

Jerzy TCHÓRZEWSKI*
Marcin HOŁOWIENKO*

PARADYMATY ROZWOJOWE W MODELACH SYSTEMU ELEKTROENERGETYCZNEGO. CZĘŚĆ 2. KOMPARATYSTYKA METOD IDENTYFIKACJI

W pracy zamieszczono wybrane wyniki przeprowadzonych badań porównawczych metod i modeli identyfikacji rozwoju krajowego systemu elektroenergetycznego (KSE lub system KSE) na wybranym przykładzie danych liczbowych z lat 1980-2010 [7]. Zaproponowano algorytmy identyfikacji, a następnie przeprowadzono identyfikację z wykorzystaniem m.in metody arx, armax, ar, bj uzyskując modele rozwoju KSE. Porównano też metody z punktu widzenia wykorzystania otrzymanych modeli do projektowania rozwoju systemu KSE. Do przeprowadzenia identyfikacji wykorzystano środowisko MATLABAi Simulinka z System Identification Toolboxem stosując metody identyfikacji takie jak: arx (ang. *AutoRegressive with eXogenous input*) model autoregresji z zewnętrznym wymuszeniem, armax (ang. *AutoRegressive Moving Average with eXogeneous input*), oe (ang. output error) model błędu wejściowego oraz bj model Box-Jenkinsa. Identyfikację przeprowadzono w 8 eksperymentach, a uzyskane wyniki wykorzystano do badań porównawczych, które przeprowadzono w Simulinku budując odpowiednie modele w postaci schematów blokowych.

1. PROJEKTOWANIE I SYMULACJA ROZWOJU KSE

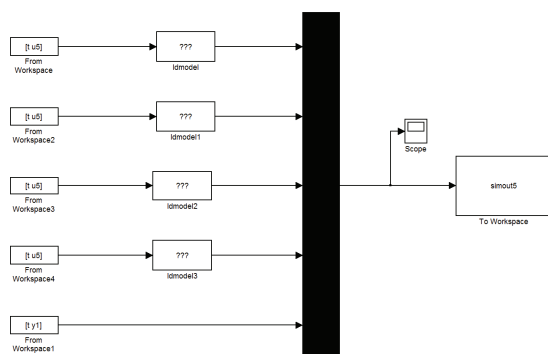
W Simulinku istnieje możliwość projektowania modeli dynamicznych rozwoju systemu KSE na bazie predefiniowanych bloków funkcjonalnych umieszczonych w bibliotekach lub na bazie zdefiniowanych bloków w postaci m-plików. Wykorzystując ww. unikatowe możliwości Simulinka dokonano komparatystyki uzyskanych wyników identyfikacji budując modele schematów blokowych rozwoju systemu KSE [3, 8-13]. Okazało się, że symulacja rozwoju systemu KSE z wykorzystaniem Simulinka umożliwia badanie poprawności modelu rozwoju systemu KSE oraz badanie jego wrażliwości. W celu pokazania możliwości wykorzystania metod identyfikacji opracowano schemat blokowy w Simulinku [3, 8-13] (rys. 1), którego celem było pokazanie, która z metod identyfikacji spośród metod arx, armax, bj, oe generuje model rozwoju systemu KSE najbardziej zbliżony do systemu rzeczywistego.

* Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach.

Na bazie schematu blokowego o strukturze jak na rys. 1 przeprowadzono łącznie osiem eksperymentów symulacyjnych celem porównania zachowania się ww. czterech modeli między sobą oraz w stosunku do systemu KSE dla wyjścia y_1 reprezentującego liczbę odbiorców energii elektrycznej, przy różnej liczbie zmiennych wejściowych (zmienianej od jednego wejścia dla eksperymentu 1 aż dla ośmiu wejść dla eksperymentu 8) [3]:

- u_1 - przychody ogółem [tys. zł],
- u_2 - moc zainstalowana na koniec roku [MW],
- u_3 - liczba zatrudnionych osób w systemie KSE [osoby],
- u_4 - import energii elektrycznej [GWh],
- u_5 - produkcja energii elektrycznej [GWh],
- u_6 - liczba elektrowni [szt.],
- u_7 - liczba turbozespołów [szt.],
- u_8 - liczba kotłów [szt.].

Uzyskane wyniki komparatystyki wyników symulacji zamieszczono w tabeli 1. Eksperyment pierwszy identyfikacji KSE typu SISO (E1) przeprowadzony dla jednej wielkości wejściowej u_1 (przychody ogółem [tys. zł]) i jednej wielkości wyjściowej y_1 (liczba odbiorców elektrycznych [szt.]) pokazał, że najlepsze wyniki można otrzymać stosując metody: oe i bj. Podobne wyniki dał eksperyment 2 (E2), gdzie wielkościami wejściowymi były: u_1 - przychody ogółem [tys. zł], u_2 - moc zainstalowana na koniec roku [MW] a wielkością wyjściową y_1 - liczba odbiorców elektrycznych [szt.].



Rys. 1. Struktura schematu blokowego w Simulinku wykorzystywanego w poszczególnych 8 eksperymentach. Oznaczenia: t - czas, y_1 - liczba odbiorców energii elektrycznej [szt.], u_1 - przychody ogółem [tys. zł], u_2 - moc zainstalowana na koniec roku [MW], u_3 - liczba zatrudnionych osób w KSE [osoby], u_4 - import energii elektrycznej [GWh], u_5 - produkcja energii elektrycznej [GWh], u_6 - liczba elektrowni [szt.], u_7 - liczba turbozespołów [szt.], u_8 - liczba kotłów [szt.]

Okazało się w eksperymencie 3 (E3), gdzie wejściami były: u_1 - przychody ogółem [tys. zł], u_2 - moc zainstalowana na koniec roku [MW], u_3 - liczba zatrudnionych osób w systemach elektroenergetycznych [osoby] a wyjściem y_1 - liczba odbiorców elektrycznych [szt.], że metodą dającą najlepsze wyniki jest metoda armax. W eksperymentach 4-8 (E4-E8), gdzie wielkościami wejściowymi były: u_1 - przychody ogółem [tys. zł], u_2 - moc zainstalowana na koniec roku

[MW], u_3 - liczba zatrudnionych osób w systemie KSE [osoby], u_4 - import energii elektrycznej [GWh], u_5 - produkcja energii elektrycznej [GWh], u_6 - liczba elektrowni [szt.], u_7 - liczba turbozespołów [szt.], u_8 - liczba kotłów [szt.] a wyjściem: y_1 - liczba odbiorców elektrycznych [szt.] okazało się, że metodą dającą najlepsze wyniki była metoda arx.

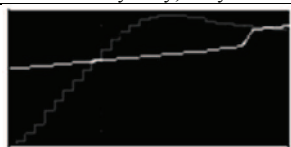
2. PORÓWNANIE METOD I MODELI IDENTYFIKACJI

Porównanie metod i modeli identyfikacji przeprowadzono z wykorzystaniem 4 metod: arx (Auto-Regresive eXogenous), armax (Auto-Regresive Moving Average eXogenous), Wyjście-Error (oe), Model Box-Jenkins (bj) w dwóch wymiarach, w zakresie porównania wyników identyfikacji jako uzyskanych modeli w SIT oraz porównania samych modeli systemów zaprojektowanych w Simulinku [1-4, 8-13,15], przy czym okazało się, że najlepszymi okazały się w przypadku eksperymentu:

- E1 modele oe oraz bj (oba modele - 83,43 %), a najgorszy arx (76,24 %),
- E2 modele oe oraz bj (oba modele - 86,62 %), a najgorszy armax (76,24 %),
- E3 model ARMAX (89,04 %) a najgorszy oe (71,85 %) oraz model bj (71,85 %),
- E4 model arx (92,72 %) a najgorszy oe (70,12 %) oraz model bj (70,12 %),
- E5 model arx (96,58 %) a najgorszy oe (71,38 %) oraz model bj (71,38 %),
- E6 model arx (97,17 %) a najgorszy oe (81,77 %) oraz model bj (81,77 %),
- E7 model arx (96,69 %) a najgorszy oe (85 %) oraz model bj (85 %),
- E8 model arx (94,08 %) a najgorszy oe (85,9 %) oraz model bj (85,9 %).

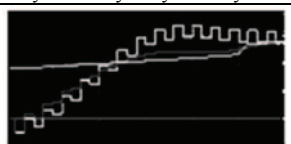
Tabela 1. Komparatystyka zmiennej wyjściowej modeli identyfikacyjnych w Simulinku

E1 – Komparatystyka modeli w stosunku do systemu KSE dla wejścia u_1 . Najwyższą zgodność z danymi rzeczywistymi otrzymano w wyniku zastosowania modeli oe i bj w wysokości 83,43%. Oznaczenia: zielony - model rzeczywisty, żółty – model arx lub armax, czerwony – model oe, niebieski - model bj



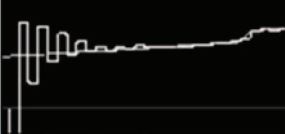



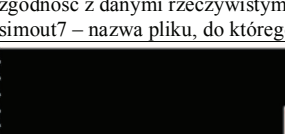
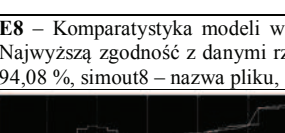
Oznaczenia: y_1 – dane rzeczywiste (liczba odbiorców ee [szt.]), u_1 – przychody ogółem [tys. zł], arxjeden441 – model arx, amxjeden2221 – model armax, bjjeden2221 – model bj, oejeden221 – model oe, simout1 – nazwa pliku, do którego przenoszone są wyniki w Workspace. Przebieg charakterystyk wyjściowych y_1 dla modeli oe i bj (charakterystyki się pokrywają).

E2 – Komparatystyka modeli w stosunku do systemu KSE dla 2 wejść: u_1 oraz u_2 . Najwyższą zgodność z danymi rzeczywistymi otrzymano w wyniku zastosowania modeli oe i bj w wysokości odpowiednio 86,62%.



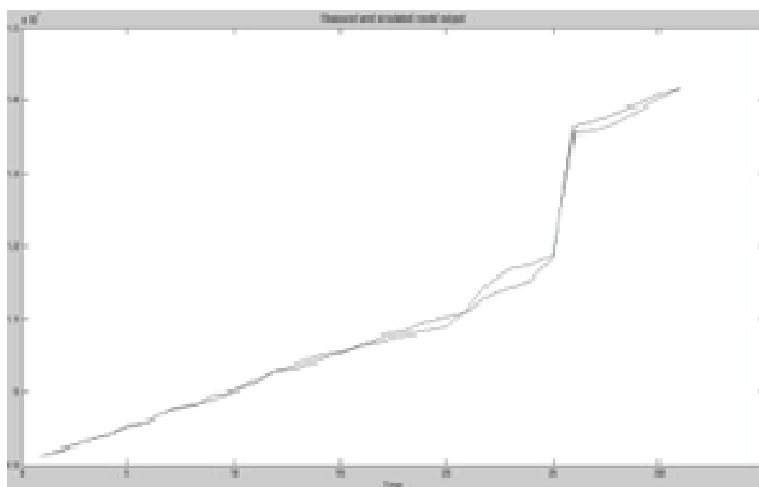
Oznaczenia: y_1 – liczba odbiorców ee [szt.], u_1 – przychody ogółem [tys. zł], u_2 - moc zainstalowana na koniec roku [MW], arxdwa441 – model arx, amxdwa2221 – model armax, bjdwa2221 – model bj, oedwa221 – model oe, simout2 – nazwa pliku, do którego przenoszone są wyniki w Workspace.

E3 – Komparatystyka modeli w stosunku do systemu KSE dla 3 wejść: u_1 , u_2 oraz u_3 . Najwyższą zgodność z danymi rzeczywistymi otrzymano w wyniku zastosowania modelu armax w wysokości 89,04 %.

	<p>Oznaczenia: y_1 – liczba odbiorców ee [szt.], u_1 – przychody ogółem [tys. zł], u_2 - moc zainstalowana na koniec roku [MW], u_3- liczba zatrudnionych osób w systemie EE [osoby], arxrzy441 – model arx, amxrzy2221 – model armax, bjrzy2221 – model bj, oerzy221 – model oe, simout3 – nazwa pliku, do którego przenoszone są wyniki w Workspace.</p>
<p>E4 – Komparatystyka modeli w stosunku do systemu KSE dla 4 wejść u_1, u_2, u_3 oraz u_4. Najwyższą zgodność z danymi rzeczywistymi otrzymano w wyniku zastosowania modelu armax w wysokości 92,72 %.</p>	
	<p>Oznaczenia: y_1 – liczba odbiorców ee [szt.], u_1 – przychody ogółem [tys. zł], u_2 - moc zainstalowana na koniec roku [MW], u_3- liczba zatrudnionych osób w systemie EE [osoby], u_4 - import ee [GWh], arxcztery441 – model arx, amxcztery2221 – model armax, bjcztery2221 – model bj, oecztery221 – model oe, simout4 – nazwa pliku, do którego przenoszone są wyniki w Workspace.</p>
<p>E5 – Komparatystyka modeli w stosunku do systemu KSE dla 5 wejść u_1, u_2, u_3, u_4 oraz u_5. Najwyższą zgodność z danymi rzeczywistymi otrzymano w wyniku zastosowania modelu arx w wysokości 96,58 %.</p>	
	<p>Oznaczenia: y_1 – liczba odbiorców ee [szt.], u_1 – przychody ogółem [tys. zł], u_2 - moc zainstalowana na koniec roku [MW], u_3 - liczba zatrudnionych osób w systemie EE [osoby], u_4 - import ee [GWh], u_5 - produkcja ee [GWh], arxpiec441 – model arx, amxpiec2221 – model armax, bjpiec2221 – model bj, oepiec221 – model oe, simout5 – nazwa pliku, do którego przenoszone są wyniki w Workspace.</p>
<p>E6 – Komparatystyka modeli w stosunku do systemu KSE dla 6 wejść u_1, u_2, u_3, u_4, u_5 oraz u_6. Najwyższą zgodność z danymi rzeczywistymi otrzymano w wyniku zastosowania modelu arx w wysokości 97,17 %.</p>	
	<p>Oznaczenia: y_1 – liczba odbiorców ee [szt.], u_1 – przychody ogółem [tys. zł], u_2 - moc zainstalowana na koniec roku [MW], u_3 - liczba zatrudnionych osób w systemie KSE [osoby], u_4 - import ee [GWh], u_5 - produkcja ee [GWh], u_6 - liczba elektrowni [szt.], arxszesc613 – model arx, amxszesc2221 – model armax, bjszesc12221 – model bj, oeszesc111 – model oe, simout6 – nazwa pliku, do którego przenoszone są wyniki w Workspace.</p>
<p>E7 – Komparatystyka modeli w stosunku do systemu KSE dla 7 wejść: $u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6$ oraz u_7. Najwyższą zgodność z danymi rzeczywistymi otrzymano w wyniku zastosowania modelu arx w wysokości 96,69 %, simout7 – nazwa pliku, do którego przenoszone są wyniki w Workspace.</p>	
	<p>Oznaczenia: y_1 - liczba odbiorców energii elektrycznej [szt.], u_1 – przychody ogółem [tys. zł], u_2 - moc zainstalowana na koniec roku [MW], u_3 - liczba zatrudnionych osób w systemach EE [osoby], u_4 - import ee [GWh], u_5 - produkcja ee [GWh], u_6 - liczba elektrowni [szt.], u_7 - liczba turbozespołów [szt.], arxsiedem615 – model arx, amxsiedem2221 – model armax, bjsiedem12221 – model bj, oesiedem111 – model oe,</p>
<p>E8 – Komparatystyka modeli w stosunku do systemu KSE dla 8 wejść $u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6, u_7$ oraz u_8. Najwyższą zgodność z danymi rzeczywistymi otrzymano w wyniku zastosowania modelu arx w wysokości 94,08 %, simout8 – nazwa pliku, do którego przenoszone są wyniki w Workspace.</p>	
	<p>Oznaczenia: y_1 – liczba odbiorców ee [szt.], u_1 – przychody ogółem [tys. zł], u_2 - moc zainstalowana na koniec roku [MW], u_3 - liczba zatrudnionych osób w systemie EE [osoby], u_4 - import ee [GWh], u_5 - produkcja ee [GWh], u_6 - liczba elektrowni [szt.], u_7 - liczba turbozespołów [szt.], u_8 - liczba kotłów elektroenergetycznych [szt.], arxosiem514 – model arx, amxosiem2221 – model armax, bjosiem12221 – model bj, oeosiem111 – model oe.</p>

W wyniku komparatystyki ww. czterech modeli zaprojektowanych w Simulinku (arx, armax, bj, oe) najlepszym okazały się odpowiednio badane modele SISO oraz MISO [5, 6, 8-13]: arx dla modeli o czterech i więcej

wejściach, armax dla modeli z trzema wejściami, oe i bj dla modeli z jednym i dwoma wejściami oraz odpowiednio najgorszymi okazały się modele oe i bj dla modeli powyżej trzech wejść oraz model arx dla jednego wejścia i model armax dla dwóch wejść. Komparatywka metod identyfikacji [3-4, 8-13, 15] potwierdziła, że najlepsze wyniki wynikają z zastosowania do identyfikacji metody arx (dla 8 wejść – rys. 3).



Rys. 3. Model rozwoju KSE uzyskany metodą arx dla 8 wielkości wejściowych (model arxosiem514)

Tabela 2. Zestawienie wyników identyfikacji systemu KSE

wielomian		ARX arxy1415	ARMAX amxy12221	OE oey1111	BJ bjy112211
A(q)	q^0	1	1	1	1
	q^{-1}	-0,3089	-0,04028	0	0
	q^{-2}	2,708	-0,05894	0	0
	q^{-3}	-0,2805	0	0	0
	q^{-4}	-0,3024	0	0	0
B1(q)	q^{-1}	0	3073	273,5	273,5
	q^{-2}	0	-3043	0	0
	q^{-3}	0	0	0	0
	q^{-4}	0	0	0	0
	q^{-5}	-342,7	0	0	0
B2(q)	q^{-1}	0	254,6	67,74	67,74
	q^{-2}	0	-46,53	0	0
	q^{-3}	0	0	0	0
	q^{-4}	0	0	0	0
	q^{-5}	-179	0	0	0

B3(q)	q^{-1}	0	23,5	-172,3	-172,3
	q^{-2}	0	181,2	0	0
	q^{-3}	0	0	0	0
	q^{-4}	0	0	0	0
	q^{-5}	-33,29	0	0	0
B4(q)	q^{-1}	0	-249,8	-16,05	-16,05
	q^{-2}	0	252,2	0	0
	q^{-3}	0	0	0	0
	q^{-4}	0	0	0	0
	q^{-5}	-62,44	0	0	0
B5(q)	q^{-1}	0	197	64,36	64,36
	q^{-2}	0	171,9	0	0
	q^{-3}	0	0	0	0
	q^{-4}	0	0	0	0
	q^{-5}	-52,08	0	0	0
B6(q)	q^{-1}	0	1071	2076	2076
	q^{-2}	0	6911	0	0
	q^{-3}	0	0	0	0
	q^{-4}	0	0	0	0
	q^{-5}	3628	0	0	0
B7(q)	q^{-1}	0	136300	1511	1511
	q^{-2}	0	-244000	0	0
	q^{-3}	0	0	0	0
	q^{-4}	0	0	0	0
	q^{-5}	300500	0	0	0
B8(q)	q^{-1}	0	-27960	11120	11120
	q^{-2}	0	5512	0	0
	q^{-3}	0	0	0	0
	q^{-4}	0	0	0	0
	q^{-5}	-32000	0	0	0
C(q)	q^0	0	1	0	1
	q^{-1}	0	-0,6232	0	-0,9828
	q^{-2}	0	-0,3768	0	-0,01715
D(q)	q^0	0	0	0	1
	q^{-1}	0	0	0	-1,164
	q^{-2}	0	0	0	0,5305
F1(q)	q^0	0	0	1	1
	q^{-1}	0	0	-0,9178	-0,9178
F2(q)	q^0	0	0	1	1
	q^{-1}	0	0	-0,9954	-0,9954
F3(q)	q^0	0	0	1	1
	q^{-1}	0	0	0,3138	0,3138
F4(q)	q^0	0	0	1	1
	q^{-1}	0	0	-0,868	-0,868
F5(q)	q^0	0	0	1	1
	q^{-1}	0	0	-0,637	-0,637

F6(q)	q^0	0	0	1	1
	q^{-1}	0	0	-0,9984	-0,9984
F7(q)	q^0	0	0	1	1
	q^{-1}	0	0	-0,9138	-0,9138
F8(q)	q^0	0	0	1	1
	q^{-1}	0	0	-0,8132	-0,8132
Błąd		Loss function 4.29862e+010 FPE 7.62659e+010	Loss function 5.136e+019 FPE 1.08033e+020	Loss function 3.36231e+010 FPE 3.36231e+010	Loss function 3.36231e+010 FPE 3.36231e+010
Zgodność		74,66%	83,64%	83,64%	83,64%

3. WNIOSKI I KIERUNKI DALSZYCH BADAŃ

W modelowaniu rozwoju systemów technicznych, w tym systemu KSE wykorzystywane są różne metody analityczne [5-6, 15]. Jednakże w przypadku badania prawidłowości rozwoju systemu KSE okazują się one niewystarczające. Wówczas jedyną metodą jest metoda modelowania eksperymentalnego nazywana po prostu identyfikacją [1-2, 4, 6-13, 15]. Zaproponowane algorytmy identyfikacji, a następnie przeprowadzona identyfikacja z wykorzystaniem m.in. metody arx, armax, ar, bj pokazało przydatność metod z punktu wykorzystania ich w identyfikacji rozwoju KSE [3, 8-13].

Porównanie ww. metod z punktu widzenia wykorzystania otrzymanych modeli do projektowania rozwoju systemu KSE pokazuje najwyższe walory metody arx. Identyfikację przeprowadzono w 8 eksperymentach, a uzyskane wyniki wykorzystano do badań porównawczych, które przeprowadzono w Simulinku budując odpowiednie modele w postaci schematów blokowych [3, 8-13]. W wyniku identyfikacji przeprowadzonej dla 8 eksperymentów identyfikacyjnych przy wykorzystaniu 4 metod identyfikacji arx, armax, bj i oe najlepsze wyniki otrzymano w wyniku zastosowania do identyfikacji ww. metody arx [3, 8-13].

Badanie modeli pokazało też pewne paradygmaty rozwoju, do których można zaliczyć m.in.: możliwość uwzględniania w modelach arx wpływu danych wejściowych u_1 - u_8 sprzed 5 lat na liczbę odbiorców energii elektrycznej wyrażonym przez człon $B5(q)$ wielomianu związany z q^{-5} oraz liczba odbiorców w poszczególnych 5 latach poprzedzających prognozowany rok.

Z porównania wpływu liczby zmiennych wejściowych na przebieg zmian liczby odbiorców w latach 1980-2010 wynika wzrost szybkości i stopnia zgodności modelu systemu KSE w systemem rzeczywistym. Przy 8 zmiennych wejściowych uzyskuje się wysoki stopień dopasowania w modelu arx w wysokości 94,08%.

Dalsze badania ww. zakresie powinny dotyczyć analizy wrażliwości wpływu poszczególnych zmiennych wejściowych na modele rozwoju.

LITERATURA

- [1] Brown Do Coutto Filho M., Cesar Stacchini de Souza J., Forecasting-Aided State Estimation – Part I: Panorama, IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 24, No. 4, Nov. 2009, pp. 1667-1677.
- [2] Brown Do Coutto Filho M., Cesar Stacchini de Souza J., Sergio Freund R., Forecasting-Aided State Estimation – Part II: Implementation, IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 24, No. 4, Nov. 2009, pp. 1678-1685.
- [3] Hołowienko M., Komparatystryka metod identyfikacji rozwoju systemu elektroenergetycznego z wykorzystaniem System Identification Toolboxa. Praca magisterska napisana pod kierunkiem dr inż. Jerzego Tchórzewskiego na kierunku informatyka Wydziału Nauk Ścisłych UPH. Siedlce 2012.
- [4] Janiszewski K.: Identyfikacja modeli parametrycznych w przykładach. Wydawnictwo EXIT, Warszawa 2002.
- [5] Kaczorek T., Dzieliński A., Dąbrowski W., Łopatka R., Podstawy teorii sterowania. WNT. Warszawa 2005.
- [6] Staniszewski R., Sterowanie procesem eksploatacji. WNT. Warszawa 1990.
- [7] *Statystyka Elektroenergetyki Polskiej*. Wydawnictwo Zjednoczenia Energetyków, Centrum Informatyki Energetyki, ARE S.A., Warszawa 1981-2011.
- [8] Tchórzewski J., Identyfikacja i interpretacja rozwoju krajowego systemu elektroenergetycznego. Część 2. Model ss. Poznan University of Technology. Academic Journal. Electrical Engineering. Wyd. PP, Poznań 2012.
- [9] Tchórzewski J.: Identification of Electric Power System from the Point of View of Development. *Polish Journal of Environmental Studies*. Vol. 18, 2009.
- [10] Tchórzewski J.: Rozwój systemu elektroenergetycznego z punktu widzenia efektywności i bezpieczeństwa. OW PWR., Wrocław (monografia złożona do druku w 2009 r.).
- [11] Tchórzewski J., Paradygmaty rozwojowe w modelach system elektroenergetycznego. Część 1. Metamodelo rozwoju. Poznan University of Technology. Academic Journals. OW PP. Poznań 2013
- [12] Tchórzewski J., Badanie prawidłowości rozwoju systemu elektroenergetycznego. Wybrane modele rozwoju. Computer Applications in Electrical Engineering. IEEE PP, EEC PAN, IEEE Poland Section, PP, Poznań 2011.
- [13] Tchórzewski J., Electric Power System from the Point of View of Model Development. Part 1. Some Results for the Period of 1946-2007. Computer Applications in Electrical Engineering. IEEE PP, EEC PAN, IEEE Poland Section, PP, Poznań 2010, pp. 111-112.
- [14] Zajczyk R.: Modele matematyczne systemu elektroenergetycznego do badania elektromechanicznych stanów niustalonych i procesów regulacyjnych. Wyd. PG. Gdańsk 2003.
- [15] Zimmer A., Englot A.: Identyfikacja obiektów i sygnałów. Teoria i praktyka dla użytkowników MATLABA, Politechnika Krakowska. Kraków 2005.

**PARADIGMS DEVELOPMENT MODELS POWER SYSTEM.
PART 2 COMPARATIVE METHODS FOR THE IDENTIFICATION**

The paper presents some results of comparative studies on the identification of methods and models applied to build a model for development of the power system (or system EE) on the selected numerical example. Identification algorithms have been developed and were identified using the method m.in arx, ARMAX, ar, bj obtain models of KSE. It was also an attempt to compare the methods in terms of the use of models to design received the development of the EE. In order to carry out the experiments, identification numbers, data from the years 1980-2010 published including in the annals of Polish Electrical Power Engineering Statistics and the Central Statistical Office. Used to carry out the identification of the MATLAB environment Identification System Toolbox. EE system identification was performed using the following identification methods such as arx (autoregressive with exogenous called input) autoregressive model with external forcing, armax (autoregressive called Moving Average with eXogeneous input), for which a substitute in the equation $n_f = n_d = 0$, oe (called output error) model input error $n_c = n_d = 0$, bj Box-Jenkins model, $a_t = 0$ The identification was carried out in five experiments, and the results were used for comparative studies that were conducted in Simulink building appropriate models.