

Stanisław Potrawka, Romana Sikora-Iliew
Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

ANALIZA MODELOWA WPŁYWU ODŁĄCZENIA I PONOWNEGO ZAŁĄCZENIA NAPIĘCIA SIECI NA STANY DYNAMICZNE SILNIKA ASYNCHRONICZNEGO

A MODEL ANALYSIS OF INFLUENCE OF DISCONNECTION AND A FOLLOWING CONNECTION OF NETWORK VOLTAGE ON THE DYNAMIC STATES OF AN INDUCTION MOTOR

Abstract: The model for simulation the influence of the supply interruption on the dynamic states of an induction motor is presented. The model was employed to simulation of the three-phase balanced supply interruption (voltage and currents) and the voltage phase shift in the subsequent voltage recovery. The analysis of the electromotive force E , currents I torque M_e , speed ω provides information about the influence of the supply interruption and the field suppression rate on the dynamic performance of a motor after the supply recovery. The influence of the voltage phase shift on the motor operation has been analysed for various values of the moment of inertia and various interruption time. The simulation was carried out using the Matlab package.

1. Wstęp

Krótkie przerwy w zasilaniu, zapady i załamania napięcia, jak również przesunięcia fazy napięcia zasilającego mają niekorzystny wpływ na pracę odbiorników m.in. układów napędowych i są uważane obecnie za jedne z najbardziej kłopotliwych zaburzeń elektromagnetycznych. Wielkość przesunięcia fazy oraz czas trwania odłączenia silnika od sieci posiada wpływ na dynamikę układu napędowego.

Przedmiotem badań symulacyjnych była analiza wpływu odłączenia i ponownego załączenia symetrycznego napięcia sieci trójfazowej na siłę elektromotoryczną i stany dynamiczne silnika asynchronicznego.

2. Opis modelu

Model do analizy dynamiki badanego silnika indukcyjnego zrealizowano w oparciu o energetyczną funkcję stanu Lagrange'a. Równania opisujące przemiany elektromechaniczne silnika indukcyjnego zapisano w oparciu o zasadę najmniejszego działania Hamiltona i równania Eulera- Lagrange'a. Przy zasilaniu stojana (sinusoidalnym układem napięć trójfazowych) zapisano równania dynamiki silnika indukcyjnego według [4].

3. Opis badań symulacyjnych

Badania symulacyjne zrealizowano przy wykorzystaniu pakietu Matlab.

Badania modelowe przeprowadzono dla:

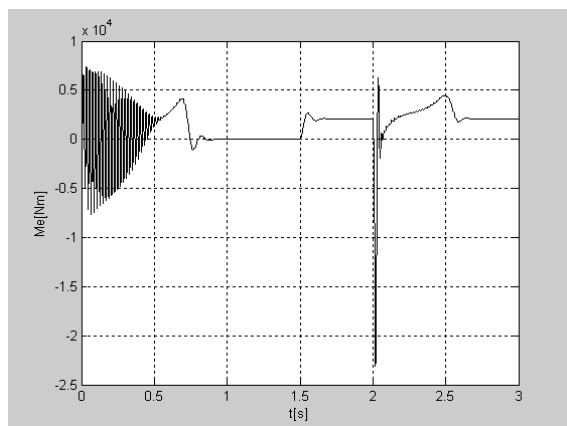
- różnych kątów przesunięcia fazy napięcia symetrycznego trójfazowego, po ponownym załączeniu zasilania
- różnych momentów bezwładności silnika
- różnych czasów trwania bezprądowej przerwy zasilania.

Wyniki symulacji otrzymano w formie wykresów. Wybrane wykresy zamieszczono w artykule. Odpowiednie rysunki przedstawiają przebiegi dynamiczne dla rozruchu, obciążenia i **odłączenia po 2 sekundach:**

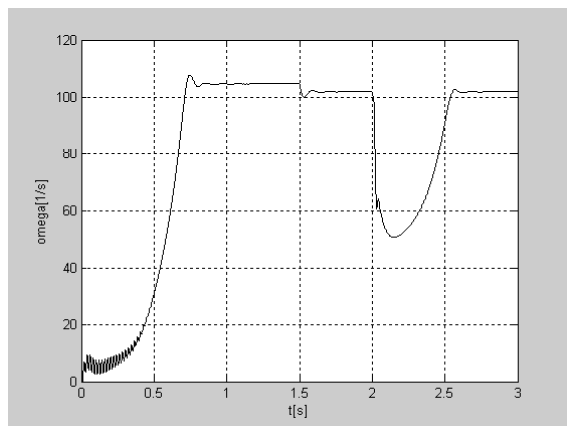
- bez obciążenia, a następnie po obciążeniu $M_{st}=M_N$, po $t=1,5$ s, przy $J=J_N$ po symetrycznym odłączeniu i odbudowie napięcia po czasie przerwy bezprądowej $\Delta t=10$ ms ze zmianą fazy $\Delta\varphi=180^\circ$ – rys.1 -7
- bez obciążenia, a następnie po obciążeniu $M_{st}=M_N$, po $t=1,5$ s, przy $J=J_N$ po odłączeniu symetrycznym i odbudowie napięcia po czasie $\Delta t=10$ ms bez zmiany fazy $\Delta\varphi=0^\circ$ – rys.8 -10
- bez obciążenia, a następnie po obciążeniu $M_{st}=M_N$ po $t=1,5$ s, przy $J=2J_N$, po symetrycznym odłączeniu i odbudowie napięcia po $\Delta t=10$ ms ze zmianą fazy $\Delta\varphi=180^\circ$ – rys.11-14
- bez obciążenia, a następnie po obciążeniu $M_{st}=M_N$ po $t=1,5$ s, przy $J=J_N$, po symetrycznym odłączeniu i odbudowie napięcia po $\Delta t=20$ ms ze zmianą fazy $\Delta\varphi=180^\circ$ – rys.15-17.

4. Wyniki badań symulacyjnych

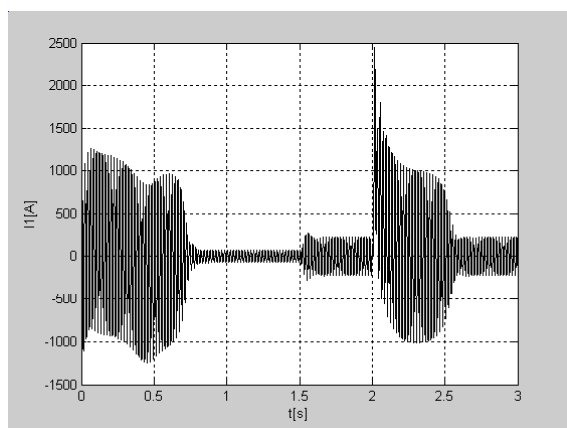
Dla rys. nr 1 – 10 założono $M_{st} = M_N$, $J = J_N$
i $\Delta t = 10\text{ms}$



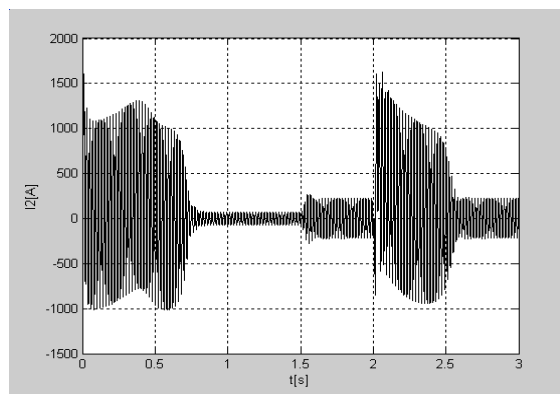
Rys.1. $M_e(t)$, $\Delta\varphi = 180^\circ$



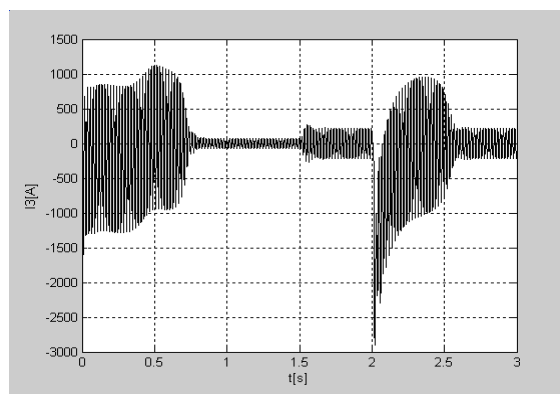
Rys.2. $\omega(t)$, $\Delta\varphi = 180^\circ$



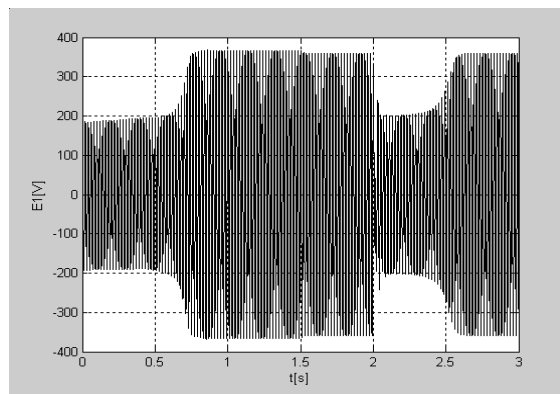
Rys.3. $I_1(t)$, $\Delta\varphi = 180^\circ$



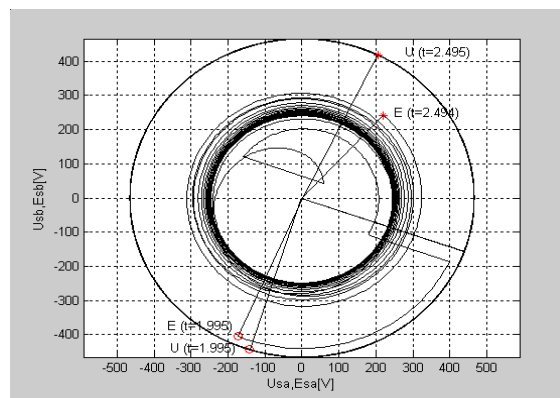
Rys.4. $I_2(t)$, $\Delta\varphi = 180^\circ$



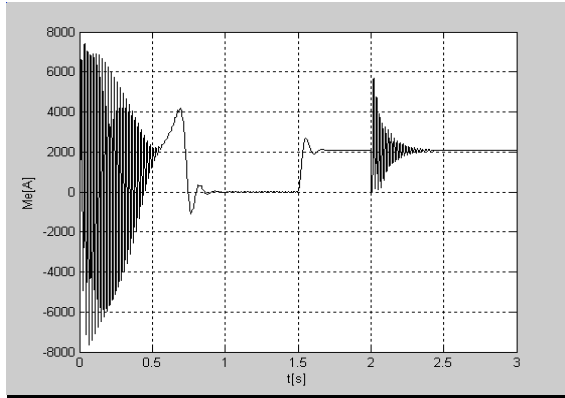
Rys.5. $I_3(t)$, $\Delta\varphi = 180^\circ$



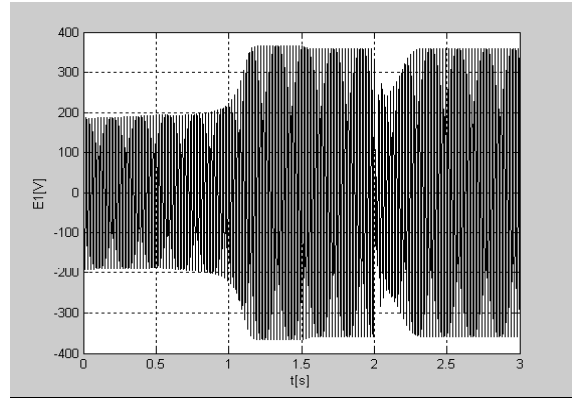
Rys.6. $E_1(t)$, $\Delta\varphi = 180^\circ$



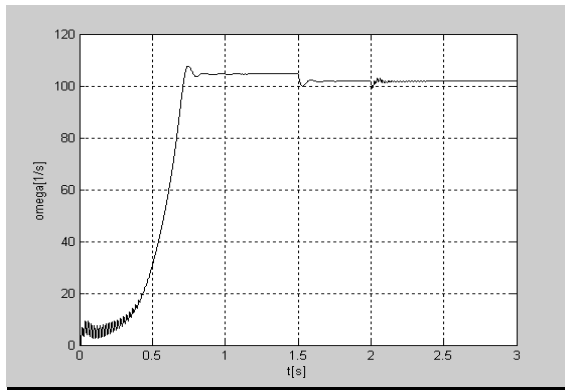
Rys.7. U, E , portret fazowy



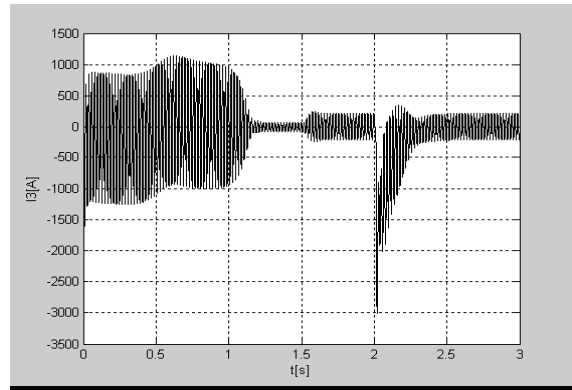
Rys.8. $M_e(t)$, $\Delta\varphi = 0^\circ$



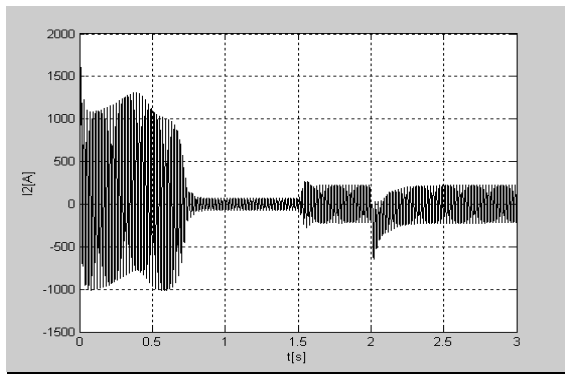
Rys.12. $E_1(t)$, dla $J = 2J_n$, $\Delta\varphi = 180^\circ$



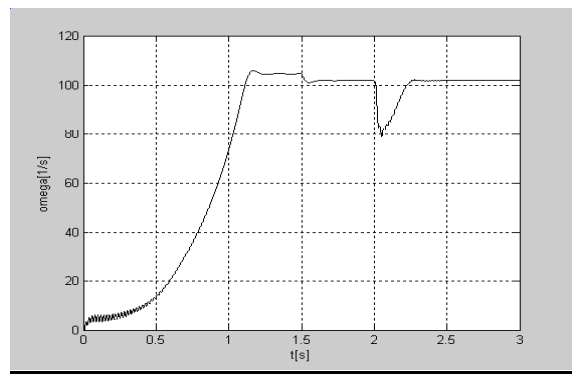
Rys.9. $\omega(t)$, $\Delta\varphi = 0^\circ$



Rys.13. $I_3(t)$, dla $J = 2J_n$, $\Delta\varphi = 180^\circ$



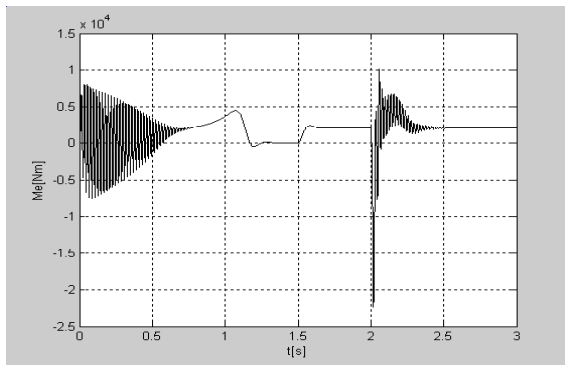
Rys.10. $I_2(t)$, $\Delta\varphi = 0^\circ$



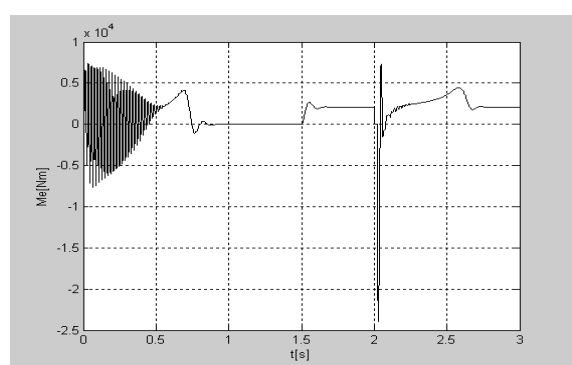
Rys.14. $\omega(t)$, dla $J = 2J_n$, $\Delta\varphi = 180^\circ$

Dla rys. nr 11 – 14 założono $M_{st} = M_N$, $J = 2J_N$ i $\Delta t = 10ms$

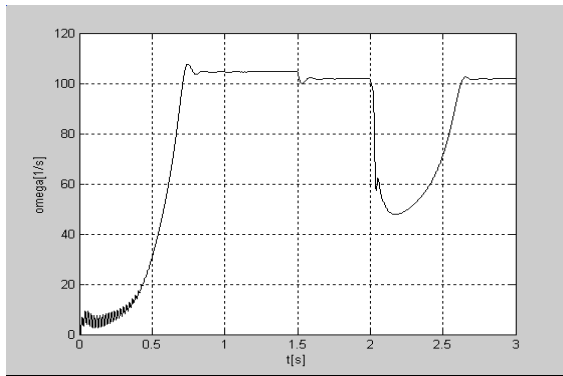
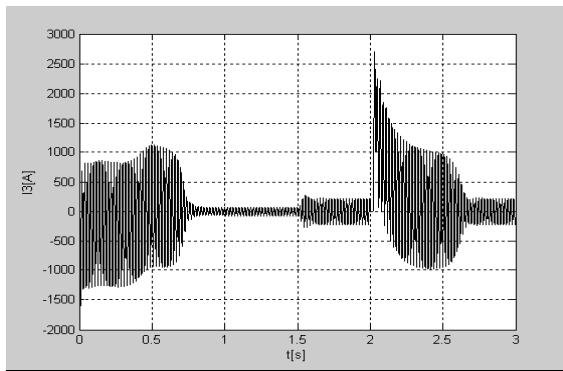
Dla rys. nr 15 – 17 założono $M_{st} = M_N$, $J = J_N$ i $\Delta t = 20ms$



Rys.11. $M_e(t)$, dla $J = 2J_n$, $\Delta\varphi = 180^\circ$



Rys.15. $M_e(t)$, $\Delta\varphi = 180^\circ$

Rys.16. $\omega(t)$, $\Delta\varphi = 180^\circ$ Rys.17. $I_3(t)$, $\Delta\varphi = 180^\circ$

Tab.1.

Zestawienie względnych wartości maksymalnych bez zmiany fazy $\Delta\varphi = 0$ po powrocie zasilania przy $M_{st} = M_N$, $J = J_N$ i $\Delta t = 10ms$

<u>M</u>	<u>ω</u>	<u>I₁</u>	<u>I₂</u>	<u>I₃</u>
2,73	0,99	1,3	1,67	1,26

Tab.2.

Zestawienie względnych wartości maksymalnych po odbudowie zasilania dla zmiany fazy $\Delta\varphi = 180^\circ$, przy $M_{st} = M_N$ i $\Delta t = 10ms$

	<u>Δφ</u>	<u>M</u>	<u>ω</u>	<u>I₁</u>	<u>I₂</u>	<u>I₃</u>
J_N	180°	11,12	0,98	6,36	4,23	7,54
$2J_N$	180°	10,8	0,98	6,41	4,67	7,8

Tab.3.

Zestawienie względnych wartości maksymalnych dla różnych czasów trwania przerwy bezprądowej $\Delta t [ms]$ dla $M_{st} = M_N$, $J = J_N$ i $\Delta\varphi = 180^\circ$

<u>Δt</u>	<u>M</u>	<u>ω</u>	<u>I₁</u>	<u>I₂</u>	<u>I₃</u>
10	11,12	0,98	6,36	4,23	7,54
20	11,52	0,98	6,39	3,85	7,0

5. Wnioski

W tabelach zebrano względne wartości maksymalne przebiegów dynamicznych silnika asynchronicznego występujące po odbudowie i zmianie fazy napięcia sieci zasilającej. Analiza wyników prowadzi do wniosków, że dłuższa przerwa bezprądowa implikuje większe uderzenie momentu po powrocie zasilania. Przy większym momencie bezwładności J następuje większe uderzenie prądu po powrocie zasilania. Zwiększenie czasu trwania przerwy bezprądowej Δt wywołuje wzrost wielkości uderzenia momentu, skrócenie Δt powoduje wzrost uderzenia prądu, natomiast przesunięcie fazy $\Delta\varphi$ jest przyczyną wzrostu uderzeń momentu i prądu po odbudowie zasilania.

6. Literatura

- [1]. Hanzelka Z.: *Sposoby zwiększania odporności regulowanych napędów na załamania napięcia i krótkie przerwy w zasilaniu*. International Workshops „Power Electronics Devices Compability”, Europejski Uniwersytet Viadrina, 1999, p. 47-67
- [2]. Puchała A.: *Dynamika maszyn i układów elektromechanicznych*. Wyd. PWN, Warszawa, 1977
- [3]. Sikora R.: *Analiza stanów przejściowych silnika asynchronicznego pierścieniowego*. Zeszyty Naukowe AGH, Nr 289 z. 43, Kraków, 1971, p.45-85
- [4]. Potrawka S., Sikora-Iliew R.: *Wpływ przesunięcia fazy napięcia sieci na SEM i stany dynamiczne silnika asynchronicznego*. Zeszyty Problemowe - Maszyny Elektryczne. Nr 72/2005, Komel, Katowice 2005
- [5]. Kaźmierkowski M., Tunia H.: *Automatic Control of Converter – fed Drives*, Wa-wa, Elsevier 1994
- [6]. Boldea I., Nasar S.A.: *Electric Drive*, CRC Press 1999
- [7]. R.H.Cannon jr.-*DYNAMICS OF PHYSICAL SYSTEMS*, Mc Graw Hill, Inc. 1967.
- [8]. P.C. Krause- *ANALYSIS of ELECTRIC MACHINERY*, Mc Graw-Hill Book Comp. NY, 1986 .
- [9]. J.Meisel - *PRINCIPLES of ELECTRO-MECHANICAL ENERGY CONVERSION*, Mc Graw-Hill, Inc.1966.

Autorzy

Dr inż. Stanisław Potrawka
 Mgr inż. Romana Sikora-Iliew
 Wydz. Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki
 Katedra Automatyki Napędu i Urządzeń Przemysłowych
 Tel/fax (48)(12)6332284
 AGH Kraków
 30-059 Kraków, Al. Mickiewicza 30