



POLITECHNIKA POZNAŃSKA
Wydział Automatyki, Robotyki i Elektrotechniki
Instytut Elektrotechniki i Elektroniki Przemysłowej



mgr inż. Piotr KUWAŁEK

dziedzina: Nauki Inżynieryjno-Techniczne
dyscyplina: Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika

Tytuł rozprawy doktorskiej:
Diagnostyka wahań napięcia ukierunkowana na identyfikację i lokalizację uciążliwych odbiorników w sieciach elektroenergetycznych

Opis dorobku i osiągnięć naukowych oraz dydaktycznych

Poznań, 2021

Streszczenie

Rozprawa doktorska zatytułowana “Diagnostyka wahań napięcia ukierunkowana na identyfikację i lokalizację uciążliwych odbiorników w sieciach elektroenergetycznych”, jest monotematycznym cyklem publikacji, w której przedstawiono nowe podejście umożliwiające selektywną identyfikację i lokalizację źródeł wahań napięcia występujących w sieciach elektroenergetycznych o znanej topologii, bazując na symulacyjnie wykonanych pomiarach w poszczególnych punktach sieci elektroenergetycznej. Przedstawione podejście uwzględnia między innymi źródła wahań napięcia, które zmieniają swój stan z częstotliwością do $3f_c$, gdzie f_c jest częstotliwością sieciową, która w Europie wynosi 50 Hz. Zaproponowany autorski algorytm składa się z trzech bloków. W pierwszym bloku zarejestrowane chwilowe wartości napięć są poddawane procesowi demodulacji z użyciem autorskiej metody demodulacji amplitudy z estymacją przebiegu nośnego, umożliwiającą odtworzenie przebiegu modulującego o częstotliwości większej od częstotliwości nośnej równej częstotliwości sieciowej f_c . W drugim bloku estymowane przebiegi modulujące poddawane są procesowi dekompozycji z użyciem ulepszonej empirycznej transformaty falkowej (EEWT), która umożliwia estymację sygnałów składowych skojarzonych z poszczególnymi źródłami zakłóceń w sieci, nawet w przypadku gdy analizowany sygnał jest zaszumiony i niestacjonarny. Na podstawie estymowanych sygnałów składowych wypadkowego sygnału modulującego wyznaczone są wybrane parametry skojarzone z poszczególnymi źródłami zakłóceń w sieci. Wybrane parametry to m.in. częstotliwość zmian stanu źródła zakłóceń oraz amplituda wywoływanych przez nich zmian napięcia. W ostatnim bloku na podstawie estymowanych wybranych parametrów skojarzonych z poszczególnymi źródłami zakłóceń dla analizowanych punktów sieci, możliwe jest zidentyfikowanie typu występujących źródeł zakłóceń, bądź ich grupy oraz możliwe jest wskazanie punktów zasilania źródeł zakłóceń bazując na metodzie oceny propagacji wahań napięcia w promieniowej sieci elektroenergetycznej. Przedstawione podejście zaimplementowane w infrastrukturze inteligentnych liczników stwarza bezpośrednią możliwość automatycznej lokalizacji źródeł wahań napięcia bez dodatkowej wiedzy eksperckiej. Uwzględniając konieczność modyfikacji infrastruktury pomiarowo-rejestrującej w celu wdrożenia proponowanego podejścia, opracowano proces kodowania z użyciem wskaźników wahań napięcia, które są rejestrowane przez istniejącą infrastrukturę pomiarowo-rejestrującą. Na podstawie zarejestrowanych wskaźników wahań napięcia możliwe jest odtworzenie zmienności napięcia. W poszczególnych pracach składających się na monotematyczny cykl publikacji stanowiący rozprawę doktorską, przedstawiono walidację dla poszczególnych bloków, jak i całego proponowanego podejścia. Realizowana walidacja obejmowała numeryczne badania symulacyjne, badania laboratoryjne na modelach sygnałowych oraz badania eksperymentalne w rzeczywistej sieci elektroenergetycznej.

Do rozprawy doktorskiej opracowano autoreferat składający się z pięciu rozdziałów. W rozdziale 1 przedstawiono uzyskane tytuły oraz stopnie naukowe. W rozdziale 2 przedstawiono informację o zatrudnieniu. W rozdziale 3 przedstawiono ogólny przegląd osiągnięć naukowych. W rozdziale 4 przedstawiono opis poszczególnych publikacji wchodzących w skład monotematycznego cyklu publikacji stanowiącego rozprawę doktorską. W rozdziale 5 przedstawiono pozostałe osiągnięcia naukowo-badawcze i dydaktyczne.

Abstract

The Ph.D. dissertation, which is entitled “Diagnostics of voltage fluctuations focused on identification and localization of disturbing loads in power grids”, is the mono–thematic series of publications, which presents a new approach allowing for the selective identification and localization of voltage fluctuations sources occurring in power grids with a known topology. The presented approach considers, inter alia, voltage fluctuations sources that change their operating state with a frequency of up to $3f_c$, where f_c is the power frequency, which is 50 Hz in Europe. The proposed proprietary algorithm consists of three blocks. In the first block, the recorded sampled voltage are demodulated using a proprietary amplitude demodulation method with carrier signal estimation, allowing the estimation of modulating signal with a frequency greater than the carrier frequency equal to the power frequency f_c . In the second block, the estimated modulating signals are decomposed using an enhanced empirical wavelet transform (EEWT), which allows for the estimation of component signals associated with individual disturbance sources in the power grid, even in the case when analyzed signals are noisy and non-stationary. On the basis of estimated component signals of the resultant modulation signal, selected parameters associated with individual disturbing sources in the power grid are determined. The selected parameters include frequency of changes in the operating state of disturbing sources and the amplitude of voltage changes caused by them. In the last block, on the basis of estimated selected parameters associated with individual disturbing sources for the analyzed power grid points, it is possible to identify the type of disturbing loads or their group, and it is possible to indicate supply points of disturbing loads based on the method of assessing voltage fluctuations propagation in radial power grids. The presented approach implemented in the infrastructure of smart meters allows for direct possibility of automatic localization of voltage fluctuations sources without additional expert knowledge. Considering the need to modify the measurement and recording infrastructure in order to implement the proposed approach, an encoding process using voltage fluctuation indices that are recorded by the existing measurement and recording infrastructure has been proposed. On the basis of recorded voltage fluctuation indices, it is possible to recreate the voltage variation. In particular publications contained in the Ph.D. dissertation, validation is presented for individual blocks, as well as for the entire proposed approach. The performed validation included numerical simulation tests, laboratory tests on signal models and experimental tests in the real power grid.

For the Ph.D. dissertation, an independent guide consisting of five sections has been prepared. Section 1 presents the obtained titles and degrees. Section 2 provides information on employment. Section 3 provides a general overview of scientific achievements. Section 4 presents the description of individual publications included in the mono–thematic series of publications. Section 5 presents other scientific, research and didactic achievements.