

Zastosowanie metod uczenia maszynowego do poprawy jakości monitoringu parametrów inteligentnej sieci elektroenergetycznej niskiego napięcia z wykorzystaniem energetycznych linii przesyłowych

Marcin Lisowski

Streszczenie

Celem pracy jest zwiększenie obserwowalności inteligentnej sieci elektroenergetycznej (ang. Smart Grid, SG) poprzez śledzenie zmian w topologii sieci niskiego napięcia (nN) na podstawie wskazań liczników inteligentnych (ang. Smart Meter, SM), wyposażonych w możliwość komunikacji z wykorzystaniem elektroenergetycznych linii przesyłowych (ang. Power Line Communication, PLC) zgodnej ze standardem PRIME. Wprawdzie w zaawansowanej infrastrukturze pomiarowej (ang. Advanced Metering Infrastructure, AMI), będącej kluczowym elementem SG, istnieje teoretyczna możliwość dostarczania operatorowi informacji o zmianach w topologii sieci na podstawie metadanych komunikacji z licznikami, jednakże w praktyce przesłuchy PLC utrudniają ten proces, co owocuje zmniejszeniem możliwości bilansowania sieci, wykrywania defraudacji oraz planowania prac konserwacyjnych. Proponowana przez Autora metoda uczenia maszynowego wykorzystuje elementy programowania stochastycznego do analizy danych pomiarowych z SM w celu dostarczenia operatorowi informacji o zmianach w topologii sieci nN, które zostały utracone w wyniku przesłuchów PLC. Wdrożenie proponowanej metody wiązałoby się jedynie z implementacją specjalnego oprogramowania na serwerach centralnego magazynu danych (ang. Meter Data Management System, MDMS).

W pracy zawarto opis problemu przesłuchów PLC oraz modelu probabilistycznego wykorzystanego do identyfikacji zmian w topologii sieci nN. Skuteczność proponowanej metody została zweryfikowana symulacyjnie z wykorzystaniem danych pomiarowych i topologicznych z roku 2016 z AMI zlokalizowanej w Toruniu, udostępnionych Autorowi przez Energa Operator S.A. W pracy zawarto również metodologię badań, wyniki i wnioski.

Przeprowadzone badania symulacyjne dowodzą, iż zastosowanie metod uczenia maszynowego może zmniejszyć niepożądane skutki przesłuchów PLC i dostarczyć operatorowi istotnych informacji dotyczących topologii sieci nN.

Improvement of Power-Line Communication Enabled Low-Voltage Power Grid Parameter Monitoring with Machine Learning Methods

Marcin Lisowski

Abstract

The goal of the paper is to increase Smart Grid (SG) observability by tracking changes to the Low Voltage (LV) network topology based on quantities indicated by Smart Meters (SM) equipped with Power Line Communication (PLC) capability using the PRIME standard. While an Advanced Metering Infrastructure (AMI), which is a key element of an SG, is theoretically capable of providing LV topology changes based on SM communication metadata, however in practice the process can be strongly impacted by PLC crosstalk, resulting in loss of topology information, which consequently makes it more difficult to balance the network, schedule maintenance and detect fraud. The proposed machine learning method employs stochastic computing methods to analyze energy data measured by SMs in order to recover the LV topology information lost due to PLC crosstalk. Implementing the proposed method would only involve running special software on a Meter Data Management Systems (MDMS) server.

The paper includes a detailed description of the PLC crosstalk problem, along with the probabilistic model that has been used to identify LV network topology changes. The performance of the proposed method was evaluated using a number of simulations based on energy and topology data collected in 2016 in an AMI located in Toruń, Poland. The dataset was provided by Energa operator S.A. Research methodology, simulation results and corresponding conclusions were also included in the paper.

The simulation results suggest that machine learning methods can be used to mitigate undesirable effects of PLC crosstalk and provide the utility company with important information regarding LV topology.