

Prof. dr hab. inż. Jacek MALKO
Politechnika Wrocławska
Instytut Energoelektryki
pl. Grunwaldzki 13
50-377 Wrocław
telef. (+71) 320-26-55, 320-39-52
fax. (+71) 320-39-52
e-mail: jacek.malko@pwr.wroc.pl

Wrocław, dn. 1^{ej} lipca 2013 r.

Adres prywatny:
ul. Jackowskiego 24
51-662 Wrocław
telef. (+71) 347-86-75, 693 748 227

RECENZJA

rozprawy doktorskiej p. mgra inż. Błażeja Olka
OPTIMIZATION OF ENERGY BALANCING AND ANCILLARY SERVICES IN LOW
VOLTAGE NETWORKS
OPTYMALIZACJA BILANSOWANIA ENERGII I REGULACYJNYCH USŁUG
SYSTEMOWYCH W SIECIACH NISKIEGO NAPIĘCIA

1. Podstawa formalna recenzji

Recenzję wykonano na mocy uchwały Rady Wydziału Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki Politechniki Łódzkiej z dnia 2 lipca br., zakomunikowanej pismem Prodziekana tegoż Wydziału z dnia 5 lipca 2013 r.

Rozprawa doktorska pod wyżej podanym tytułem obejmuje ok. 220 stron tekstu zasadniczego oraz bibliografię zagadnienia (18 str. nienumerowanych pozycji cytowanej literatury), jednostronicowe streszczenia w j. polskim i angielskim, słownik akronimów, wykaz publikacji Doktoranta i wykaz konferencji z Jego udziałem, a także spis rysunków i tablic. Daje to w sumie ponadstandardową objętość dysertacji (266 stron), onieśmielając recenzenta w ewentualnym postulowaniu rozwinięcia pewnych wątków pracy.

Ewentualna bariera językowa przy lekturze trudnego w odbiorze tekstu anglojęzycznego jest skutecznie niwelowana obszernym (blisko 60. stronicowym) polskojęzycznym autoreferatem, którego objętość dorównuje niejednej pełnej dysertacji doktorskiej.

2. Sformułowanie zagadnienia naukowego

Przedmiotem pracy jest sprawdzenie realizowalności koncepcji bilansowania energii i pewnej grupy usług systemowych na poziomie lokalnego fragmentu sieci niskiego napięcia o znaczących udziałach generacji rozproszonej (w tym OZE), zasobników energii oraz odbiorów aktywnych. Celem takiego bilansowania, dokonywanego przez lokalny podmiot, określony jako Operator Obszaru Węzłowego (OOW), jest zapewnienie sieci niskiego napięcia niezawodności pracy przy akceptowalnej jakości energii elektrycznej. OOW współpracuje z nadrzędnym Operatorem Koordynacyjnym Sieci (OKS), zarządzającym pracą sieci średnich napięć i zapewniającym bilansowanie sieci niskich (nN) i średnich (SN) napięć. Zastosowane narzędzia analityczne i symulacyjne uwzględniają zasadę rozdzielania obszarów działania podsektorów elektroenergetyki (*unbundlingu*) i zasadę dostępu stron trzecich (*TPA*). Bilansowanie lokalne jest spójne z istniejącym w obszarze sieci przesyłowych rynkiem bilansującym (BPKD) oraz spełnia warunki ekonomicznego rozdziału obciążeń. Regulacyjne usługi systemowe, świadczone przez lokalne źródła generacji rozproszonej, zapewniają lokalną kompensację mocy biernej, redukcję asymetrii oraz ograniczenie udziału wyższych harmonicznych. Dokonano weryfikacji wyników symulacji i skuteczności proponowanego instrumentarium naukowo-badawczego. Zgodnie z kryteriami metodologii pracy naukowej - od ustalenia i uzasadnienia problemu po krytyczną ocenę przebiegu badań własnych i pisemne opracowanie wyników - przedstawiona rozprawa formułuje i rozwiązuje ważne dla teorii i praktyki zagadnienia, czyniąc zadość wymogom naukowostwa.

3. Teza rozprawy

Ten ważny element pracy sprecyzowano na stronie 18 w sposób następujący:

Możliwa jest koordynacja bilansowania energii elektrycznej i regulacyjnych usług systemowych w węzłach niskiego napięcia poprzez zastosowanie metod optymalizacji nieliniowej. Tezy tej dowiedziono w postępowaniu, obejmującym dziesięć kroków swoistej mapy drogowej:

1. Zdefiniowanie warunków pracy sieci w warunkach „unbundlingu” i TPA,
2. Sformułowanie modelu sieci nN o znaczącej penetracji OZE oraz zasobników i przy występowaniu odbiorów zarówno pasywnych jak i aktywnych,
3. Określenie zadań koordynacyjnych węzła nN,
4. Zdefiniowanie zadań OOW,
5. Dobór modeli optymalizacyjnych,
6. Analiza metod optymalizacyjnych, przydatnych w rozwiązywaniu sformułowanego problemu,
7. Wybór metod najbardziej odpowiednich,
8. Zdefiniowanie scenariuszy do symulacji,
9. Przeprowadzenie symulacji,
10. Analiza wyników i rekomendacje dla dalszych badań.

4. Ważność rozważanego zagadnienia naukowego

. Racjonalny rozwój i eksploatacja systemów zaopatrzenia w energię (nie mówiąc już o pozyskiwaniu rozwiązań optymalnych) wymaga wiarygodności stosowanych propozycji modelowych, weryfikowanej rezultatami dla obiektów rzeczywistych lub reprezentatywnych ich odwzorowań. Praca dobrze wpisuje się w nurt eksploracji nowego instrumentarium, przydatnego dla zmiennych uwarunkowań i priorytetów systemów elektroenergetycznych. Przeprowadzenie i analiza symulacji optymalizacyjnych i wykazanie na tej podstawie, że optymalizacja bilansowania w obszarze węzłowym sieci nN prowadzić może do ograniczenia strat sieciowych, poprawy kompensacji mocy biernej, zmniejszenia asymetrii prądowej i napięciowej oraz ograniczenia udziału wyższych harmonicznych, jest w istocie rozwiązaniem ważnego zagadnienia naukowego o znaczących walorach aplikacyjnych.

5. Wykorzystanie źródeł literaturowych

Dowiedzenie tezy rozprawy wymagało doboru źródeł literatury, oddającej trafnie stan wiedzy w specyficznej dziedzinie: blisko 170 przywoływanych w tekście rozprawy pozycji literatury przedmiotu stanowi dostateczną bazę dla oceny „state of the art” i rozwijania własnych koncepcji autorskich. W obecnej redakcji pracy można postulować uwzględnienie dodatkowych (często już historycznych) pozycji bibliograficznych, o których mowa w punkcie 8 niniejszej recenzji

6. Oryginalność rozwiązania zadania naukowego

Restrukturyzacja sektora elektroenergetyki od publicznego przedsiębiorstwa zintegrowanego pionowo i monopolistycznego na obszarze swego działania do swoistej struktury, będącej hybrydą konkurencyjności i monopolu naturalnego wprowadziła jako element kluczowy rynek bilansujący, będącym narzędziem bilansowania popytowo-podażowego. Obecnie rynek bilansujący funkcjonuje wyłącznie w obszarze sieci przesyłowych, ale niezbędne i realizowalne staje się wprowadzenie mechanizmów bilansowania również do obszaru sieci dystrybucyjnych. Potrzeba rozszerzenia instrumentarium badawczego i zarazem eksploatacyjnego nie budzi zatem wątpliwości. Praca stanowi ważny krok w kierunku usuwania ewidentnych słabości istniejącego modelu rynku energii elektrycznej.

7. Umiejętność samodzielnego prowadzenia badań naukowych

Doktorant wykazał swą dojrzałość badawczą, podejmując trudne zagadnienia i z powodzeniem realizując cele cząstkowe, nakreślone w programie pracy i w sposób zgodny z opisanymi w literaturze naukoznawczej fazami metody naukowej. Śledząc drogę rozwoju Doktoranta można wnioskować o Jego samodzielności i inicjatywie w podejmowaniu trudnych zadań.

8. Uwagi dyskusyjne i krytyczne

8.1. Uwaga ogólna

Prace „na stopień”, realizowane ostatnio w uczelniach technicznych (Politechniki: Warszawska, Śląska, Gdańska, Świętokrzyska, Wrocławska) obejmują szerokie spektrum problemów, metod ich rozwiązywania i instrumentarium naukowo-badawczego z szeroko rozumianej dyscypliny elektrotechnika: od analizy i syntezy niezawodności struktur sieciowych przez efektywność rozwoju systemu elektroenergetycznego w warunkach decentralizacji źródeł wytwórczych i programowanie rozwoju sieci elektroenergetycznych aż po regulacyjne usługi systemowe. Cechą wspólną tych prac jest idea „smart”, traktowana jako efektywne narzędzie realizacji celów strategicznych sektora elektroenergetycznego. W tym nurcie mieści się również recenzowana rozprawa, aczkolwiek jej Autor pojęcia „sieci inteligentnej” używa nader umiarkowanie i z należąca ostrożnością. W dalszym prezentowaniu swego dorobku można jednak doradzać Autorowi, by wyraźnie nawiązał do oczywistego stwierdzenia, że w istocie w pracy rozwiązywany jest jeden z problemów „smart gridowych”, często przez literaturę

przedmiotu preferowanych pod bardziej specyficznym hasłem integracji generacji rozproszonej (w tym OZE) i zasobników energii w systemie elektroenergetycznym.

8.2. „Przeszłości ołtarze”: prekursorzy

Wśród pozycji literaturowych z nieco odleglejszej przeszłości Autor rzadko sięga poza lata '90 ubiegłego już wieku. Nie tylko z patriotyzmu lokalnego i miłości własnej pragnę zwrócić uwagę na wydaną przez wrocławski PWN monografię o planowaniu systemów elektroenergetycznych (Malko, 1976). Zamieszczono tam przegląd metod optymalizacyjnych, wykorzystywanych ówczesnie w procedurach planistycznych, w tym metody programowania liniowego i od niej się wywodzących (i stosowanej np. przez EdF od wczesnych lat '50). W kraju istotne badania aplikacyjne prowadzono m.i. we wrocławskim Instytucie Automatyki Systemów Energetycznych, (IASE – Pogorzelski, Mikołajczyk, Mandat, Domagała...), a zwieńczeniem tych prac stało się zaprojektowanie, zbudowanie i oprogramowanie wyspecjalizowanego komputera MCERO (Maszyna Cyfrowa dla Ekonomicznego Rozdziału Obciążeń), przez lata będącej na służbie w PDM/KDM w Warszawie. Programowaniem dynamicznym w aspekcie narzędzia planowania SEE zajmował się m.i. St. Góra (wówczas w Poznaniu). [Nawiasem mówiąc programowanie dynamiczne zaliczano do metod optymalizacji *statycznej*, a optymalizacja *dynamiczna* była domeną metod *sterowania optymalnego*]. Jeszcze w latach '60 w Politechnice Wrocławskiej badania nad jakością energii elektrycznej (zainspirowane pracami Ailleret'a z EdF) prowadził M.Cegielski.

Wątek transformacji sektora energii elektrycznej zyskałby przez przywołanie fundamentalnych książek W.Pattersona i tria: M.Iłjić F.Galiana i L.Fink, Nie wspomniano w pracy o innym jeszcze modelu relacji strukturalnych sektora elektroenergetyki - zasadzie wyłącznego nabywcy/sprzedawcy (SB).Wprowadzona przez Dyrektywę 96/92 modyfikacja tej zasady (mSB) w istocie utożsamiła ją z zasadą TPA. Warto również docenić rolę amerykańskiej ustawy o politykach regulacyjnych przedsiębiorstw energetycznych (PURPA, 1978) Akt ten otworzył system dla producentów niezależnych (Independent Power Producers, Non-Utility Generation). Recenzent jest jednak świadom tego, iż problematyka przekształceń sektora jest w dysertacji drugoplanowa, a jej pominięcie w autoreferacie nie prowadzi – jak się okazało - do nieodwracalnych szkód.

8.3. Inne podejścia

Dokonując kwerendy literaturowej nie sposób nie zauważyć wysiłków w kierunku stworzenia klasy modeli "3e" (Energy, Economy, Environment). Europejski projekt ADAM (ADaptation And Mitigation) miał wspierać politykę UE przez formułowanie strategii realizujących cel „stabilizacji na niskim poziomie emisji gazów cieplarnianych”(low stabilization target). Badaniami porównawczymi objęto pięć modeli (MERGE, POLES, TIMER, REMIND oraz E3MG; bliższe informacje podano m.i. w referacie Konferencji Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Zakopane 2010 – patrz Malko,2010.

Warte wzmianki są również monografie książkowe A.Werona („Inżynieria Finansowa”), A.iR.Weronów („Giełda Energii Elektrycznej”), a zwłaszcza R.Werona „Modeling and Forecasting Loads and Prices in Deregulated Electricity Markets (Wiley,2006). Ta ostatnia pozycja bije rekordy międzynarodowych cytowań.

8.4. Rynek energii/rynek energii i mocy

Ważny wątek ewolucji od *ryнку energii* do *ryнку energii i mocy wytwórczych* doczekał się Broszury Technicznej CIGRE (TB 500, 2012), komentowanej w czerwcowym z roku 2012 numerze czasopisma ELECTRA. Obszerne prace z tego zakresu prowadzone są także w kraju (PSE Operator)..

8.5. Usługi systemowe

Dysertacja (wbrew jej tytułowi w oryginalnej wersji anglojęzycznej) skupia się jedynie na części tych usług, a mianowicie *usługach regulacyjnych*. Celowe wydaje się wcześniejsze wymienienie pełnego spektrum *ancillary services*. Punkt 2.7.3.1. pracy pojawia się stanowczo zbyt późno.

8.6. Problemy terminologiczne

Pożyteczne rozszyfrowanie anglojęzycznych akronimów warto może rozwinąć przez podanie terminów – odpowiedników w j. polskim. Jest to istotne chociażby w przypadku tytułowego określenia *ancillary services*, zawężonego w polskiej translacji do *regulacyjnych usług systemowych*.

Przyjęta w pracy klasyfikacja „smart grid’ów” nie posługuje się przyjętymi w literaturze pojęciami HANs, LANs i WANs (Home Area ..., Local Area ...,Wide Area

Networks) oraz Smart Super Grid. Konieczne jest przestrzeganie w opisie poziomów napięć przyjętych powszechnie akronimów nN- SN- NN

Niezbyt szczęśliwa jest kalka językowa „mityzacja”(a może jednak „mitygacja” ?)

Wymienione uwagi i wątpliwości(oraż inne, naniesione na otrzymanym egzemplarzu dysertacji) nie wpływają na wysoką ocenę przedstawionej pracy doktorskiej

9. Podsumowanie

Zapowiadany tytułem i sformułowany w rozdziale wstępnym cel pracy oraz dowiedzenie przedstawionej tezy zostały zrealizowane z powodzeniem. Przedstawiona w rozdziale końcowym rekapitulacja pracy(„Ogólne podsumowanie i rekomendacje dla dalszych badań”) fakt ten przywołują wraz z programem dalszych badań na gruncie kompletności, poprawności i rzetelności naukowej. Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska p. mgra inż. Błażeja Olka *Optimization of energy balancing and ancillary services in low voltage networks (Optymalizacja bilansowania energii i regulacyjnych usług systemowych w sieciach niskiego napięcia* stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego o istotnych skutkach dla rozwoju sektora energii elektrycznej, spełniając zarazem wymagania, sformułowane w obowiązującej ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym.

Wnoszę o dopuszczenie przedstawionej rozprawy do jej publicznej obrony.

