

*maszyny synchroniczne, turbogeneratory,
modelowanie polowo-obwodowe, parametry linii elektroenergetycznej,
współpraca z systemem, stany nieustalone*

Piotr KISIELEWSKI*
Ludwik ANTAL*

WPLYW ZMIANY PARAMETRÓW LINII ELEKTROENERGETYCZNEJ NA STABILNOŚĆ PRACY TURBOGENERATORA W SYSTEMIE ELEKTROENERGETYCZNYM

W artykule przedstawiono symulacyjne wyniki obliczeń zachowania się turbogeneratora podczas zmiany parametrów linii elektroenergetycznej łączącej go z siecią elektroenergetyczną. Pokazano przykład utraty stabilności pracy turbogeneratora w systemie elektroenergetycznym w wyniku skokowej zmiany parametrów linii przesyłowej.

1. WSTĘP

Głównym źródłem energii elektrycznej w systemach elektroenergetycznych są generatory synchroniczne przetwarzające energię mechaniczną dostarczoną do wału maszyny. Współczesne systemy elektroenergetyczne tworzą sieci połączonych ze sobą wielu elementów wytwarzających, transformujących oraz przesyłających energię elektryczną. Istotny wpływ na pracę systemów ma charakter pracy odbiorników. Zmienne w czasie zapotrzebowanie na energię elektryczną pociąga za sobą konieczność ciągłego dostosowywania się systemu do aktualnych warunków pracy. Ciągłym wahaniom obciążenia towarzyszą zmiany kątów mocy generatorów synchronicznych powodując powstawanie oscylacji [6].

Istotnym zagadnieniem w pracy systemów elektroenergetycznych jest badanie ich zachowania w stanach przejściowych, a w tym stabilności [1–4]. Problem ten jest rozważany na etapie projektowania turbozespołów, poprzez zaprojektowanie odpowiedniej konstrukcji maszyny, dobór układów regulacji wzbudzenia i dopływu pary.

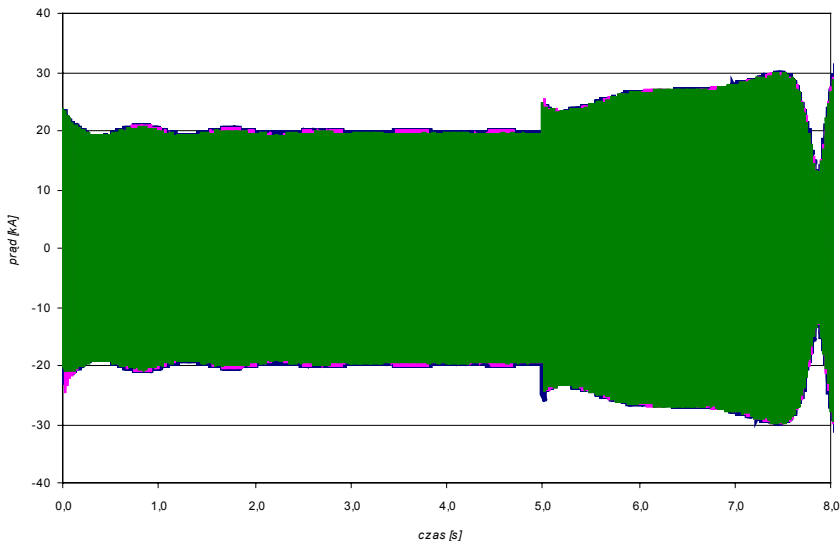
* Politechnika Wroclawska, Instytut Maszyn, Napędów i Pomiarów Elektrycznych, 50-372 Wrocław, ul. Smoluchowskiego 19, e-mail: piotr.kisielewski@pwr.wroc.pl; ludwik.antal@pwr.wroc.pl

Sprężone poprzez sieć elektroenergetyczną oraz sygnały sterujące, układy wytwarzania energii elektrycznej tworzą skomplikowany, nieliniowy układ regulacji. Układy takie narażone są na zakłócenia i dlatego istnieje potrzeba dokładnego wyznaczania obszarów pracy stabilnej oraz prognozowania zachowań turbozespołów w stanach awaryjnych.

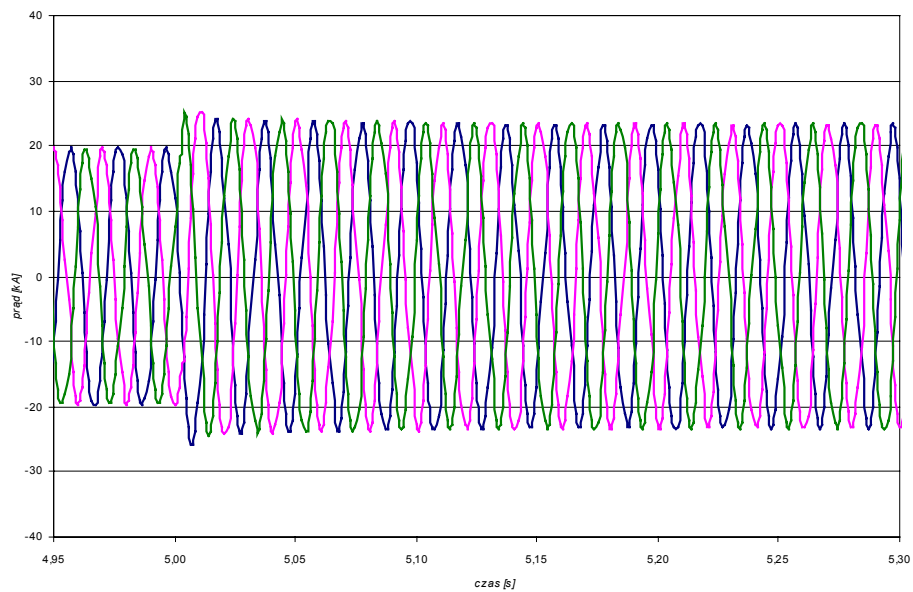
2. ZMIANA PARAMETRÓW LINII ELEKTROENERGETYCZNEJ

W pracy ustalonej systemu może wystąpić sytuacja, w której w wyniku zakłócenia parametry linii łączącej turbozespół z systemem elektroenergetycznym ulegną zmianie. Typowym przykładem może być przypadek linii dwutorowej, w której w wyniku zwarcia zostaje wyłączony jeden z jej torów. Jeżeli impedancja linii stanie się zbyt duża, to turbogenerator zmieniając punkt pracy nie będzie w stanie wytlumić powstałych oscylacji. Duża impedancja linii ogranicza prądy twornika. Może wystąpić przypadek, w którym nie będzie możliwe utrzymanie maszyny w pracy synchronicznej.

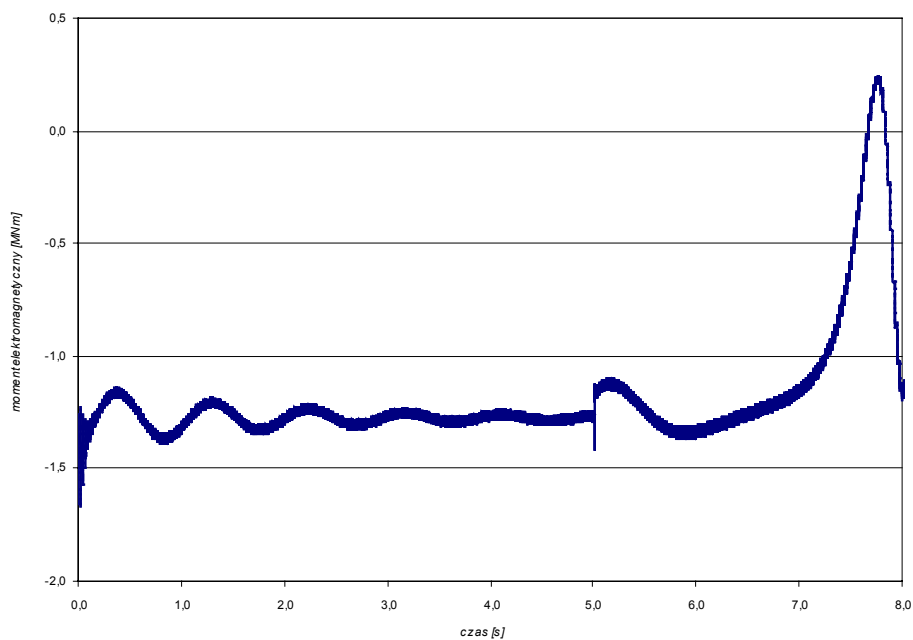
Dla zbadania takiej sytuacji zamodelowano na układzie turbogenerator–sieć elektroenergetyczna przedstawionym w [5] stan pracy, w którym na skutek skokowego zwiększenia impedancji połączenia pomiędzy turbozespołem a siecią sztywną maszyna nie zdołała utrzymać się w pracy synchronicznej. Przebiegi prądów w uzwojeniach stojana, momentu elektromagnetycznego oraz prędkości obrotowej podczas wypadania z synchronizmu przedstawiono na rysunkach 1–7.



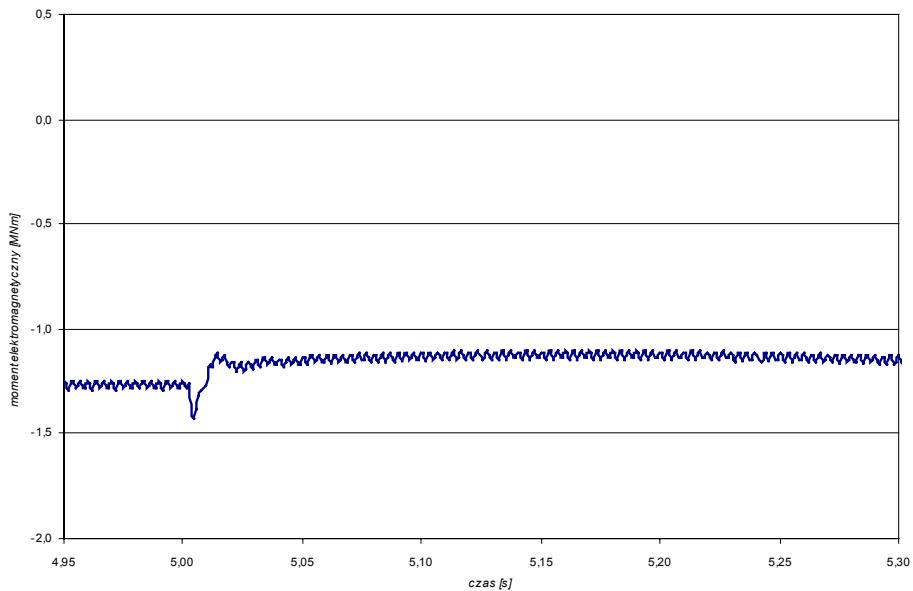
Rys. 1. Prądy stojana podczas zakłócenia
Fig. 1. Stator currents during disturbance



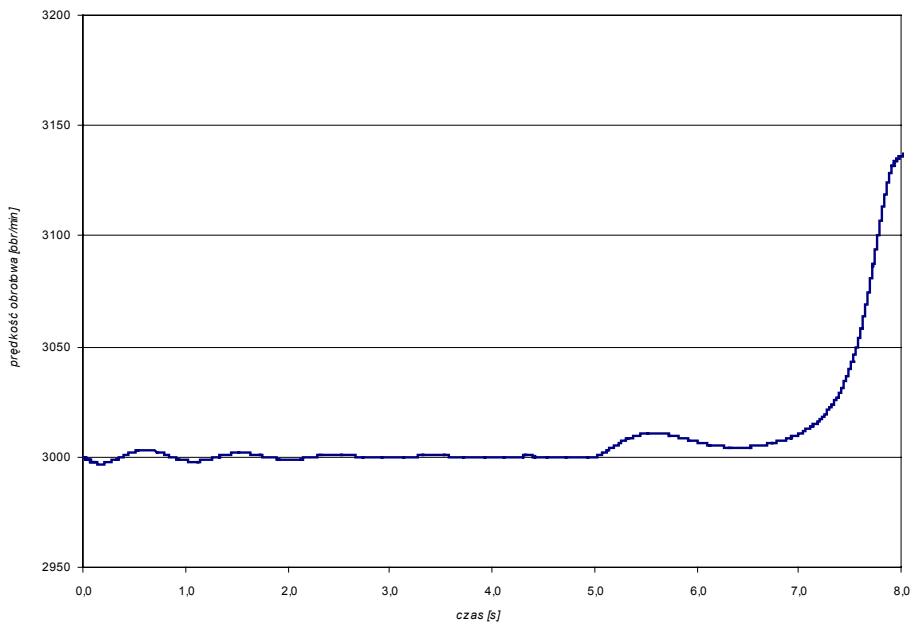
Rys. 2. Prądy stojana podczas zakłócenia (fragment rys. 1)
Fig. 2. Stator currents during disturbance (fragment of fig. 1)



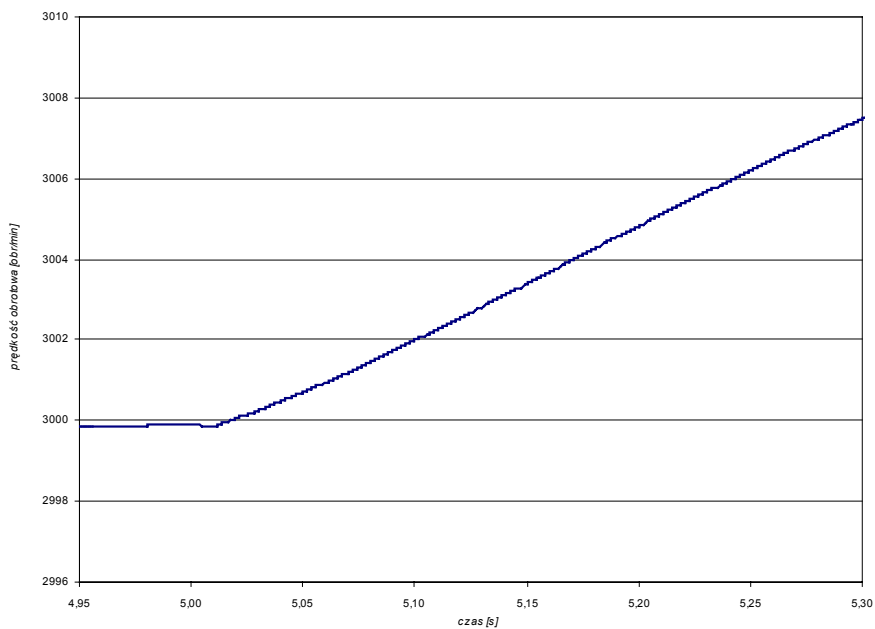
Rys. 3. Moment elektromagnetyczny podczas zakłócenia
Fig. 3. Electromagnetic torque during disturbance



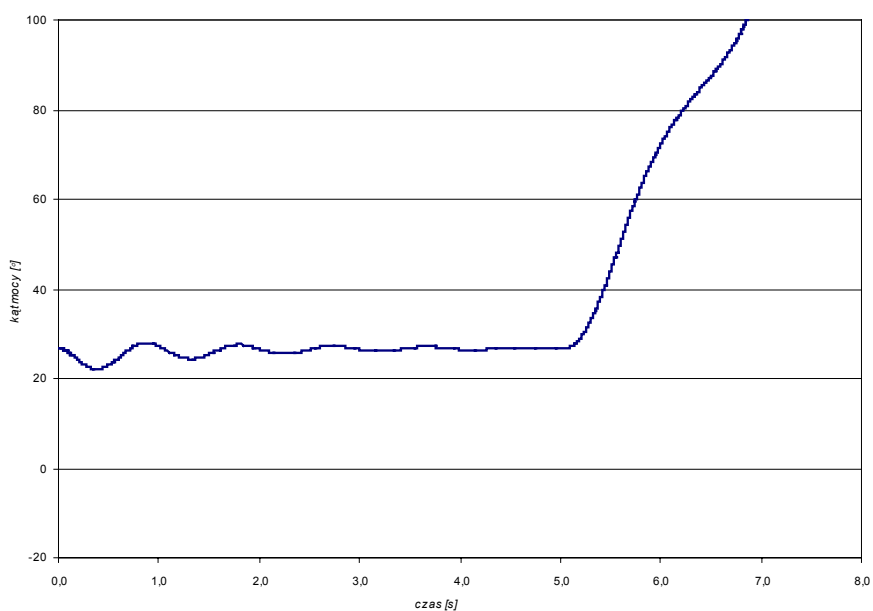
Rys. 4. Moment elektromagnetyczny podczas zakłócenia (fragment rys. 3)
Fig. 4. Electromagnetic torque during disturbance (fragment of fig. 3)



Rys. 5. Prędkość obrotowa podczas zakłócenia
Fig. 5. Rotating speed during disturbance



Rys. 6. Prędkość obrotowa podczas zakłócenia (fragment rys. 5)
Fig. 6. Rotating speed during disturbance (fragment of fig. 5)



Rys. 7. Kąt mocy podczas zakłócenia
Fig. 7. Power angle during disturbance

3. PODSUMOWANIE

Nagła zmiana parametrów połączenia pomiędzy turbozespołem a sztywną siecią elektroenergetyczną może przyczynić się do pogorszenia stabilności pracy turbogeneratora w systemie elektroenergetycznym. W skrajnym przypadku może być bezpośrednią przyczyną utraty tej stabilności.

Praca naukowa finansowana przez Narodowe Centrum Nauki w Krakowie ze środków na naukę w latach 2011–2013 jako projekt badawczy Nr 3141/B/T02/2011/40.

LITERATURA

- [1] ANDERSON P., FOUAD A., *Power system control and stability*, IEEE Press, New York 2003.
- [2] BYERLY R., KIMBARK E., *Stability of large electric power systems*, IEEE Press, New York 1974.
- [3] DEMENKO A., *Obwodowe modele układów z polem elektromagnetycznym*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2004.
- [4] GOMES S., MARTINS N., PORTELA C., *Computing small-signal stability boundaries for large-scale power systems*, IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 18, No. 2, May 2003, pp. 747–752.
- [5] KISIELEWSKI P., ANTAL L., *Zakłócenia pracy turbogenerators spowodowane zwarziami w systemie elektroenergetycznym*, [w:] *Zagadnienia maszyn, napędów i pomiarów elektrycznych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2007, s. 47–55.
- [6] ROGERS G., *Power system oscillations*, Kluwer Academic Publishers, Norwell, Massachusetts, 2000.

INFLUENCE OF POWER LINE PARAMETERS FOR STABILITY OF TURBOGENERATOR WORK IN POWER SYSTEM

The paper presents simulation results of the turbogenerator work during parameters change of power line. Article show example of turbogenerator stability loss in power system for violent change of power line parameters.