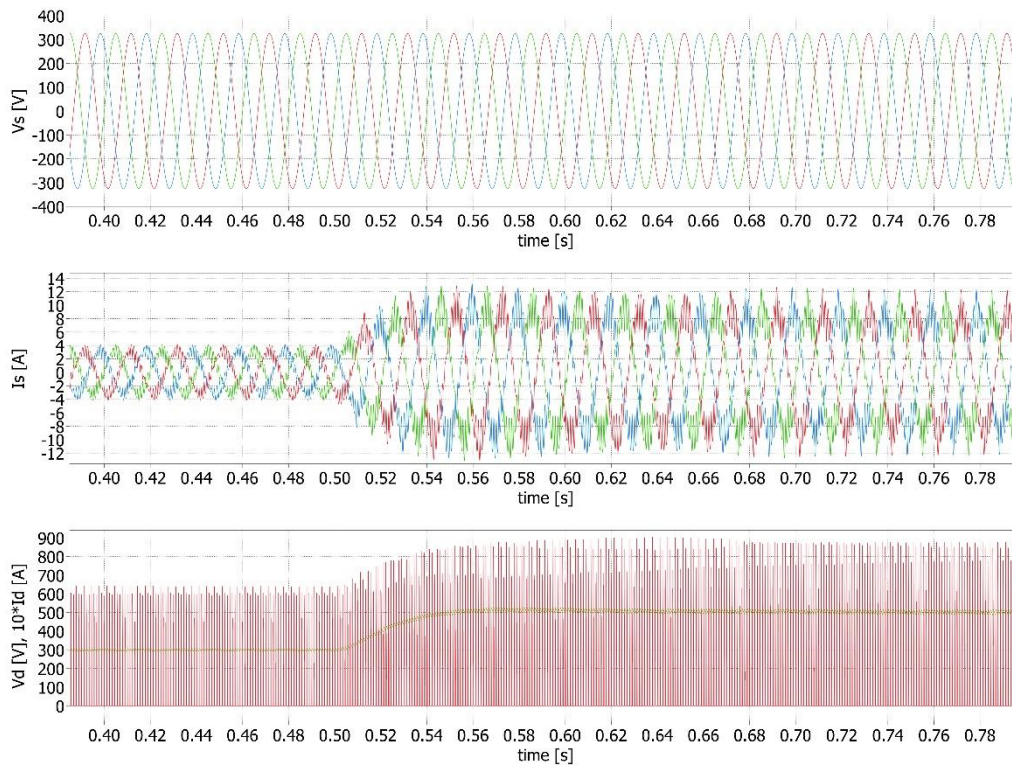


Obr.7 Ustálený stav, $I_d=30A$, $\varphi=-80^\circ$, $U_s=230V$

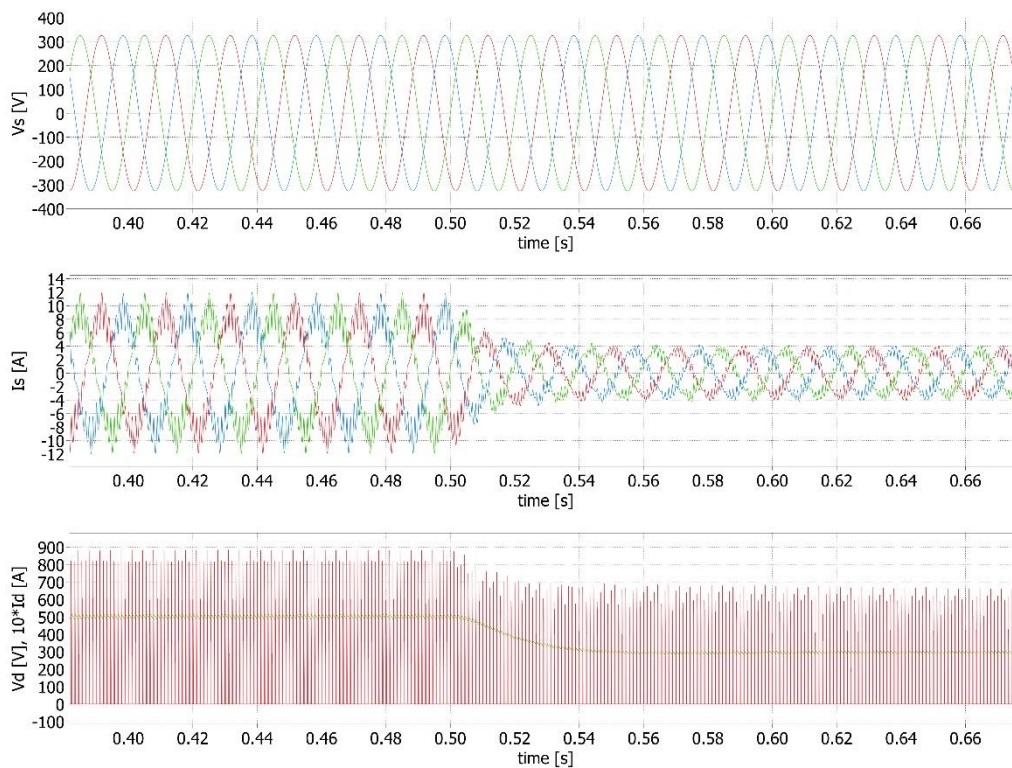


Obr.8 Ustálený stav, $I_d=30A$, $\varphi=80^\circ$, $U_s=230V$

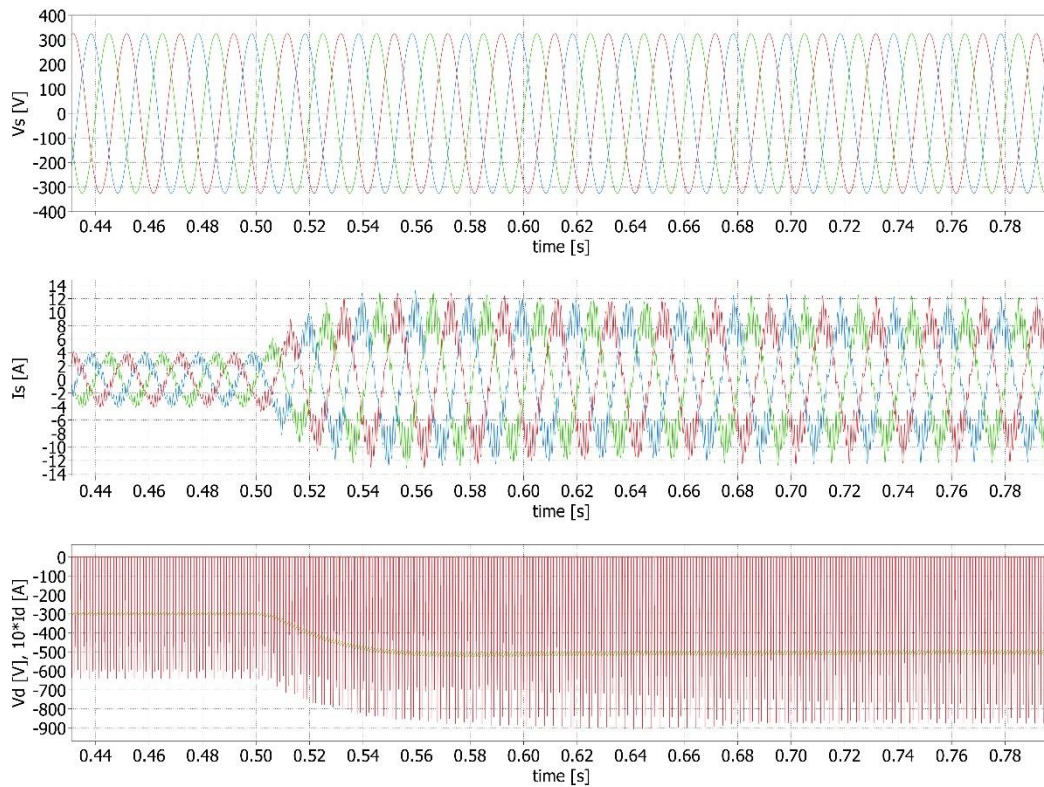
2.2 Simulace přechodových dějů



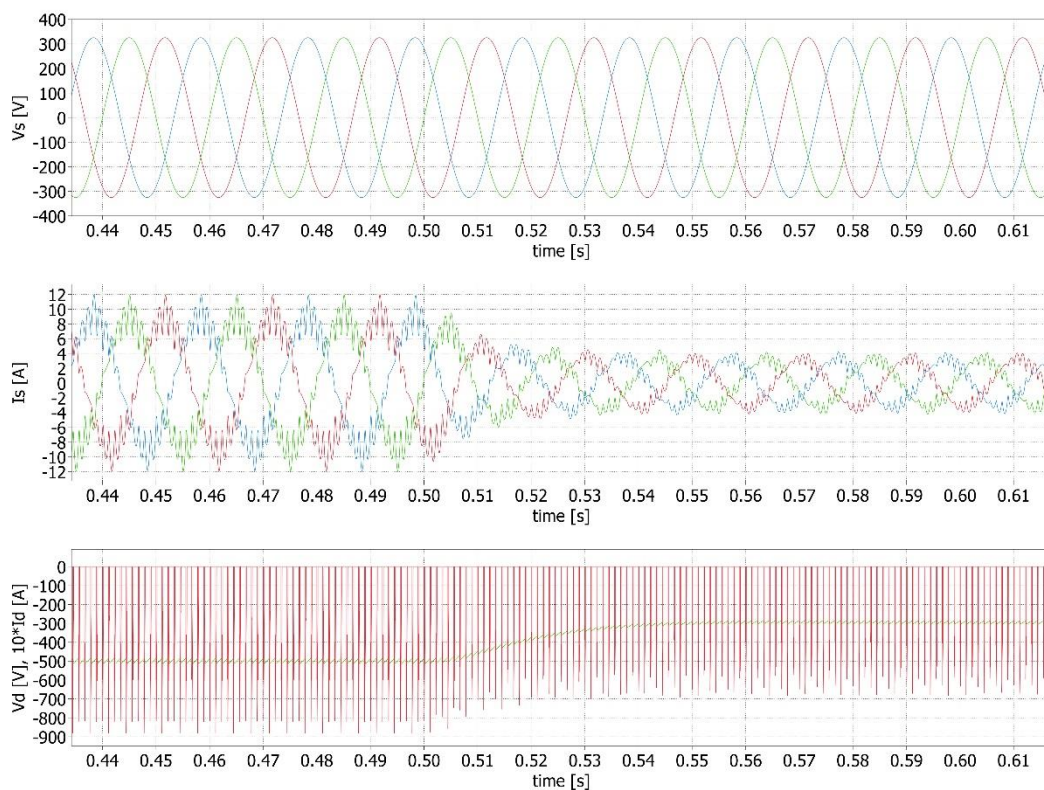
Obr.9 Skoková změna $I_d=30\text{A} \rightarrow 50\text{A}$, $\varphi=0^\circ$, $U_s=230\text{V}$



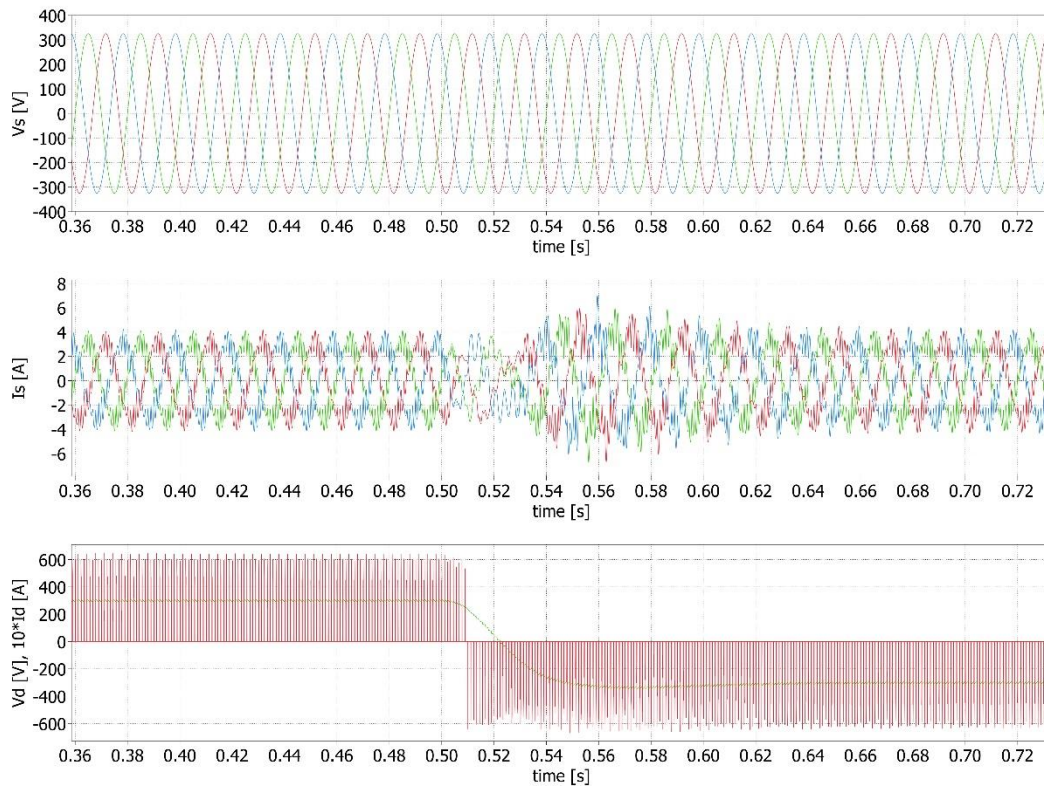
Obr.10 Skoková změna $I_d=50\text{A} \rightarrow 30\text{A}$, $\varphi=0^\circ$, $U_s=230\text{V}$



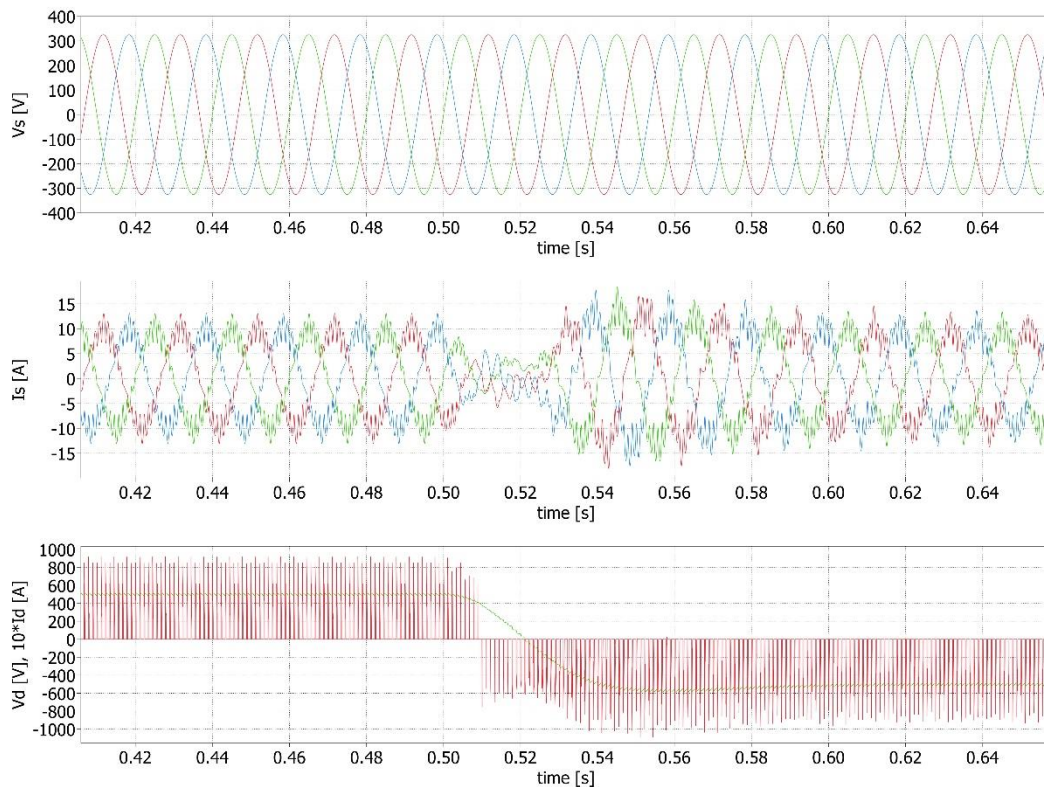
Obr.11 Skoková změna $I_d = -30\text{A} \rightarrow -50\text{A}$, $\varphi = 0^\circ$, $U_{sf} = 230\text{V}$



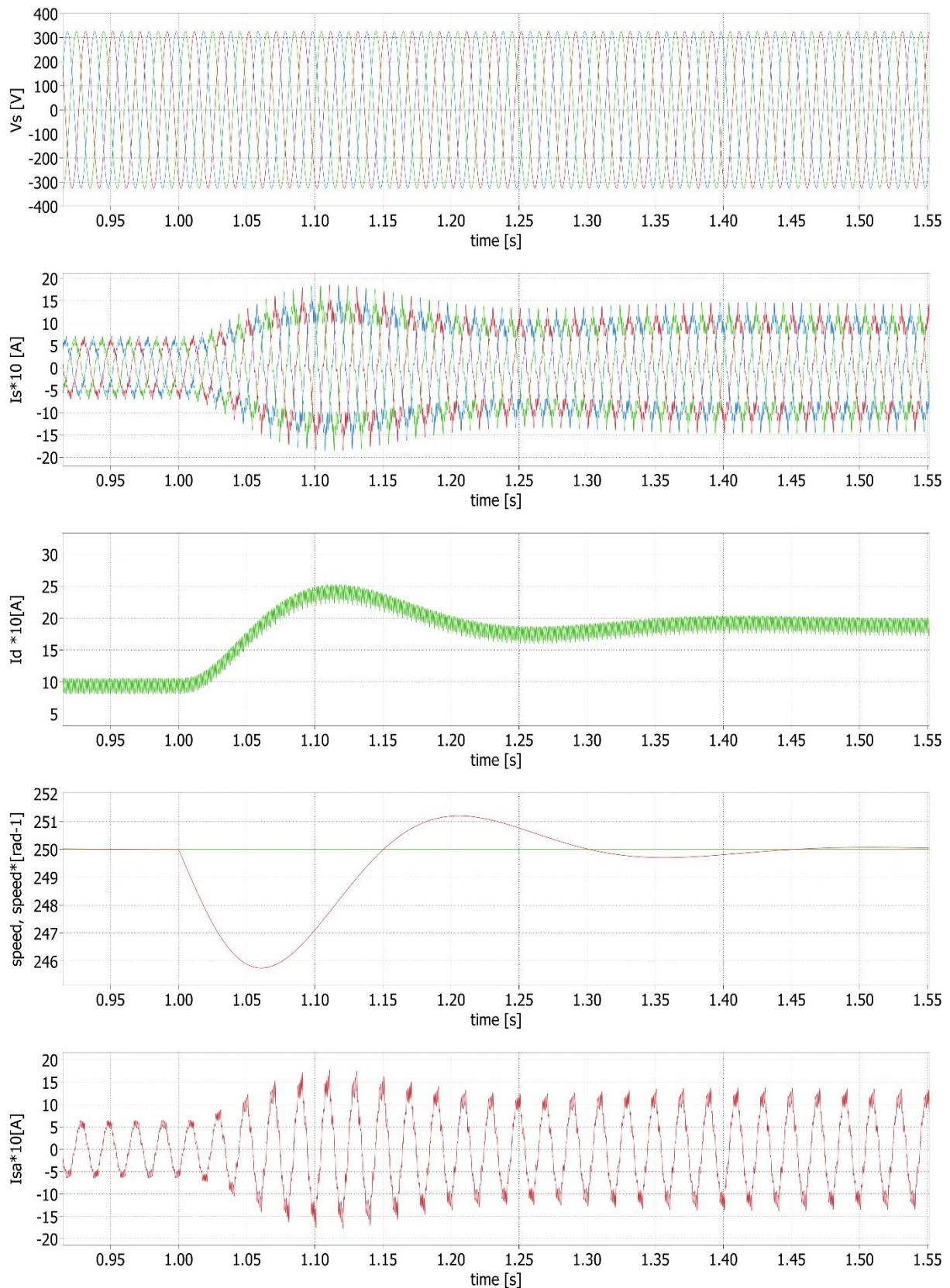
Obr.12 Skoková změna $I_d = -50\text{A} \rightarrow -30\text{A}$, $\varphi = 0^\circ$, $U_{sf} = 230\text{V}$



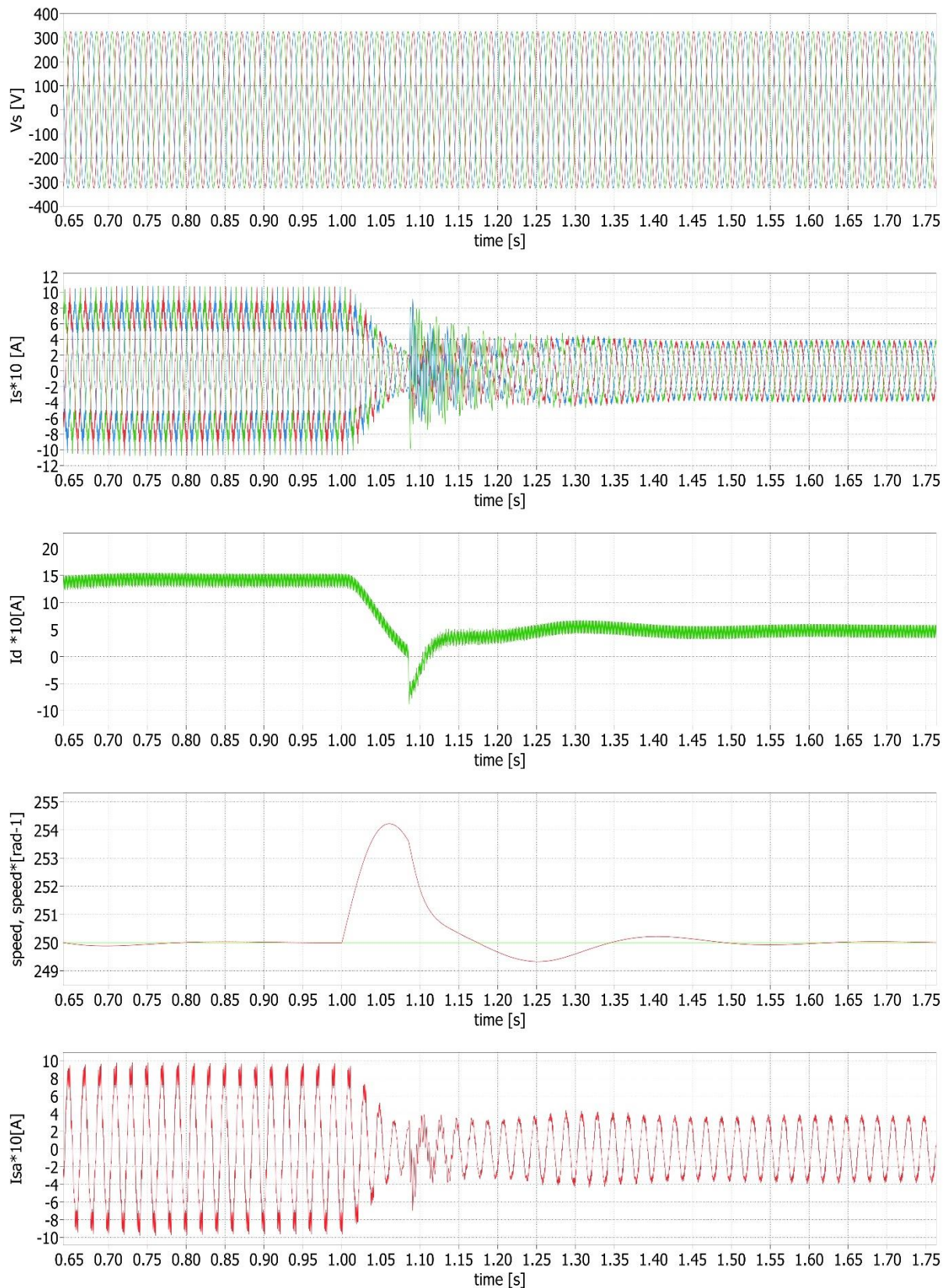
Obr.13 Skoková změna $I_d=30\text{A} \rightarrow -30\text{A}$, $\varphi=0^\circ$, $U_{sf}=230\text{V}$



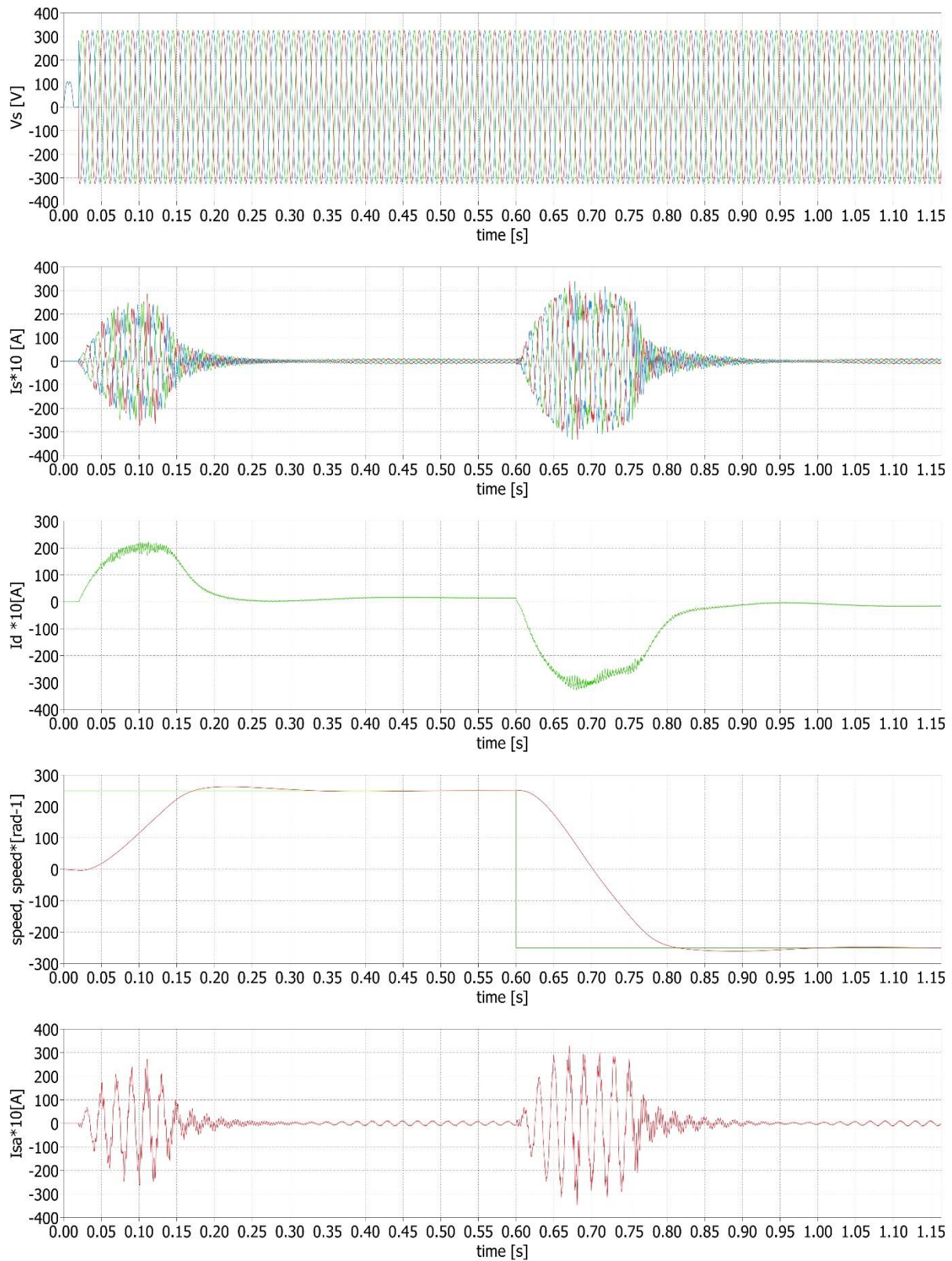
Obr.14 Skoková změna $I_d=50\text{A} \rightarrow -50\text{A}$, $\varphi=0^\circ$, $U_{sf}=230\text{V}$



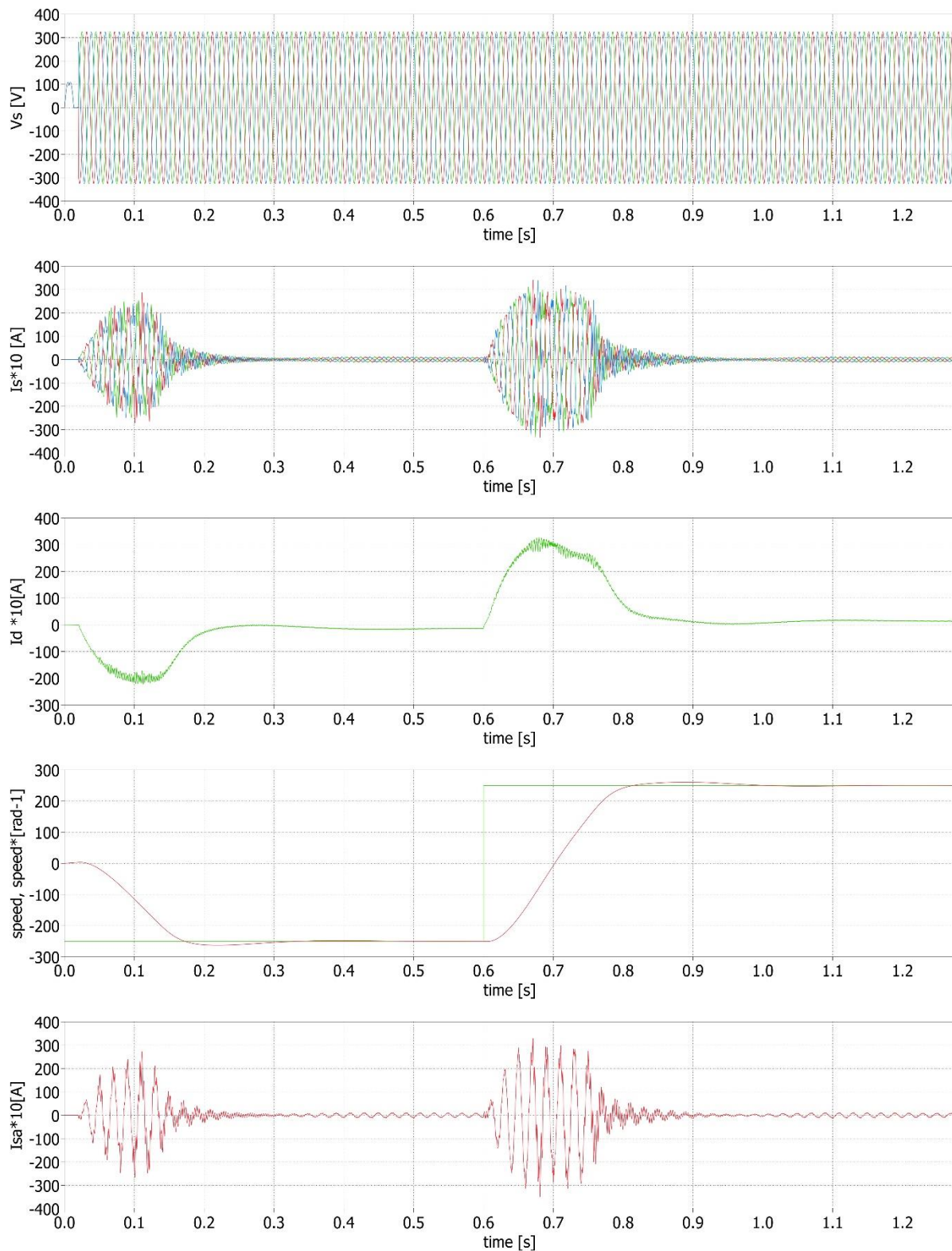
Obr.15 Skoková změna momentu $M_z=10\text{Nm} \rightarrow 20\text{Nm}$, $\varphi=0^\circ$, $U_{sf}=230\text{V}$



Obr.16 Skoková změna momentu $M_z = 15 \text{ Nm} \rightarrow 5 \text{ Nm}$, $\varphi = 0^\circ$, $U_s = 230 \text{ V}$



Obr.17 Skoková změna rychlosti $\omega=250\text{rad/s} \rightarrow -250\text{rad/s}$ $\varphi=0^\circ$, $U_s=230\text{V}$



Obr.18 Skoková změna rychlosti $\omega = -250 \text{ rad/s} \rightarrow 250 \text{ rad/s}$ $\varphi = 0^\circ$, $U_{sf} = 230 \text{ V}$

3 Závěr

V této zprávě je provedeno simulační ověření správné funkce 3f čtyřkvadrantového proudového pulzního usměrňovače s vektorovým řízením. Simulováno bylo chování usměrňovače v ustálených stavech i během přechodových dějů v prostředí softwaru Plecs, Matlab. Kromě toho je zde představeno i chování usměrňovače ve spojení se ss motorem, opět pro vybrané ustálené stavy i přechodové děje.

Literatura

- [1] MICHALÍK, Jan. „Proudové měniče velkých výkonů a cyklokonvertory - současný stav: Oponovaná výzkumná zpráva č. 22190 - 047 - 2012“. ZČU, RICE, Plzeň, 2012.
- [2] WU, Bin. *High-Power Converters and ac Drives*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 2006. ISBN 9780471731719.
- [3] M. Muroya, K. Shinohara, K. Iimori, and H. Sako, "Four-step commutation strategy of PWM rectifier of converter circuit without DC link components for induction motor drives," Proc. Conf. Rec. IEEE IEMDC, 2001, pp. 770–772.
- [4] J.W. Kolar, M. Baumann, F. Schafmeister, and H. Ertl, "Novel threephase AC-DC-AC sparse matrix converter," Proc. Conf. Rec. IEEE APEC, 2002, vol. 2, pp. 777–791.
- [5] L. Wei, T.A. Lipo, and H. Chan, "Matrix converter topologies with reduced number of switches," 33rd Proc. Conf. Rec. IEEE PESC, 2002, CD-ROM, 7 p.
- [6] M. Jussila, M. Salo, and H. Tuusa, "Realization of a three-phase indirect matrix converter with an indirect vector modulation method," Proc. Conf. Rec. IEEE PESC, 2003, vol. 2, pp. 689–694.
- [7] M. Jussila, M. Salo, L. Kahkonen, H. Tuusa, "A Vector Modulated Three-Phase Four-Quadrant Rectifier – Application to a Dc Motor Drive", Institute of Power Electronics, Tampere University of Technology, http://www.elkraft.ntnu.no/norpie/10956873/Final%20Papers/010%20-20Paper_010pdf.pdf
- [8] Peroutka, Z., Michalík, J., Molnár, J.: Single-Phase Current-Source Active Rectifier for Traction Applications: New Control Strategy based on Phase Shift Controller. EPE Journal. Vol. 19, No. 1, 2009.

Seznam obrázků

Obr.1	Topologie čtyřkvadrantového proudového pulzního usměrňovače.....	5
Obr.2	Navržený regulační algoritmus s regulací účinníku využívající DFT	5
Obr.3	Ustálený stav, $I_d=30A$, $\varphi=0^\circ$, $U_{sf}=230V$	6
Obr.4	Ustálený stav, $I_d=-30A$, $\varphi=0^\circ$, $U_{sf}=230V$	6
Obr.5	Ustálený stav, $I_d=50A$, $\varphi=0^\circ$, $U_{sf}=230V$	7
Obr.6	Ustálený stav, $I_d=-50A$, $\varphi=0^\circ$, $U_{sf}=230V$	7
Obr.7	Ustálený stav, $I_d=30A$, $\varphi=-80^\circ$, $U_{sf}=230V$	8
Obr.8	Ustálený stav, $I_d=30A$, $\varphi=80^\circ$, $U_{sf}=230V$	8
Obr.9	Skoková změna $I_d=30A \rightarrow 50A$, $\varphi=0^\circ$, $U_{sf}=230V$	9
Obr.10	Skoková změna $I_d=50A \rightarrow 30A$, $\varphi=0^\circ$, $U_{sf}=230V$	9
Obr.11	Skoková změna $I_d=-30A \rightarrow -50A$, $\varphi=0^\circ$, $U_{sf}=230V$	10
Obr.12	Skoková změna $I_d=-50A \rightarrow -30A$, $\varphi=0^\circ$, $U_{sf}=230V$	10
Obr.13	Skoková změna $I_d=30A \rightarrow -30A$, $\varphi=0^\circ$, $U_{sf}=230V$	11
Obr.14	Skoková změna $I_d=50A \rightarrow -50A$, $\varphi=0^\circ$, $U_{sf}=230V$	11
Obr.15	Skoková změna momentu $M_z=10Nm \rightarrow 20Nm$, $\varphi=0^\circ$, $U_{sf}=230V$	12
Obr.16	Skoková změna momentu $M_z=15Nm \rightarrow 5Nm$, $\varphi=0^\circ$, $U_{sf}=230V$	13
Obr.17	Skoková změna rychlosti $\omega=250rad/s \rightarrow -250rad/s$ $\varphi=0^\circ$, $U_{sf}=230V$	14
Obr.18	Skoková změna rychlosti $\omega=-250rad/s \rightarrow 250rad/s$ $\varphi=0^\circ$, $U_{sf}=230V$	15

Historie revizí

Rev.	Kapitola	Popis změny	Datum Jméno / Odd.
1	Všechny	Publikování dokumentu	2.11.2015 JM / RICE