

# O diagnozowaniu sprawnościowym ciepłych siłowni turbinowych z wykorzystaniem algorytmów genetycznych

The diagnosis efficiency of heat generating capacity turbine using genetic algorithms

MARTA DROSIŃSKA-KOMOR  
NATALIA SZEWCZUK \*

Materiały z XX SKW PWiE, Jurata 2016 r.  
DOI: 10.17814/mechanik.2016.7.123

Artykuł ma na celu przybliżenie metody zastosowania algorytmów genetycznych do procesu diagnostyki ciepłno-przepływowej bloków z turbinami parowymi. Wykorzystano właściwości polegające na poszukiwaniu ekstremum. Obecnie trwają dalsze prace nad programem do wyszukiwania degradacji.

**SŁOWA KLUCZOWE:** diagnostyka ciepłno-przepływowa, turbina parowa, degradacja, diagnoza

*The article is to present information about the method using genetic algorithms to process diagnostics heat flow blocks with steam turbines. Properties consisting in search of extreme were used. Currently it is undergoing further work on the program to search degradation.*  
**KEYWORDS:** diagnostics heat flow, steam turbine, degradation, diagnostic

Maszyny wirnikowe rozważane w tej pracy są powszechnie stosowane w elektrowniach w Polsce i na świecie. Tymi maszynami są turbiny parowe, znajdujące się w blokach energetycznych o skomplikowanej budowie. Koszt utrzymania bloków parowych jest bardzo wysoki, ale – biorąc pod uwagę zyski ze sprzedaży energii elektrycznej – inwestowanie w nie jest opłacalne. Pomocą dla elektrowni w celu utrzymania jak najwyższych wartości sprawności jest system diagnostyczny, który pozwala kontrolować zmiany zachodzące w urządzeniach.

Rozważana metoda diagnostyki ciepłno-przepływowej wchodzi w skład diagnostyki technicznej i wykorzystuje wiedzę wynikającą z tej dziedziny. Wchodzi ona również – w bardziej precyzyjnym opisie – w skład diagnostyki procesów przemysłowych. Stosuje się ją głównie w energetyce.

Proces diagnozowania może mieć różny stopień dokładności, co powoduje uzyskanie różnego wyniku – od bardzo szczegółowego do bardzo ogólnego, określającego jedynie stan rozważanego obiektu technicznego. Proces ten najczęściej podzielony jest na trzy występujące po sobie etapy:

- detekcji: zauważenia powstania uszkodzenia w obiekcie oraz określenia chwili detekcji,
- lokalizacji: określenia rodzaju, czasu i miejsca wystąpienia uszkodzenia,
- identyfikacji: określenia rozmiaru i charakteru zmiany uszkodzenia w czasie.

## Procedura diagnozowania obiektu badań

Procedura diagnozowania składa się z kilku etapów. Pierwszym etapem jest wyznaczenie symptomu, czyli odchyłki wartości zmierzonej od wartości wzorcowej. Wartość wzorcowa w trakcie obliczeń została wyznaczona w programie DIAGAR.

Program ten jest odpowiednio dostrojony do uzyskanych poprawnych wyników pomiaru niezdegradowanego bloku energetycznego. Przyspieszenie wyznaczenia relacji diagnostycznej umożliwia łączenie symptomów ze sobą w celu stworzenia sygnatur, które w następnym kroku są danymi wejściowymi do procesu diagnozowania. Dane wejściowe są przetwarzane do momentu otrzymania diagnozy.

W procesie diagnozowania ważne jest otrzymanie odpowiednich pomiarów pochodzących z bloku energetycznego. Obliczenia pierwszych degradacji dokonano dla obiegu parowego o mocy 200 MW.

Blok parowy zawiera w omawianym przypadku turbinę parową z trzema częściami: wysokoprężną, średnioprężną i niskoprężną. Posiada ona również siedem stopni regeneracyjnego podgrzewu wody zasilającej. Blok parowy jest opomiarowany bardzo szczegółowo i jednocześnie dostarcza prawie 3000 danych pomiarowych, a sam obieg parowy – 154 dane. Czujniki w obiegu parowym umieszczone są na rurociągach parowych lub wodnych. Dostarczają danych o ciśnieniu, temperaturze, a także o masowym natężeniu przepływu. Oprócz tych parametrów mierzy się również moc elektryczną, natężenie i napięcie prądu pozwalającego na zasilanie silników zainstalowanych na bloku parowym.

W procesie symulacji degradacji przyjęto założenie, że zmiany geometrii występujące w wybranych aparatach części wysokoprężnej (WP) oraz średnioprężnej (SP) mogą osiągać rzeczywiste techniczne wartości potencjalnych degradacji. W obliczeniach symulacyjnych ustalono, że będzie zmieniona tylko geometria wybranych elementów części WP i SP, czyli:

- uszczelnienia skrzynek dyszowych występujących w zaworach regulacyjnych,
- uszczelnienia segmentu dławicy zewnętrznej dla korpusu WP,
- układu łopatkowego dla grup stopni turbiny parowej.

## Schemat zastosowania metody algorytmów genetycznych do lokalizacji i identyfikacji degradacji

Metoda zastosowana do wyznaczenia degradacji za pomocą algorytmów genetycznych została stworzona na podstawie autorskiego schematu obliczeniowego. Pierwszym etapem jest określenie symptomów służących do wyznaczenia konkretnego symptomu. Kolejnym krokiem jest wyznaczenie zbioru z degradującymi się parametrami turbinowymi, geometrycznymi lub konstrukcyjnymi. Minimalną wartość geometryczną przyjmuje się na poziomie wartości nominalnych, natomiast maksymalną – jako maksymalne wartości degradacji. Wyznaczone wartości minimalne i maksymalne przedstawiane są w formie binarnej. Następnie modyfikuje się te liczby poprzez traktowanie ich jako geny. Modyfikacje przeprowadza się jako

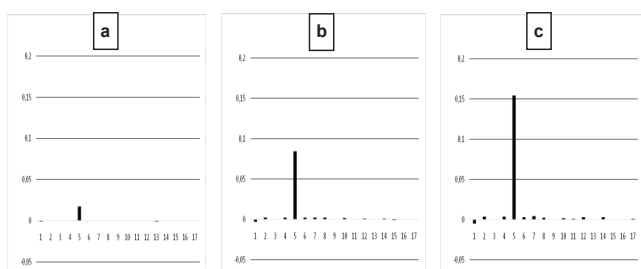
\* Mgr inż. Marta Drosińska-Komor (mardrosi@pg.gda.pl); mgr inż. Natalia Szevczuk (natszewcz1@pg.gda.pl) – Politechnika Gdańska, Wydział Oceanotechniki i Okrętownictwa, Katedra Automatyki i Energetyki

mutacje genów i w ten sposób tworzy się populacje. Każdy z osobników populacji znajduje się w przewidzianym, dopuszczalnym zakresie. Po przeprowadzeniu wcześniejszych etapów procesu należy w kolejnym kroku zamienić liczby binarne z populacji na liczby dziesiętne. Następnym krokiem jest wprowadzenie otrzymanych danych do programu numerycznego DIAGAR. Po otrzymaniu wyników porównuje się sygnaturę zadaną z sygnaturą zasymulowaną. Na samym końcu odrzuca się sygnatury najbardziej odbiegające od zadanej i ocenia się tylko te, które są do niej najbardziej zbliżone.

### Algorytm genetyczny – uzyskane degradacje

Pierwsze obliczenie wykonano dla sygnatury skrzynek dyszowych, ponieważ jeden z jej symptomów znacznie przewyższał pozostałe. Wartość minimalną przyjęto na poziomie 405 °C, a maksymalną jako 470 °C. Wartości te wyznaczono po wieloletnich obserwacjach bloków parowych. Mierzono je w upuście pierwszym, a przyjęto je na takim poziomie, ponieważ temperatura zmieniała się w zakresie od 405 do 470 °C. Wartość tej temperatury wynika głównie z faktu, że w tym upuście dochodzi do mieszania się strumieni pary. Jak wcześniej wspomniano, do obliczeń wykorzystano numeryczny program DIAGAR, gdzie stworzono numeryczny schemat obiegu odzwierciedlający schemat przedstawiony na rys. 1. Obliczenia wykonano, zwiększając wartości luzów skrzynek dyszowych. Otrzymano w ten sposób 17 parametrów ciepło-przepływowych w otoczeniu korpusu WP i SP i w upuście części niskoprężnej: moc bloku, jednostkowe zużycie ciepła, ciśnienie za stopniem regulacyjnym, ciśnienie i temperaturę pary na kolejnych upustach.

Wartości te zostały porównane z odpowiadającymi im wartościami w niezdegradowanych elementach geometrii; po porównaniu ich ze sobą otrzymano symptomy i następnie zgrupowano je w sygnatury. Na rys. 1 przedstawiono zasymulowane sygnatury odpowiadające tym degradacjom. Kolejne degradacje przyjęto jako procentowy udział w degradacji maksymalnej – przedstawiono je w tablicy.



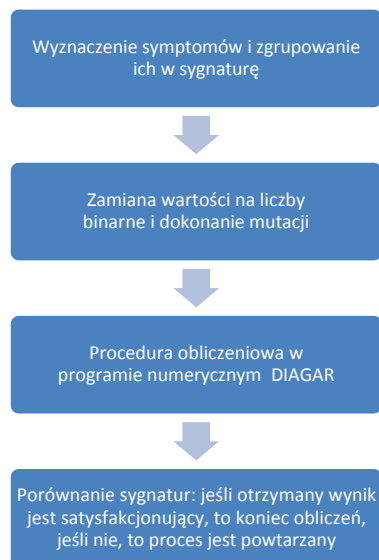
Rys. 1. Przyrost wartości symptomów w skrzynekach dyszowych

TABLICA. Procentowy udział w degradacji

Wykres a	Wykres b	Wykres c
10%	40%	100%

W celu sprawdzenia procedury diagnostycznej opierano się na wspomnianym schemacie zastosowania algorytmów genetycznych, jednak zastosowano w nim kilka modyfikacji. Początek obliczeń był taki sam. Kolejnym krokiem było wyznaczenie symptomów, a następnie zgrupowanie ich w sygnatury. Wyznaczone wcześniej wartości minimum i maksimum zamieniono na wartości binarne, używając do tego programu MATLAB. Na dalszym etapie dokonano mutacji i otrzymano populację składającą się z sześciu elementów. Następnie zamieniono je na wartości liczb dziesiętnych i dokonano obliczeń w programie DIAGAR. Porównano wyniki obliczeń i stworzono populację sygnatur, które odpowiadały losowo stworzonej populacji zdegradowanych uszczelnień. Otrzymane sygnatury porównano z sygnaturą zadaną – wybrano dwie najbliższe

i dla nich wyznaczono na nowo minimum i maksimum geometryczne. Sprawdzone również, czy otrzymane w ten sposób sygnatury spełniały narzucony warunek zbieżności – jeśli nie, należało ponownie wybrać minimum i maksimum. Powtarzano to aż do momentu uzyskania zbieżności, a otrzymane w ten sposób wartości luzów w skrzynekach dyszowych przyjęto jako rozwiązanie. W skrócie tę procedurę przedstawia rys. 2.



Rys. 2. Skrócony schemat procedury diagnostycznej

### Podsumowanie

Pierwsze otrzymane wyniki pokazują, że w porównaniu ze sztucznymi sieciami neuronowymi, gdzie najwięcej czasu należy poświęcić na trenowanie sieci neuronowej, omówiona metoda algorytmów genetycznych pozwala na szybkie diagnozowanie. W metodzie tej wykorzystano algorytmy genetyczne w celu szybkiego poszukiwania ekstremum globalnych funkcji. Obecnie trwają dalsze prace nad rozwojem metody w celu uzyskiwania wyników dla skomplikowanych, kilkakrotnych degradacji.

### LITERATURA

- Głuch J. (red.). „Ciepłno-przepływowe relacje diagnostyczne w ruchomych warunkach przemysłowych”. Gdańsk: Wydział Oceanotechniki i Okrętownictwa PG, 2007.
- Głuch J. „Metoda diagnostyki ciepłno-przepływowej umożliwiająca rozpoznawanie miejsca i stopnia degradacji turbozespołów energetycznych”. Gdańsk: Wyd. PG, 2007.
- Głuch J. (red.). „O zastosowaniu neuronowych symulatorów przepływu przez kanały łopatkowe turbin do wyznaczania stanu referencyjnego w diagnostyce ciepłno-przepływowej”. Gdańsk: Wyd. PG, 2014.
- Głuch J., Słęzak-Zołna J. „Solving problems with patterns for heat and flow diagnostics dedicated for turbine power plants”. CD, Proc. ASMETurboExpo'2012, GT2012-70023.
- Kosowski K. et al. *Steam and Gas Turbines. Power Plants*, Alstom, France-Switzerland-United Kingdom-Poland, 2007, ISBN: 978-83-925959-0-8.
- Kościelny J. M. „Diagnostyka zautomatyzowanych procesów przemysłowych”. Warszawa: Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, 2001.
- Kościelny M., Szczepaniak P. „Terminologia oraz klasyfikacja metod detekcji i diagnostyki procesów przemysłowych”. Materiały II Konferencji DPP'97, Łagów 1997.
- Krzyżanowski J., Głuch J. „Diagnostyka ciepłno-przepływowa obiektów energetycznych”. Gdańsk: Wydawnictwo Instytutu Maszyn Przepływowych PAN 2004, s. 246.
- Rutkowska D., Piliński M., Rutkowski L. „Sieci neuronowe, algorytmy genetyczne i systemy rozmyte”. Warszawa: PWN, 1997.
- Żółtowski B., Cwik Z. „Leksykon diagnostyki technicznej”. Bydgoszcz: Wydawnictwo Uczelniane Akademii Techniczno-Rolniczej, 1996. ■