

STRESZCZENIE ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Marcin Plis

Modelowanie matematyczne obiegu gazowo-parowego na potrzeby diagnostyki cieplnej eksploatacji

W niniejszej pracy doktorskiej przedstawiono model matematyczny układu gazowo-parowego dla potrzeb systemów diagnostyki cieplnej i kontroli eksploatacji na przykładzie Elektrociepłowni Zielona Góra. Model ten, posiada budowę modułową i obejmuje następujące modele cząstkowe: model symulacyjny zespołu turbiny gazowej PG 9171E produkcji firmy *General Electric*; model symulacyjny dwuciśnieniowego kotła odzyskowego OU-192 produkcji firmy *Rafako* oraz model symulacyjny obiegu parowo-wodnego obejmujący turbinę kondensacyjno-upustową 7CK65 produkcji firmy *Alstom*. Modele te, zostały opracowane z wykorzystaniem równań zachowania oraz funkcji empirycznych opisujących przemiany zachodzące w analizowanych maszynach i urządzeniach energetycznych. Do estymacji parametrów równań empirycznych zostały wykorzystane pomiary eksploatacyjne i specjalne. Z uwagi na nieuniknione błędy pomiarowe, w celu uzyskania najbardziej wiarygodnych wyników, pomiary zostały poddane uwiarygodnieniu metodą rachunku wyrównawczego. Zaletą opracowanego modelu symulacyjnego jest krótki czas obliczeń symulacyjnych, który umożliwia przeprowadzenie wielokryterialnych obliczeń.

Model cząstkowy zespołu turbiny gazowej PG 9771E obejmuje modele sprężarki osiowej, niskoemisyjnych komór spalania typu DLN-I oraz ekspandera. Model sprężarki został opracowany z wykorzystaniem bilansów substancji i energii, uogólnionej charakterystyki oraz dodatkowych funkcji empirycznych opisujących m.in. sprawność wewnętrzną sprężarki. Model ten, dodatkowo uwzględnia wpływ zmiany kąta ustawienia łopatek kierowniczych na pracę sprężarki osiowej. Model matematyczny ekspandera zawiera bilanse substancji i energii oraz teoretyczno-empiryczny model linii rozprężania spalin.

Model matematyczny kotła odzyskowego dwuciśnieniowego OU-192 obejmuje model podgrzewaczy wody wysokoprężnej WP i niskoprężnej NP, model parowników WP i NP oraz model przegrzewaczy pary WP i NP. Zawiera równania bilansów substancji i energii oraz równania empiryczne opisujące proces wymiany ciepła pomiędzy spalinami, a czynnikiem roboczym (woda/para) i spadek ciśnienia wody/pary w wymiennikach. Proces wymiany ciepła opisano za pomocą równania empirycznego aproksymującego iloczyn współczynnika przenikania ciepła i powierzchni wymiennika $k \cdot A$. Nieznane wartości współczynników empirycznych, estymowano metodą najmniejszych kwadratów w oparciu o uwiarygodnione wyniki pomiarów eksploatacyjnych.

Model symulacyjny obiegu parowo-wodnego turbiny parowej 7CK65 obejmuje model turbiny parowej 7CK65, model układu ciepłowniczego oraz model zbiornika wody zasilającej i chłodnicy kondensatu. Model ten, obejmuje równania bilansów substancji i energii oraz pomocnicze równania empiryczne opisujące m.in. spadki ciśnienia wody/pary w rurociągach oraz linię rozprężania pary (empiryczna postać równania przelotności i na sprawność izentropową turbiny). W modelu turbiny parowej uwzględniono strumienie przecieków z wrzecion zaworów odcinających i regulacyjnych oraz z dławnic.

Model obiegu parowo-wodnego w połączeniu z modelami turbiny gazowej i kotła odzyskowego tworzy model obiegu gazowo-parowego. Przeprowadzona walidacja modelu w oparciu o wyniki uwiarygodnionych pomiarów eksploatacyjnych potwierdziła zadowalającą jakość predykcji. Różnica

między wynikami obliczeń i wynikami pomiarów dla mocy elektrycznej zespołu turbiny gazowej nie przekraczały 1% mocy znamionowej. W przypadku mocy elektrycznej turbozespołu parowego różnica ta nie przekraczała 0,5% mocy znamionowej. Model pozwala obliczyć wskaźniki oceny eksploatacji oraz badać wpływ odchylenia parametrów eksploatacyjnych od wartości referencyjnych na wskaźniki energochłonności wytwarzania energii elektrycznej i ciepła. Zaletą modelu układu gazowo-parowego jest możliwość jego adaptacji do zmieniającego się stanu technicznego. Krótki czas obliczeń oraz zadowalająca jakość predykcji umożliwiają przeprowadzenie wielokryterialnych obliczeń w warstwie optymalizacji bieżącej, co czyni go użytecznym narzędziem dla systemów diagnostyki cieplnej i eksploatacji.

Opracowany model układu gazowo-parowego jest kontynuacją prac prowadzonych przez wiele lat w Instytucie Techniki Ciepłej w Gliwicach na obszar bloków gazowo-parowych. Został opracowany dla konkretnego bloku w Elektrociepłowni Zielona Góra. Zarówno na etapie opracowania założeń, jak również w trakcie jego realizacji, wiele problemów konsultowano z kadrą inżyniersko-techniczną EC Zielona Góra, której również przedstawiono uzyskane wyniki. Uzyskane rezultaty mogą być wykorzystane przy modelowaniu innych bloków gazowo-parowych.