

Recenzja rozprawy doktorskiej

mgr inż. Roberta Owczarka

Podstawą opracowania niniejszej recenzji jest pismo Dziekana Wydziału Elektrycznego Politechniki Śląskiej prof. Pawła Sowy z dnia 16.04.2019 r.

Tytuł rozprawy

„Optymalizacja nastaw przesuwników fazowych instalowanych na liniach transgranicznych połączonego systemu elektroenergetycznego w stanach ustalonych”

1. Wybór tematu rozprawy

Problemy nieplanowych przepływów mocy generowanej w północnych Niemczech przez polski system elektroenergetyczny są powszechnie znane. Ich wymowa medialna często przerasta ich wymiar techniczny – właściwie każdy problem KSE można próbować tłumaczyć oddziaływaniem niemieckich farm wiatrowych. Tymczasem w wietrzny dzień (generacja ponad 30 000 MW), tylko pewna część mocy płynie przez Polskę. Ale nawet ta część jest istotna dla całościowej oceny problematyki wykorzystania infrastruktury sieciowej KSE oraz jego bezpieczeństwa. Istotą rozprawy doktorskiej nie powinno być oczywiście omawianie polsko niemieckich stosunków handlowych w obszarze energetyki, tylko rozwiązanie problemu naukowego. Taki problem został w rozprawie mgr inż. Roberta Owczarka właściwie sformułowany, a kwestie przepływów nieplanowych w Europie środkowej stanowią jego ilustrację, a nie główną treść. Istotny jest jednakże praktyczny i aplikacyjny wymiar rozważanego problemu – jest on niepodważalny. Na uwagę zasługuje fakt wielowymiarowego spojrzenia na kwestie doboru kosztownych urządzeń, których zastosowanie budziło wielkie nadzieje, czyli przesuwników fazowych (*Phase Shifters* - PS) instalowanych na liniach granicznych. Autor rozprawy od początku słusznie podniósł kwestię konieczności spojrzenia na wszystkie przesuwniki w sposób kompleksowy, gdyż ich lokalne nastawianie może znosić działanie urządzeń sąsiednich.

Tym samym bardzo wysoko oceniam wybór tematu rozprawy, zarówno w sensie poznawczym – naukowym jak też praktycznym, aczkolwiek sama kwestia jego brzmienia może być przedmiotem dyskusji. W szczególności sformułowanie o „stanie ustalonym” uważam za zbędne.

2. Ogólna ocena rozprawy

Opiniowana rozprawa zawiera 163 strony tekstu wraz z ilustracjami i wzorami oraz spisem literatury obejmującym 160 pozycje oraz 40 pozycji, których autorem lub współautorem jest mgr inż. Robert Owczarek.

Podstawowy **cel pracy** nie został sformułowany, sformułowane zostały natomiast cele częściowe. Można przypuszczać, że celem aplikacyjnym pracy było stworzenie platformy obliczeniowej do kompleksowej optymalizacji nastawień przesuwników, która będzie mogła być zastosowana, o ile strony uczestniczące w europejskim przesyle mocy uznają to za stosowne i kiedy zaistnieją ku temu warunki. Celem naukowym było natomiast (co oczywiste) udowodnienie tezy pracy.

Co do **tezy pracy** sądzę, że została ona w pełni udowodniona, ale możliwe było inne jej sformułowanie, dla którego przedstawione w pracy badania także stanowiłyby wystarczający dowód. Wydaje się bowiem, że główny problem naukowy to wskazanie możliwości oraz metody kompleksowej optymalizacji nastawień przesuwników, przy zdefiniowanej przez autora wielokryterialnej funkcji celu oraz wybranej metodzie optymalizacji heurystycznej. Rozbudowanie tezy o sformułowania związane z bezpieczeństwem KSE oraz jego ekonomiką systemu naruszają nieco rozgraniczenie między rozprawą naukową a opracowaniem informacyjnym dla operatorów systemu.

Pozycje literatury zostały zestawione prawidłowo, co więcej są one Autorowi znane ponieważ cytuje je bardzo obszernie i w odpowiednich miejscach swojej rozprawy.

Praca jest napisana w sposób staranny, prostym technicznym językiem, łatwym do zrozumienia. Bardzo dużym atutem pracy jest jej właściwa kompozycja i układ. Autor prawidłowo przedstawił problem przepływów nieplanowych, stopniowo wprowadził Czytelnika w zagadnienia idei zastosowania i problemy budowy przesuwników fazowych, od podstawowych i prostych zależności matematycznych, po omówienie lokalizacji przesuwników w systemie elektroenergetycznym Europy. W dalszej części pracy Autor przedstawił liczbowo efekty przepływów nieplanowych w części środkowo – wschodniej europejskiego SEE. Kolejny etap pracy to informacje o optymalizacji rojem cząstek (PSO), która jak można się domyśleć, została przez Autora wybrana jako metoda optymalizacyjna do

rozwiązania zasadniczego problemu rozprawy. Oprócz części informacyjnej podano wyniki „strojenia” algorytmu PSO do realizacji zadań optymalizacyjnych rozprawy. Zasadniczy element pracy to sformułowanie funkcji celu (w wersji jednokryterialnej i wielokryterialnej) oraz przedstawienie jej wyników dla modeli SEE – 118 IEEE oraz regionu środkowo wschodniego Europy (CEE). Pewna część informacji i danych została zamieszczona w siedmiu załącznikach. Tym samym kompozycja pracy wydaje się być niemal modelowa, jeśli rozpatruje się problematykę objętą dziedziną nauk technicznych: sformułowanie problemu technicznego bliskiego praktyce, ale przy równoczesnym dobrym umocowaniu naukowym, opracowanie modeli matematycznych, wybór metody rozwiązania problemu i przeprowadzenie dowodu że jest ona skuteczna.

Ponieważ Autor wykonał duże zadanie badawcze, opis tego zadania wymagał bez wątpienia umiejętności redagowania rozpraw naukowych i raportów. Tę umiejętność Autor opanował w bardzo dobrym stopniu i trudno mu postawić w tym zakresie zarzuty redakcyjne czy edycyjne. Lektura pracy jest ciekawa, można ją polecać nie tylko specjalistom – i nie jest to także postrzegane przez recenzenta jako wada.

Podsumowując, ogólna ocena rozprawy, jest w bardzo pozytywna.

3. Uwagi szczegółowe i krytyczne

Oceniając bardzo pozytywnie przedmiot rozprawy i uzyskane wyniki, pragnę także zwrócić uwagę na kwestie dyskusyjne.

W sensie merytorycznym moje wątpliwości (i prośbę o komentarz Autora) budzą wymienione niżej elementy pracy (przedstawiam je częściowo także w formie pytań).

1. Jednym z podstawowych pojęć związanych z rozprawą są „przepływy nieplanowe”. Autor podaje definicję mocy P_{uf} dopiero na stronie 72. Do tego momentu Czytelnik skazany jest na logiczną i semantyczną interpretację tego terminu, czyli „nieplanowy – niezgodny z planem”. Pytanie z jakim planem? Definicja stosowana przez Autora zgodnie ze wzorem (5.5) jest nieco inna, w zastępstwie Autora można ująć ją tak: „przepływ nieplanowy przez obszar SEE to różnica pomiędzy przepływem rzeczywistym, a przepływem wynikającym z potrzeb bilansowych tego obszaru”. Można zatem wywodzić zgodnie z tą definicją, że jeśli mamy dwa połączone systemy to zjawisko przepływu nieplanowego nie zachodzi, bo każdy przepływ ma charakter bilansowy. Czy zatem w takich systemach stosowanie przesuwników nie ma sensu?

2. Kontynuując pytanie przedstawione wyżej można stwierdzić, że niekoniecznie przepływ planowy musi wynikać z bilansu mocy obszaru. Operator obszaru może planować bilans, ale nie udaje mu się go zrealizować (za duży pobór mocy, wiatr mniejszy niż prognoza). Wtedy wzrastający przepływ transgraniczny też jest nieplanowy, ale jest bilansowy. Zastosowanie PS może ułatwić wymuszenia na operatorze zwiększenie generacji z jednostek rezerwowych.
3. Czy można traktować jednostki PS jako regulatory mocy, w tym sensie że wielkością zadaną jest przepływ mocy przez jednostkę na zadanym poziomie, a wartości kątów ulegają zmianie wymuszając zadany przepływ. Czym różni się układ PS od urządzenia UPFC i jak dla takich urządzeń zaplanować funkcje celu w procesie optymalizacji nastawień.
4. Autor bardzo skromnie opisuje „warsztatową” część pracy – schemat blokowy na rys.5.1. wskazuje na „blok rozptylowy”, w którym zasadniczą częścią jest „silnik obliczeniowy” (ta nazwa w pracy nie jest stosowana). Jego wydajność (szybkość obliczeniowa, ale nie tylko) decydują o skuteczności procesu optymalizacji. Mając na uwadze liczbę iteracji (nie mniejszą niż 100) oraz liczbę cząstek roju (np. 100) zadanie rozptylowe należy rozwiązać wielokrotnie. Czy jest to realne biorąc pod uwagę wielkość rozpatrywanego modelu systemu i praktyczne ograniczenia czasowe procesu obliczeniowego ?
5. Autor bardzo zdecydowanie wskazał metodę PSO, zanim jeszcze opisał w pracy zadanie optymalizacyjne. Uznaję to za pewien błąd, kolejność powinna być odwrotna, najpierw zadanie wraz z funkcją celu i ograniczeniami, potem przesłanki przemawiające za wyborem heurystyki, potem za metodą PSO. Muszę jednak przyznać, że już po dokonaniu tego wyboru, Autor bardzo głęboko wszedł w jej problematykę, dokonując „strojenia” algorytmu i przeprowadzając zaawansowane testy matematyczne (być może nawet nadmiarowo). Jakie inne metody mogłyby być brane pod uwagę w procesie optymalizacji przeprowadzonym w rozprawie ?
6. Jakie praktyczne koki musiałyby być podjęte przez operatorów (na poziomie ENSTO-E), aby platforma obliczeniowa zastosowana w pracy mogła być realnie zastosowana dla potrzeb CEE ?



7. Za bardzo ważny element pracy uznaję powiązanie optymalizacji nastaw układów PS z problemem ograniczonych możliwości przesyłowych gałęzi sieci (głównie linii). Autor włączył ten problem do ograniczeń procesu optymalizacji. Nie wydaje mi się jednak uzasadnione przypisywanie negatywnej roli ograniczeniom sieci 110 kV. Jej struktura jest bowiem elastyczna i na możliwe wystąpienie zjawiska „wąskiego gardła” można zareagować zmianą jej konfiguracji czy nawet czasowym rozcięciem powiązań.
8. Wszystkie wyniki i obliczenia dotyczą pewnego wycinka czasowego (nazywamy go „*snap shot*” w praktyce może być to kwadrans, 30 min ewentualnie jedna godzina), a wielkości mocy będące przedmiotem analizy są de facto wartościami energii uśrednianymi za rozpatrywany okres. Jak Autor widzi optymalizację nastawień urządzeń PS na dłuższe okresy (doby, tygodnie). Czy takie podejście ograniczyłoby efektywność tych urządzeń ?
9. Czy wobec ewentualnych trudności w „dogadaniu się” wielu operatorów można rozpatrywać optymalizację (lub raczej quasi optymalizację) nastawień na wybranych „przekrojach” (np. Niemcy – Polska) i jak się mają jej wyniki do optymalizacji kompleksowej opisywanej w pracy ?

4. Uwagi końcowe, podsumowanie, spełnienie wymogów ustawowych

Ustawa o stopniach i tytule naukowym (art.13) wymaga aby rozprawa doktorska stanowiła oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. To wymaganie opiniowana rozprawa bez wątpienia spełnia, a sposób rozwiązania problemu przedstawiony w pracy jest obiecujący i dający możliwość praktycznego wykorzystania. Ustawa formułuje pod adresem doktoranta oczekiwanie, aby wykazał się on wiedzą w danej dyscyplinie, umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej oraz umiejętnością przedstawienia jej wyników. Te wszystkie cechy i umiejętności mgr inż. Robert Owczarek niewątpliwie posiada, co udowodnił w rozprawie i w wykonanych w ramach tej rozprawy obliczeniach komputerowych. Jego wiedza teoretyczna w dyscyplinie elektrotechnika została przekonująco udowodniona.

Lista istotnych wniosków i osiągnięć rozprawy, które powinny być uznane za jej i Doktoranta oryginalny dorobek zawiera elementy wymienione na stronach 120-123. Jak już stwierdzono wyżej praca powinna zainteresować operatorów sieci przesyłowej, istotne jest aby było to zainteresowanie nie tylko jednego operatora, gdyż główna konkluzja pracy to zalety optymalizacji kompleksowej całego zbioru urządzeń PS.

Pragnę podkreślić, że Doktorant od początku do końca pracy konsekwentnie realizuje jej cel, „panuje” nad jej tekstem, pomimo drobnych potknięć w jasny i zrozumiały sposób pokazuje wszystkie istotne elementy pracy: genezę, tezę, zakres, przegląd wiedzy istniejącej, sformułowania problemu, rozwiązanie problemu, testy, podsumowanie i literaturę.

Biorąc przedstawioną wyżej ocenę pod uwagę stwierdzam, że opiniowana rozprawa mgr inż. Roberta Owczarka odpowiada wymaganiom ustawowym stawianym przed rozprawami doktorskimi (Ustawa o stopniach i tytule naukowym z dnia 14 marca 2003 r.) i wnoszę o dopuszczenie jej Autora do publicznej obrony.

Jednocześnie wnoszę o wyróżnienie rozprawy z uwagi na niezwykle dojrzałe i przekonujące połączenie problematyki znajdującej odzwierciedlenie w praktyce z umiejętnością zastosowania do rozwiązania problemu naukowego aparatu obliczeniowego o licznych cechach oryginalności.

Prof. Leszczyński