

Prognozowanie krótkoterminowego zapotrzebowania na moc elektryczną metodą ważonych współczynników funkcji autokorelacji cząstkowej

STRESZCZENIE

Prognozowanie krótkoterminowego zapotrzebowania na moc elektryczną w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym, zwłaszcza w horyzoncie następnej doby, ma istotne znaczenie dla zapewnienia jego bezpiecznego funkcjonowania, a w konsekwencji dla ciągłości dostaw energii elektrycznej. Wskazany proces stanowi jedną ze strategicznych kompetencji każdego operatora systemu elektroenergetycznego. Wobec zmian legislacyjnych, technologicznych, cybernetycznych, klimatycznych i społecznych jest do nich adaptowany i doskonalony, co wskazuje na potrzebę modyfikacji istniejących metod prognozowania i poszukiwanie nowych rozwiązań.

Przedmiotem badań zrealizowanych w rozprawie doktorskiej było krótkoterminowe prognozowanie zapotrzebowania na moc elektryczną w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym dla każdej godziny doby, ze szczególnym uwzględnieniem pierwszych sześciu godzin doby. Szczególnej analizie poddano zagadnienia dynamiki zmian wielkości zapotrzebowania na moc elektryczną w poszczególnych godzinach doby w latach 2009-2018 z uwzględnieniem dni świątecznych i niestandardowych. Analizie poddano środki pokrywania zapotrzebowania na moc elektryczną w systemie elektroenergetycznym oraz umiejscowiono rozważane zagadnienie w kontekście ekonometrii i statystyki. Istotny w tym kontekście był przegląd metod analiz i prognozowania krótkoterminowego zapotrzebowania na moc stosowanych dla elektroenergetycznych systemów dystrybucyjnych i przesyłowych.

Głównym celem badań przeprowadzonych w rozprawie doktorskiej było opracowanie nowej metody autoregresyjnej do prognozowania zapotrzebowania na moc elektryczną, cechującą się co najmniej dopuszczalną jakością prognoz, ze szczególnym uwzględnieniem pierwszych sześciu godzin doby oraz dni świątecznych i niestandardowych. Metoda ta ma na celu zapewnić poprawę skuteczności prognozowania oraz będzie stanowiła środek wspomagający proces prognozowania dla wszystkich godzin doby w sytuacjach zakłóceń w pozyskiwaniu danych do modeli prognostycznych wykorzystujących dane zewnętrzne inne niż dane o historycznych wartościach analizowanego parametru.

Do rozwiązania postawionego problemu badawczego i osiągnięcia założonych celów zastosowano odpowiednią metodykę badawczą, bazującą na ważonych współczynnikach funkcji autokorelacji cząstkowej. Opracowano model matematyczny do krótkoterminowego prognozowania zapotrzebowania na moc elektryczną w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym wykorzystujący wyłącznie dane historyczne, odzwierciedlające godzinowe wartości zapotrzebowania na moc. Model został zaimplementowany w programie MS Excel[®], a wartości współczynników funkcji autokorelacji cząstkowej obliczane były w pakiecie STATISTICA[®], zgodnie z przyjętymi założeniami teoretycznymi. Przygotowano również zestaw testów walidacyjnych dla zaproponowanej metody. Opracowana metoda została przetestowana na Krajowym Systemie Elektroenergetycznym oraz systemach Szwecji i Francji. Ponadto, została ona porównana do osiemdziesięciu wybranych modeli prognostycznych z grupy metod autoregresyjnych, wykorzystując dane historyczne systemu krajowego.

Analiza uzyskanych wyników prognoz obejmowała przede wszystkim ocenę dopuszczalności i skuteczności metody, w podziale na pierwsze sześć godzin doby i pozostałych osiemnaście godzin doby oraz dla dni świątecznych i niestandardowych.

Najważniejsze wnioski płynące z przeprowadzonych sformułowano w następujący sposób:

- wyniki analizy pozytywnie zweryfikowały dopuszczalność i skuteczność uzyskiwanych prognoz krótkoterminowego zapotrzebowania na moc elektryczną, z uwzględnieniem specyfiki procesu prognostycznego stosowanego przez polskiego Operatora Systemu Przesyłowego oraz w analizowanych systemach zagranicznych;
- opracowana metoda, dzięki zastosowaniu hybrydowego połączenia z wynikami prognozowania uzyskiwanymi przez krajowego Operatora Systemu Przesyłowego, pozwala na zwiększenie całkowitej skuteczności prognozowania, co zostało zwalidowane dla dziesięcioletniego okresu analizy;
- zastosowanie opracowanej metody, w porównaniu do wytypowanego zbioru osiemdziesięciu wybranych modeli prognostycznych wykorzystujących podejście autoregresyjne, pozwala na uzyskanie (w wybranych typach dni) prognoz skuteczniejszych niż niskonakładowa metoda naiwna; opracowana metoda jest jednocześnie skuteczniejsza niż zaawansowana i uznana metoda ARIMA;
- opracowana metoda bazująca na ważonych współczynnikach funkcji autokorelacji cząstkowej pozwala na uzyskanie większej skuteczności niż większość wybranych modeli autoregresyjnych poddanych analizie porównawczej, z zachowaniem najmniejszej czasochłonności przy jednoczesnym spełnieniu założonego kryterium dopuszczalności;
- zaproponowana metoda jest elastyczna i nie jest dedykowana jedynie charakterowi przebiegów obciążenia systemu elektroenergetycznego w Polsce.

Należy podkreślić, że przeprowadzone w rozprawie doktorskiej badania, opracowana metoda oraz uzyskane wyniki mają charakter aplikacyjny, zwłaszcza w kontekście dynamicznego rozwoju energetyki prosumenckiej, zakłóceń w ciągłości telekomunikacyjnej i zagrożeń cybernetycznych, zarówno w odniesieniu do zapotrzebowania na moc elektryczną, jak i innych parametrów opisujących pracę Krajowego Systemu Elektroenergetycznego w horyzoncie krótkoterminowym.