

Prof. dr hab. Henryk Kaproń
Politechnika Warszawska
Instytut Techniki Ciepłej
ul. Nowowiejska 21/25
00- 665 Warszawa
tel.: 515157739
e-mail: hkapron@itc.pw.edu.pl

Warszawa, dn. 03.04.2019 r.

Ocena
rozprawy doktorskiej mgra inż. Przemysława Kołodziejaka
pt. ” Optymalizacja wytwarzania energii elektrycznej i ciepła w elektrociepłowni
gazowo – parowej współpracującej z kotłami węglowymi i akumulatorem ciepła”

1. Podstawa formalna oceny

Opinia niniejsza została opracowana zgodnie z uchwałą Rady Wydziału Mechaniczno-Energetycznego Politechniki Wrocławskiej z dnia 27 lutego 2019 r. przekazaną przez Pana Dziekana prof. dra hab. inż. Zbigniewa Gnutka w piśmie nr W9/PW/321/2019 z dnia 28 lutego 2019 roku wraz z egzemplarzem rozprawy doktorskiej.

2. Ogólna charakterystyka rozprawy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska pod tytułem „Optymalizacja wytwarzania energii elektrycznej i ciepła w elektrociepłowni gazowo – parowej współpracującej z kotłami węglowymi i akumulatorem ciepła” została wydana w języku polskim w Oficynie Wydawniczej Politechniki Wrocławskiej (Wrocław 2019). Zawartość merytoryczna rozprawy mieści się w profilu uprawnień doktorskich i habilitacyjnych Rady Wydziału Mechaniczno Energetycznego Politechniki Wrocławskiej.

Rozprawa doktorska obejmuje 158 stron w podziale na osiem rozdziałów zasadniczych, 157 cytowanych pozycji literaturowych krajowych i zagranicznych i dwa załączniki. Dotyczy ona modelowania pracy elektrociepłowni z funkcją celu maksymalizującą zysk brutto.

W rozdziale pierwszym Doktorant przedstawił zarys pracy doktorskiej z krótkim opisem zagadnień poruszanych w dalszej jej części.

W rozdziale drugim, będącym przeglądem literatury, Doktorant omówił modele termodynamiczne, hydrauliczne, optymalizacyjne, ekonomiczne oraz prawne dotyczące przedmiotu rozprawy. Dotyczył on zarówno modeli teoretycznych, jak i wyników praktycznych osiągniętych przez różnych autorów. Z dokonanego przeglądu literatury

ujawniła się luka polegająca na braku modelu elektrociepłowni działającej na rynku energii, który łączyłby w sobie zagadnienia termodynamiczne, ekonomiczne i prawne.

W rozdziale trzecim Doktorant zarysował ogólne cele pracy i sformułował jej zakres oraz tezę do udowodnienia.

W rozdziale czwartym Doktorant zaproponował kilka modeli realizujących cel pracy. Szczegółowo omówił model ekonomiczny zysku netto jako różnicy pomiędzy przychodami oraz kosztami i podatkiem. Opisał funkcję celu zadania optymalizacyjnego oraz sformułował jej ograniczenia techniczne, ekonomiczne oraz prawne. Zaprezentował dwa modele termodynamiczne obiegu Joule'a -Braytona oraz chemiczny model spalania gazu w elektrociepłowni gazowo parowej.

W rozdziale piątym Doktorant zaprezentował obiekt badań i przeprowadził weryfikację krzywych korekcyjnych turbin gazowych opracowanych przez ich producenta. Wyznaczył optymalne przebiegi mocy elektrycznej w elektrociepłowni gazowo-parowej EC-2 zlokalizowanej w Siedlcach stwierdzając przy tym, że można osiągnąć o 14% więcej zysku brutto w ciągu roku poprzez zmianę sposobu generowania mocy elektrycznej. Wyniki symulacyjne okazały się porównywalne z osiągniętymi wynikami ekonomicznymi dla takich samych przebiegów sygnałów mocy elektrycznej i cieplnej. Tym samym uzyskał dobrą zgodność przychodów brutto (z błędem wynoszącym kilka procent), co świadczy o dobrze sformułowanym modelu matematycznym zysku brutto. Następnie Doktorant porównał model termodynamiczny obiegu Joule'a -Braytona z pomiarami uzyskanymi w elektrociepłowni. Ponadto wykorzystał model zysku brutto do wyceny instrumentu finansowego zwanego rynkiem mocy. Określił wymaganą cenę oferowanej mocy elektrycznej przez badaną elektrociepłownię na aukcji rynku mocy.

W rozdziale szóstym Doktorant opisał wyniki pracy elektrociepłowni uzyskane w rzeczywistości. Pokazał między innymi algorytm sterowania elektrociepłownią, sposób zmniejszenia kosztu zakupu gazu, optymalną kolejność uruchamiania źródeł, rozumowanie dotyczące długookresowej zmiany struktury źródła ciepła w Siedlcach oraz ogólny uzyskany wynik optymalizacji zysku z pracy rynkowej elektrociepłowni. Na tej podstawie sformułował zasady optymalnego prowadzenia elektrociepłowni.

W rozdziale siódmym Doktorant pokazał syntetyczne wnioski z rozprawy.

Zdaniem recenzenta tematyka pracy jest aktualna, ważna i interesująca, a praca jest napisana przejrzysto według logicznie ułożonego układu. Wymagała ona od Autora

opanowania zagadnień technicznych, statystycznych, ekonomicznych i rynkowych, a efektem pracy jest dobre połączenie wymienionych zagadnień.

3. Uwagi krytyczne

Autor recenzji zauważył w tekście rozprawy doktorskiej nieliczne błędy redakcyjne, w tym błędy: stylistyczne, gramatyczne i interpunkcyjne oraz literówki. Z praktyki redakcyjnej wiadomo, że jest rzeczą prawie niemożliwą aby ustrzec się takich niedociągnięć. Niektóre z nich są wymienione niżej:

- str.16 - drugi akapit od końca strony początek drugiego zdania zaczyna się od „Należą....”, powinno być należą....,
- str.20 - „Pokazano przykłady rozwiązań konstrukcyjnych stop łopatek..., powinno być stopu....,
- str.24 - nie zrozumiały początek akapitu zaczynającego się od „ W artykule [45],
- str.25 - ostatni akapit „Zmiana cen gazu oraz elektryczności..., powinno być raczej energii elektrycznej,
- str.44 – pierwszy akapit „ Bilans ten ... oraz mocy strat ciepła...” , należałoby użyć „strat strumienia ciepła”,
- str.58 - czy we wzorze 4.91 jest wszystko poprawne?
- str.62 – indeksy niezbędne przy określaniu objętości gazu, mocy cieplnej i elektrycznej, tzn. „u” , „t” i „e” są nie wszędzie dobrze umiejscowione,
- str.66 – w podpunkcie 4.3.1 jest napisane, że turbina, sprężarka powietrza ... są w stanie adiabatycznym, czy to jest poprawny zapis?

4. Uwagi dyskusyjne i polemiczne

Otóż w aktualnej rynkowej sytuacji prowadzenia firm energetycznych ważną sprawą jest nie tylko analiza pracy urządzeń technologicznych ale także dbałość o generację określonych zysków z różnych potencjalnych możliwości danej jednostki wytwórczej. Uważam, że mankamentem uczestnictwa EC Siedlce w rynku mocy może być coroczne w nim uczestnictwo, a zatem ryzyko poniesienia ewentualnej porażki. Może się zdarzyć sytuacja, kiedy będą pilne potrzeby dostawy mocy elektrycznej do systemu mogą wystąpić przy jednoczesnej dużej cenie gazu na rynku spot. Wówczas można nie uzyskać dobrego wyniku finansowego, a oprócz tego może wystąpić zagrożenie utraty dofinansowania wynikającego z wysokosprawnej kogeneracji.

Podczas publicznej obrony rozprawy doktorskiej chciałbym aby jej Autor ustosunkował się do następujących kwestii:

- dlaczego we wzorze 4.44 Doktorant użył takiej a nie innej formuły matematycznej?
- z czego wynikają punkty rozrzutu mocy w paliwie na rys. 5.7?
- czy tak mała gazowa jednostka kogeneracyjna powinna brać udział w rynku mocy?
- czy potencjalny zysk możliwy do osiągnięcia jest tak zaprojektowany aby uzyskać zdolność finansową odtworzenia w przyszłości źródła?

4. Podsumowanie

Podsumowując swoją opinię stwierdzam, że tematyka recenzowanej rozprawy doktorskiej jest bardzo aktualna. Prawidłowo prowadzona eksploatacja elektrociepłowni w warunkach rynkowych wynika nie tylko z dbałości o stan urządzeń technologicznych ale także dążności do generacji uzasadnionego zysku. Wynika to poniekąd z potrzeby gromadzenia kapitału na potrzeby odnowy już istniejących urządzeń elektroenergetycznych jak też budowy nowych.

Główna wartość pracy, moim zdaniem, polega na kompleksowym podejściu metodologicznym do problematyki oceny ekonomicznej elektrociepłowni przy wykorzystaniu badań statystycznych oraz fizycznych w terenie. Ponadto ważną sprawą jest też to, że Autor wyraził chęć kontynuacji swoich badań oraz nadzieję na ich wykorzystanie przy ocenie eksploatacji elektrociepłowni w innych rejonach kraju. Wyniki pracy były wielokrotnie publikowane. Łączna suma punktów MNiSW wynosi 73. Są również zgłoszone dalsze publikacje.

5. Konkluzja

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska mgr inż. Przemysława Kołodziejaka p.t. "Optymalizacja wytwarzania energii elektrycznej i ciepła w elektrociepłowni gazowo-parowej współpracującej z kotłami węglowymi i akumulatorem ciepła" stanowi uwieńczenie i syntetyczne podsumowanie Jego dużego dorobku praktycznego i teoretycznego w aktualnej problematyce dotyczącej ekonomicznej pracy elektrociepłowni w warunkach rynkowych.

Poziom merytoryczny rozprawy, mimo zgłoszonych uwag krytycznych, uważam za bardzo dobry, a kompozycja rozprawy tworzy logicznie przemyślaną i spójną całość. Potwierdza to dojrzałość i samodzielność Autora do prowadzenia badań naukowych oraz wnosi znaczny wkład w praktykę i teorię sterowania mocą elektryczną i ciepłą elektrociepłowni.

Uważam, że opiniowana praca doktorska mgra inż. Przemysława Kołodziejaka spełnia ustawowe wymogi stawiane rozprawom doktorskim w odpowiednich przepisach i zasługuje na pozytywną opinię. Wobec powyższego stawiam wniosek o dopuszczenie jej do publicznej obrony. Oznacza to, że spełnione zostały wymogi obowiązującej Ustawy o tytule naukowym i stopniach naukowych, co uzasadnia wniosek o nadanie Kandydatowi tytułu doktora nauk technicznych w specjalności *energetyka*.

.....
Henryk Kaproń