

Seria: MECHANIKA z.103

Nr kol. 1112

Gerard Kosman, Andrzej Rusin
Instytut Maszyn i Urządzeń Energetycznych
Politechnika Śląska

KONCEPCJA KOMPUTEROWEGO WSPOMAGANIA OCENY TRWAŁOŚCI ELEMENTÓW TURBIN

Streszczenie. Przedmiotem rozważań jest komputerowy system oceny trwałości turbin przeznaczony do wyznaczenia stopnia zużycia eksploatacyjnego elementów turbin cieplnych. System przystosowany jest do obliczeń na komputerach typu PC, co umożliwia jego instalowanie bezpośrednio w elektrowniach.

1. WSTĘP

Podstawą do określenia trwałości elementów turbin jest analiza ich stanu wytrzymałościowego. Należy przy tym uwzględnić dwa fakty: cykliczne zmiany obciążeń cieplnych i pełzanie materiału w czasie pracy ustalonej przy stałym obciążeniu.

Zagadnienie oceny trwałości elementów turbin parowych i prognozowania dalszego bezpiecznego okresu pracy maszyny stanowi przedmiot aktualnie prowadzonych badań wielu ośrodków zagranicznych i krajowych [2]. W niniejszej pracy przedstawiono koncepcję komputerowego systemu oceny trwałości turbin opracowanego w Instytucie Maszyn i Urządzeń Energetycznych Politechniki Śląskiej.

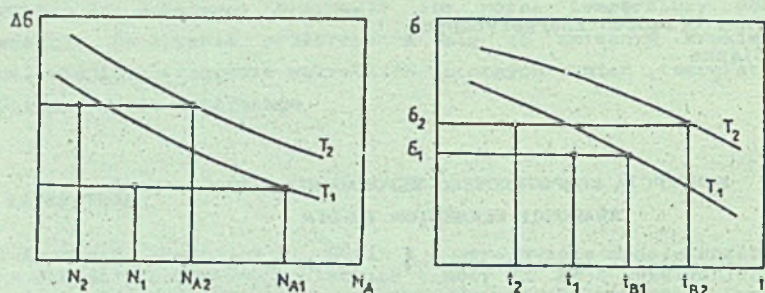
2. ORGANIZACJA SYSTEMU OCENY TRWAŁOŚCI TURBIN

Zadanie badawcze sformułowano następująco. Dla turbiny o znanych cechach konstrukcyjnych i danych warunkach pracy należy określić stopień zużycia (ułanki trwałości) dla analizowanej fazy eksploatacji turbiny.

Po przyjęciu hipotezy liniowej kumulacji uszkodzeń zużycie całkowite Z jest sumą zużycia wskutek pełzania podczas pracy ustalonej Z_t i zmęczenia niskocyklicznego w czasie pracy zmiennej Z_v

$$Z = Z_t + Z_z = \sum_{i=1}^n \frac{t_i}{t_{Bi}} + \sum_{j=1}^m \frac{N_j}{N_{Aj}}$$

gdzie: t_i - czas pracy elementu przy temperaturze T_i i naprężeniu σ_i , t_{Bi} maksymalny czas pracy wynikający z charakterystyki pełzaniowej, N_j - liczba cykli zmian obciążenia, N_{Aj} - maksymalna liczba cykli wynikająca z charakterystyki zmęczeniowej (rys.1).



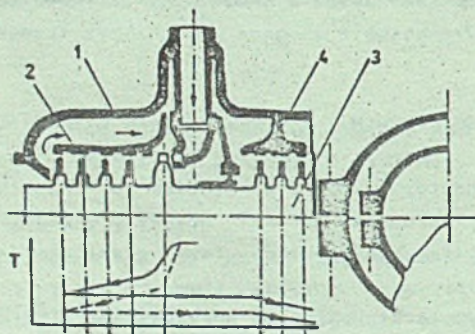
Rys.1. Charakterystyka zmęczeniowa i pełzaniowa

Fig.1. Creep and fatigue curves

Proponowany system oceny stopnia zużycia elementów turbin składa się z czterech modułów:

- I. Opis warunków pracy turbiny.
- II. Modelowanie stanów ciepno-wytrzymałościowych.
- III. Wyznaczenie ułamków trwałości.
- IV. Ocena zużycia elementów turbin.

Centralną częścią systemu oceny stopnia zużycia eksploatacyjnego kadłubów i wirników turbin jest zbiór algorytmów i programów obliczeniowych dla modelowania stanów ciepno-wytrzymałościowych tych elementów. Wykorzystano tutaj wyniki własnych prac w tym zakresie (np.1-5). Badane elementy pokazano schematycznie na rys.2. Są to kadłuby (1,2), wirnik (3) i obejma (4). Oprócz tego należy kontrolować obciążenie cieplne i trwałość zaworów.



Rys.2. Część wysokopiężna turbiny

Fig.2. High-pressure part of turbine

3. OPIS WARUNKÓW PRACY TURBINY

Każda faza eksploatacji turbiny wywiera określony wpływ na trwałość elementów składowych. Warunki pracy (eksploatacji) turbin decydujące o trwałości głównych elementów można usystematyzować następująco:

- a) praca przy stałym obciążeniu w warunkach pełzania materiału,
- b) niestabilne stany przejściowe przewidziane w instrukcji eksploatacji turbiny:
 - rozruch z różnych początkowych stanów cieplnych,
 - zmiana mocy,
 - zatrzymanie i stygnięcie maszyny,
- c) nadzwyczajne stany robocze (np. szybkie zmiany parametrów, udar temperaturowy, plucie kotła, uderzenia wodne, niewłaściwa praca odwodnień).
- d) stany awaryjne.

W przypadku turbin projektowanych i modernizowanych dane dotyczące warunków pracy ustala konstruktor. Dla turbin eksploatowanych źródłem informacji są zdarzenia ruchowe zaistniałe w czasie użytkowania turbin. Materiał źródłowy stanowią:

- dokumentacja techniczno-eksploatacyjna turbiny i jej podzespołów,
- informacje o zdarzeniach rejestrowane w trakcie obsługi ruchowych urządzeń - raporty dobowe i inne,
- dokumentacja odzwierciedlająca działalność konserwacyjno-remontową,
- protokoły i raporty z badań i pomiarów diagnostycznych,
- informacje o zdarzeniach wyjątkowych (awariach itp.).

Podstawowymi danymi są:

- czas pracy turbiny i liczba uruchomień z różnych stanów cieplnych,
- przebiegi czasowe parametrów pary w czasie rozruchów i zmiany mocy,
- przebiegi czasowe temperatury metalu w wybranych punktach turbiny. prędkości nagrzewania, wydłużenia cieplne (względne i bezwzględne),
- początkowy stan techniczny głównych elementów turbiny.
- wyniki systematycznie wykonywanych pomiarów i badań
- przyczyny zatrzymania i odstawiania turbiny,
- okoliczności wymiany lub naprawy elementów.

4. KILKA UWAG NA TEMAT MODELOWANIA NAPRĘŻEN I ODKSZTAŁCEN

Przedstawiony w punkcie 3 zakres informacji o warunkach pracy turbiny obejmuje wszystkie istotne z punktu widzenia trwałości procesy zachodzące w tych maszynach. Na tej podstawie modeluje się przebiegi czasowe naprężeń i odkształceń w głównych elementach. W stosunku do dotychczasowych rozwiązań z tego zakresu w opracowanym systemie szczególną uwagę zwrócono na:

- szczegółowy opis warunków pracy turbiny i wynikające z tego opisu termiczne i mechaniczne warunki brzegowe,
- proces pełzania materiału,
- proces zniszczenia materiału,
- historię obciążenia elementów.

Wymienione zagadnienia były dotychczas albo pomijane, albo uwzględniane w sposób bardzo uproszczony. I tak np. elementy pracujące w warunkach pełzania były liczone jako ciała sprężyste, a wyznaczone w ten sposób naprężenia stanowiły podstawę do oceny czasu pracy (trwałości pełzaniowej). Błędy spowodowane takim uproszczeniem są znaczne (tab.1)

Tablica 1

Element	Stan sprężysty		Pełzanie	
	σ , MPa	t, h	σ , MPa	t, h
Tarcza	132	$1.5 \cdot 10^4$	91	$4 \cdot 10^4$
Powłoka grubościenna	78	$7 \cdot 10^4$	52	$2 \cdot 10^5$

LITERATURA

1. Chmielniak T., Kosman G., Rusin A., Dembiński L.: System programów realizujących obliczenia pól temperatury i naprężeń termicznych w elementach turbin. Oprac. IMiUE Politechniki Śląskiej nr 88/K. Gliwice 1988.
2. Kosman G., Rusin A., Czepelak J.: Analiza porównawcza różnych metod określenia trwałości turbin parowych Oprac. IMiUE Politechniki Śl. nr 78/K. Gliwice 1987.
3. Kosman G., Rusin A., Albrecht D., Theilig H.: Lebensdauerbewertung an Ventilgehäusen von Dampfturbinen. Maschinenbautechnik nr 11, 1990.
4. Kosman G., Rusin A.: Termowytrzymałość maszyn przepływowych. Cz.II. Zagadnienia plastyczności i pełzania. Skrypt Politechniki Śląskiej. Gliwice 1990
5. Chmielniak T., Kosman G., Rusin A.: The monitoring system of operational efficiency and thermal load in steam turbines based on measuring steam parameters. INTERFLUID - 1 st International Congress on Fluid Handling Systems. Essen, 1990.

ИДЕЯ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ТУРБИН

Р а з р ы е

В докладе рассматривается систему оценки долговечности и выработки ресурса элементов паровых и газовых турбин. Система приспособлена для ЭВМ типа РС. Это дает возможность работы системы на электростанциях.

CONCEPT OF COMPUTED - AIDED EVALUATION OF THE DURABILITY OF TURBINE ELEMENTS

S u m m a r y

The subject of the present paper is a computer system for determining the operational degree of wear of the elements of thermal turbines. The system may be implemented in personal computers and may be installed directly in power plants.