

Roman KROK<sup>1)</sup>, Roman MIKSIEWICZ<sup>2)</sup>

## OCENA MOŻLIWOŚCI PODWYŻSZENIA MOCY TURBOGENERATORA 500 MW

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono model cieplny oraz wyniki obliczeń turbogeneratora o mocy 500 MW z bezpośrednim zabierakowym systemem wentylacji. W oparciu o przeprowadzoną analizę wyników obliczeń i pomiarów określono stopień wykorzystania cieplnego uzwojeń. Przedstawiono propozycję zmiany konstrukcji uzwojenia wzbudzenia w celu zmniejszenia maksymalnego przyrostu temperatury. Bazując na wynikach obliczeń cieplnych dla zaproponowanych zmian konstrukcyjnych uzwojenia wirnika wykazano, że możliwe jest zwiększenie mocy generatora do 540 MW.

## ESTIMATION OF POSSIBILITIES OF INCREASE IN 500 MW TURBOGENERATOR POWER

**Summary.** The paper presents the thermal model and the calculation results of 500 MW turbogenerator with diagonal direct system of ventilation. Basing on the analysis of the calculation and measurement results the winding thermal factor is determined. The proposal of the excitation winding construction change in order to decrease the maximum temperature rise is presented. Basing on the thermal calculation results for the suggested construction changes of the rotor winding the possibility of increase in the turbogenerator power up to 540 MW is shown.

**Key words:** turbogenerators, thermal calculations, thermal equivalent diagrams

### 1. WSTĘP

W ostatnim okresie obserwuje się zainteresowanie elektrowni zawodowych powiększeniem mocy eksploatowanych turbogeneratorów. Moc turbin napędzających turbogeneratory można, przez wprowadzenie niewielkich zmian, zwiększyć od 5% do 15%. Jedynym elementem ograniczającym zwiększenie mocy bloku jest turbogenerator. W turbogeneratorach dużej mocy maksymalne przyrosty temperatury są zbliżone do dopuszczalnych i nie ma możliwości zwiększenia mocy znamionowych bez dokonania zmian konstrukcyjnych, umożliwiających obniżenie maksymalnych przyrostów temperatury lub zastosowanie izolacji wyższej klasy. Wykonanie dokładnych obliczeń cieplnych stanowi więc podstawę do analizy różnych rozwiązań konstrukcyjnych.

Prezentowane w literaturze [1, 5, 6] modele cieplne wirnika z bezpośrednim zabierakowym systemem wentylacji opracowano przy założeniu, że temperatury wydzielonych elementów nie zmieniają się w obrębie swoich przekrojów poprzecznych i są równe średnim temperaturom w tych przekrojach. Modele te opracowano przy pominięciu przepływu ciepła pomiędzy prętami elementarnymi pomijając strumień ciepła przepływający z prętów do odkuwki wirnika. Ze względu na to, że izolacja żłobkowa uzwojenia wzbudzenia jest bardzo cienka, założenie to w sposób istotny wpływa na obniżenie dokładności obliczeń.

Znalezienie rozwiązań umożliwiających obniżenie maksymalnego przyrostu temperatury stało się możliwe dzięki opracowaniu modelu cieplnego wirnika z zabierakowym systemem chłodzenia, który umożliwia uwzględnienie przepływu ciepła w uzwojeniu i medium chłodzącym. W opracowanym modelu łącznie potraktowano pręty uzwojenia oraz strugi gazu przepływającego w kanałach chłodzących. Taki model cieplny pozwala wyznaczyć rozkłady temperatur w prętach uzwojenia zarówno w kierunku aksjalnym, jak i w kierunku radialnym. W oparciu o opracowany przy tych założeniach model cieplny wirnika turbogeneratorsa 200 MW (również z zabierakowym systemem wentylacji) [2] wykonano obliczenia, które zostały zweryfikowane pomiarowo, dając

<sup>1)</sup> Dr inż. Katedra Maszyn i Urządzeń Elektrycznych, Politechnika Śląska, Gliwice ul. Akademicka 10a  
tel, fax: 237-1447, e-mail: r\_krok@kmiue.elekr.polsl.gliwice.pl

<sup>2)</sup> Dr inż. Katedra Maszyn i Urządzeń Elektrycznych, Politechnika Śląska, Gliwice ul. Akademicka 10a  
tel, fax: 237-1447, e-mail: r\_miks@kmiue.elekr.polsl.gliwice.pl

zadowalające wyniki. Obliczenia te wykazały, że najwyższe temperatury występują w pręcie położonym bezpośrednio pod klinem i w obliczeniach bardziej przybliżonych jest uzasadnione, żeby wziąć pod uwagę tylko ten pręt.

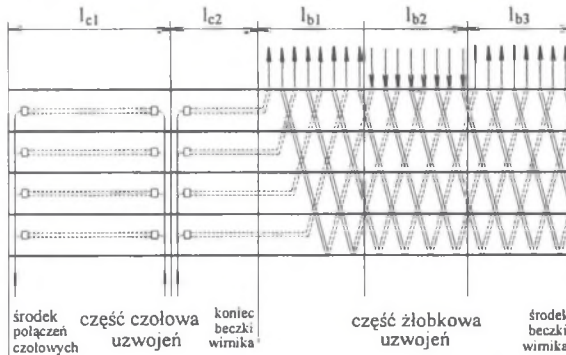
W artykule, na podstawie modelu cieplnego opracowanego dla wirnika generatora 200 MW, przygotowano model dla wirnika turbogeneratora o mocy 500 MW, zamieszczono wyniki obliczeń cieplnych tego wirnika w wersji fabrycznej. Do weryfikacji wyników obliczeń cieplnych wykorzystano zmierzone przez producenta generatora średnie przyrosty temperatury uzwojeń.

W oparciu o analizę obliczonego pola temperatury opracowano propozycję zmian konstrukcyjnych prowadzących do obniżenia maksymalnego przyrostu temperatury.

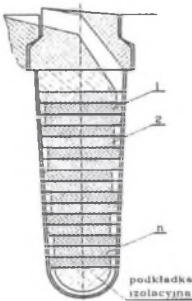
Dla zaproponowanych zmian wykonano obliczenia cieplne wirnika przy obciążeniu generatora mocą 500 MW, następnie zaś przy zwiększeniu mocy do 540 MW (przy zachowaniu znamionowego współczynnika mocy). Dla obydwu stanów pracy określono maksymalny i średni przyrost temperatury uzwojenia wzbudzenia.

## 2. MODEL CIEPLNY I METODA OBLICZEŃ POLA TEMPERATURY W WIRNIKU Z ZABIERAKOWYM SYSTEMEM CHŁODZENIA

### 2.1. Opis bezpośredniego zabierakowego systemu wentylacji wirnika



Rys. 1. Zabierakowy bezpośredni system wentylacji wirnika  
Fig. 1. Direct diagonal system of rotor ventilation



Rys.2. Przekrój poprzeczny żłobka wirnika turbogeneratora o mocy 500 MW  
Fig.2. Cross section of the rotor slot of 500 MW turbogenerator rotor

Dla zabierakowego [6] systemu wentylacji wirnika (rys.1) chłodzenie części żłobkowej uzwojenia wzbudzenia odbywa się za pomocą skośnych kanałów, którymi przepływa medium chłodzące, omywając pręty uzwojenia wzbudzenia z dwóch stron. Przez otwory wlotowe w klinach żłobkowej medium chłodzące przedostaje się ze szczeliny pomiędzy stojanem a wirnikiem generatora do kanałów położonych po jednej stronie prętów uzwojenia wzbudzenia, a następnie po dnie żłobka wirnika przepływa do kanałów znajdujących się po drugiej stronie prętów, skąd przechodzi do szczeliny przez otwory wlotowe w klinach. Medium chłodzące dopływa i odpływa w części żłobkowej strefami położonymi na przemian wzdłuż całej długości beczki wirnika.

W części czołowej uzwojenia wzbudzenia w każdym pręcie wykonane są po dwa kanały podłużne. Medium chłodzące przepływa przez kanały w wale wirnika pod kołpak, następnie przez kanały w częściach czołowych prętów, skąd wypływa otworami w klinach skrajnej strefy wirnika oraz kanałami w osi dużego zęba.

Kształt żłobka wirnika turbogeneratora o mocy 500 MW przedstawiono na rys.2. Żłobek ten w części zawierającej uzwojenie

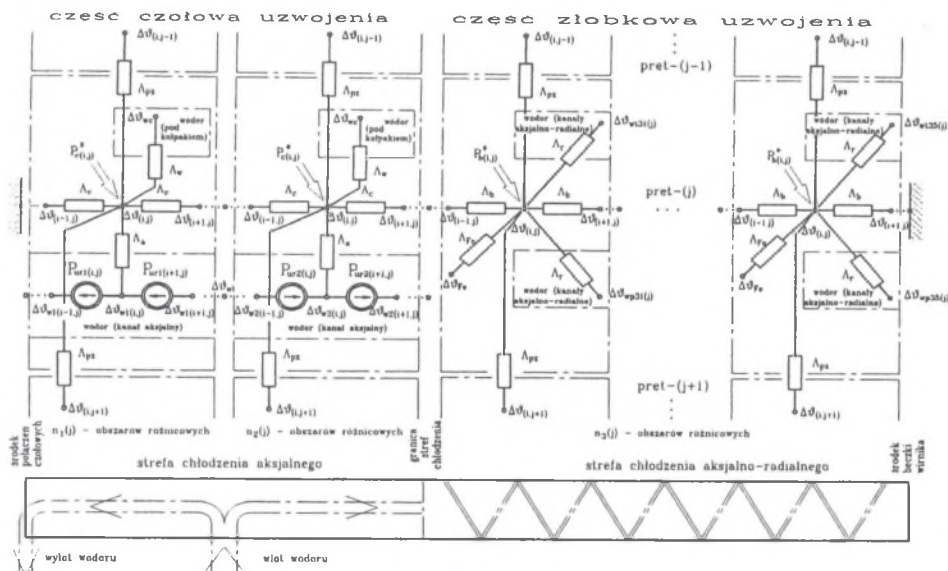
ma kształt trapezowy, zaś wysokości wszystkich prętów uzwojenia są jednakowe. Tego typu ukształtowanie uzwojenia powoduje, że gęstości prądu w poszczególnych prętach są różne. Najmniejsza jest gęstość prądu w przecię położonym bezpośrednio pod klinem, największa zaś w przecię znajdującym się na dnie żłobka. Z powodu zastosowania dwóch rodzajów cewek o różnej liczbie zwojów w wirniku wykonane są dwa rodzaje żłobków różniących się wysokością. Cewka wewnętrzna, o najkrótszych połączeniach czołowych (nr 1), zawiera 5 zwojów, zaś pozostałe cewki (nr 2÷9) zawierają 8 zwojów.

## 2.2. Model cieplny i metoda obliczeń pola temperatury

Model cieplny wirnika turbogeneratora z zabierakowym systemem chłodzenia powinien umożliwić wyznaczenie rozkładu temperatur w elementarnych prętach uzwojenia zarówno w kierunku aksjalnym, jak i radialnym. W wirniku z zabierakowym systemem chłodzenia część gazu chłodzącego uzwojenie przepływa w kanałach aksjalnych (w części czołowej uzwojenia), część zaś w kanałach aksjalno-radialnych (w części żłobkowej). Model cieplny musi więc obejmować obie strugi gazu i uwzględnić zjawiska unoszenia ciepła w strugach gazu oraz nagrzewania się medium chłodzącego, przepływającego w kanałach na skutek odbierania ciepła z powierzchni prętów uzwojenia.

W modelu uwzględniono strumienie ciepła przepływające pomiędzy prętami elementarnymi oraz z prętów do odkuwki wirnika. Obliczenie rozkładu przyrostów temperatury w prętach elementarnych oraz w strugach gazu pozwoliło określić maksymalny przyrost temperatury uzwojenia oraz zlokalizować miejsce, w którym on występuje. Tego typu informacje stały się podstawą do opracowania koncepcji zmian konstrukcji uzwojenia wzbudzenia umożliwiających obniżenie maksymalnego przyrostu temperatury.

Przy opracowaniu modelu cieplnego wirnika wykorzystano metodę różnic skończonych. Równaniom różnicowym przewodnictwa ciepła przyporządkowano zastępcze schematy cieplne. Każdemu obszarowi różnicowemu odpowiada jeden węzeł na schemacie cieplno-elektrycznym (rys.3).



Rys.3. Zastępczy schemat cieplno-elektryczny dla zabierakowego systemu wentylacji wirnika  
Fig. 3. Thermal – electrical equivalent diagram for direct diagonal system of rotor ventilation

Schemat ten ze względu na symetrię cieplną obejmuje jedną czwartą cewki uzwojenia wzbudzenia. Podziału na elementy różnicowe dokonuje się wzdłuż długości pręta oraz wzdłuż

wysokości zębka. Gęstość podziału elementów wirnika na obszary różnicowe dobrano eksperymentalnie w taki sposób, aby uzyskać dokładność obliczeń numerycznych pola temperatury równą 0.1 K. Wymagało to w tym przypadku podziału prętów uzwojenia wzbudzenia na około 2000 obszarów różnicowych.

Obliczenia wykonywane są iteracyjnie i w każdej iteracji rozwiązywany jest układ równań algebraicznych utworzonych na podstawie schematu zastępczego. Ma on w tym przypadku postać:

$$[A]_{(j)}[S_p]_{(j)} = [B]_{(j)} - [P]_{(j)}, \quad (1)$$

gdzie:

$[P]_{(j)}$  - wektor mocy ciepłych przekazywanych z rozpatrywanego j-tego pręta do prętów sąsiednich oraz do żelaza:

$$[P]_{(j)} = [P_{1(j)} \ P_{2(j)} \ \dots \ P_{i(j)} \ \dots \ P_{n(j)} \ 0 \ \dots \ 0]^T, \quad (2)$$

$$[S_p]_{(j)} = [[S]_{(j)} \ [S_w]_{(j)}]^T, \quad (3)$$

$[A]_{(j)}$  - macierz przewodności ciepłych,  $[B]_{(j)}$  - wektor wymuszeń ciepłych,

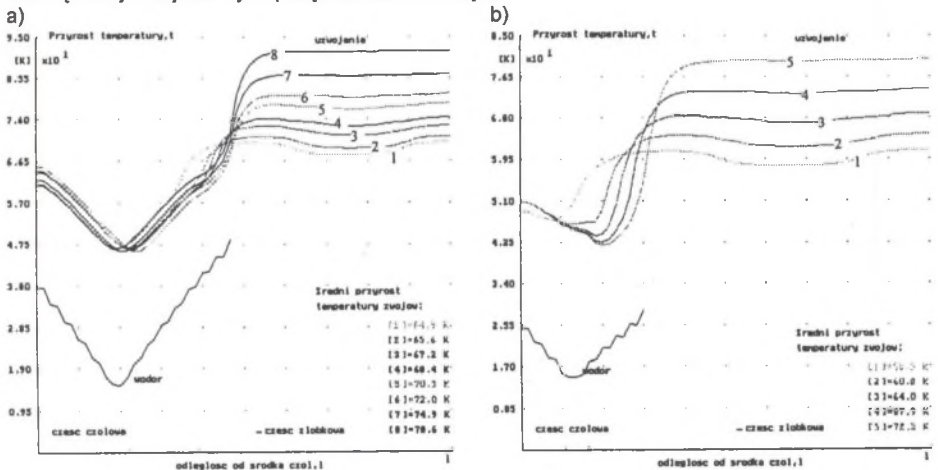
$[S]_{(j)}$  - wektor temperatur węzłów reprezentujących elementarne odcinki j-tego pręta,

$[S_w]_{(j)}$  - wektor temperatur węzłów reprezentujących wodór przepływający w kanałach aksjalnych w j-tym pręcie.

W celu zapewnienia możliwości instalowania programu i wykonywania obliczeń na komputerach klasy PC opracowano własny algorytm obliczeniowy [2], skracający czas obliczeń do około 40 s na komputerze PC (266 MHz).

### 3. WYNIKI OBLICZEŃ ROZKŁADÓW PRZYROSTÓW TEMPERATUR W WIRNIKU TURBOGENERATORA O MOCY 500 MW W WERSJI FABRYCZNEJ

Na rys.4 przedstawiono wyniki obliczeń przyrostów temperatury w skrajnych cewkach uzwojenia wzbudzenia: cewce zewnętrznej o najdłuższych połączeniach czołowych oraz cewce wewnętrznej o najkrótszych połączeniach czołowych.



Rys.4. Rozkłady przyrostów temperatur w prętach uzwojenia wzbudzenia oraz w wodrze przepływającym w aksjalnych kanałach chłodzących przy znamionowym prądzie wzbudzenia  $I_m=3550$  A, w cewkach: a) zewnętrznej, b) wewnętrznej

Fig.4. Distributions of temperature rises in the excitation winding bars and in hydrogen flowing through axial ducts at the rated exciting current  $I_m=3550$  A, in coils: a) outer, b) inner

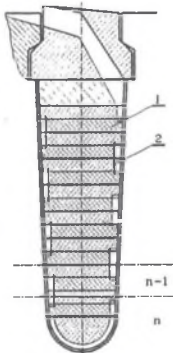
Obliczenia wykonano dla znamionowych warunków pracy generatora. Na wykresach przedstawiono rozkłady przyrostów temperatury w poszczególnych prętach uzwojenia wzdłuż długości uzwojenia dla jednej czwartej długości cewki. Za początek układu współrzędnych przyjęto środek połączeń czelowych. Wykresy zawierają również rozkłady przyrostów temperatury w strugach wodoru przepływającego w aksjalnych kanałach chłodzących, znajdujących się w części czelowej uzwojenia.

W przypadku prętów uzwojenia wzbudzenia turbogeneratorsa o mocy 500 MW maksymalna różnica pomiędzy maksymalnymi przyrostami temperatury w prętach położonych na dnie żłobka i pod klinem (przy znamionowym obciążeniu generatora) wynosi około 25 K. Tak duża różnica jest spowodowana znacznym nagrzewaniem się medium chłodzącego przepływającego w kanałach aksjalno-radialnych oraz różną gęstością prądu w prętach elementarnych, spowodowaną trapezowym kształtem żłobka. Wyznaczony z obliczeń średni przyrost temperatury uzwojenia wzbudzenia wynosi 69 K. Maksymalny przyrost temperatury występuje w cewce zewnętrznej, w części żłobkowej pręta położonego na dnie żłobka i wynosi 90 K. Według danych producenta turbogeneratorsa [8] zmierzone średnie przyrosty temperatur uzwojenia wzbudzenia w warunkach znamionowego obciążenia dla kilku wyprodukowanych turbogeneratorsów zawarte są w przedziale 56–58 K.

W warunkach znamionowego obciążenia zmierzony maksymalny przyrost temperatury w uzwojeniu stojana wynosi 25 K, zaś maksymalny przyrost temperatury w rdzeniu stojana wynosi 28 K. Zgodnie z wymaganiami określonymi przez producenta dopuszczalny maksymalny przyrost temperatury uzwojenia stojana wynosi 65 K. Tak duża nadwyżka dopuszczalnego maksymalnego przyrostu temperatury ponad występujący w generatorze sprawia, że można bez niebezpieczeństwa uszkodzenia termicznego zwiększyć obciążenie uzwojenia stojana w celu uzyskania przewidywanego wzrostu mocy.

Jak wynika więc z pomiarów i obliczeń, uzwojenie wzbudzenia jest dobrze wykorzystane cieplnie. Planując zwiększenie mocy generatora, przy jednoczesnym zachowaniu znamionowego współczynnika mocy, należy wprowadzić zmiany, które umożliwią obniżenie maksymalnego przyrostu temperatury w uzwojeniu wzbudzenia.

#### 4. PROPOZYCJA ZMIAN KONSTRUKCYJNYCH UMOŻLIWIAJĄCYCH ZMNIJSZENIE MAKSYMALNEGO PRZYROSTU TEMPERATURY W UZWOJENIU WZBUDZENIA



Rys. 5. Przekrój poprzeczny żłobka wirnika turbogeneratorsa o mocy 500 MW po zmianie uzwojenia

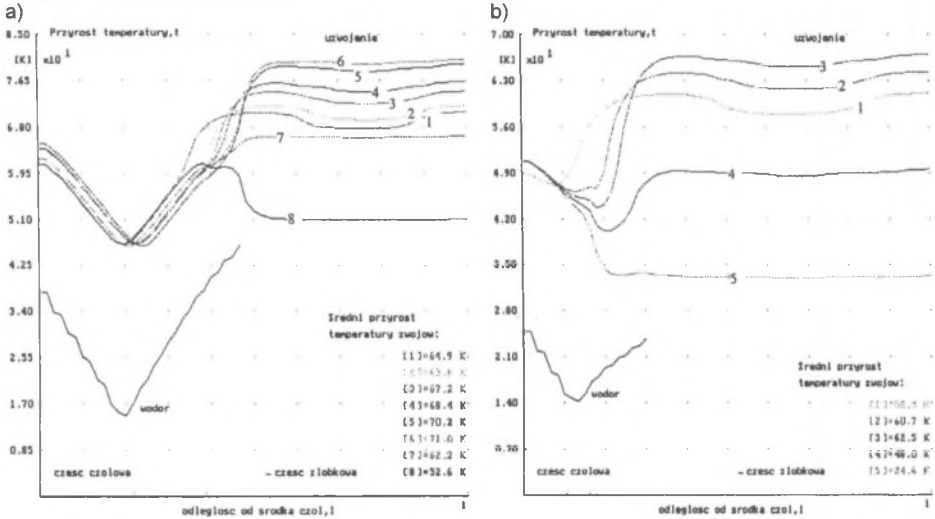
Fig. 5. Cross section of the rotor slot of 500 MW turbogenerator rotor after change of winding bar cross sections

Proponowana zmiana budowy uzwojenia wzbudzenia ma na celu obniżenie maksymalnego przyrostu temperatury występującego w pręcie położonym na dnie żłobka. Proponuje się wprowadzenie na dnie żłobka w miejscu, gdzie dotychczas występuje podkładka izolacyjna, tak samo ukształtowanego jak podkładka dodatkowego pręta miedzianego. Oprócz zwiększenia powierzchni przekroju miedzi w żłobku proponowane jest zwiększenie powierzchni przekroju poprzecznego dwóch prętów umieszczonych na dnie żłobka (prętów o numerach  $n-1$ ,  $n$ ). Nowy podział uzwojenia na pręty elementarne przedstawiono na rys. 5. Taka zmiana konstrukcyjna nie wprowadza żadnych zmian systemu wentylacji. Zaproponowane rozwiązanie jest również korzystne z punktu widzenia niskich kosztów modernizacji. Można praktycznie w pełni wykorzystać istniejące uzwojenie. Koszt takiej modernizacji ogranicza się do wykonania dodatkowych prętów profilowych wprowadzonych na dno żłobków oraz przecięcia na połowę jednego z istniejących prętów elementarnych i przedzielenia powstałych w ten sposób dwóch połówek dodatkową przekładką izolacyjną.

Dla proponowanych zmian w uzwojeniu wirnika wykonano obliczenia cieplne dla znamionowych warunków pracy generatora. Wyniki obliczeń przedstawiono na rys. 6.

Jak wynika z obliczeń, wprowadzenie proponowanych zmian w budowie uzwojenia wzbudzenia spowoduje obniżenie

maksymalnego przyrostu temperatury do wartości 78 K (obniżenie o 12 K w porównaniu z wersją fabryczną), zaś średniego przyrostu temperatury uzwojenia do 59 K (obniżenie o 10 K w porównaniu z wersją fabryczną). W prętach położonych na dnie żłobka przyrosty temperatury w części żłobkowej uzwojenia zmniejszą się o 19 K w cewce zewnętrznej i o 27 K w cewce wewnętrznej. Uzyskane tym sposobem obniżenie przyrostu temperatury w uzwojeniu umożliwiła zwiększenie prądu wzbudzenia.

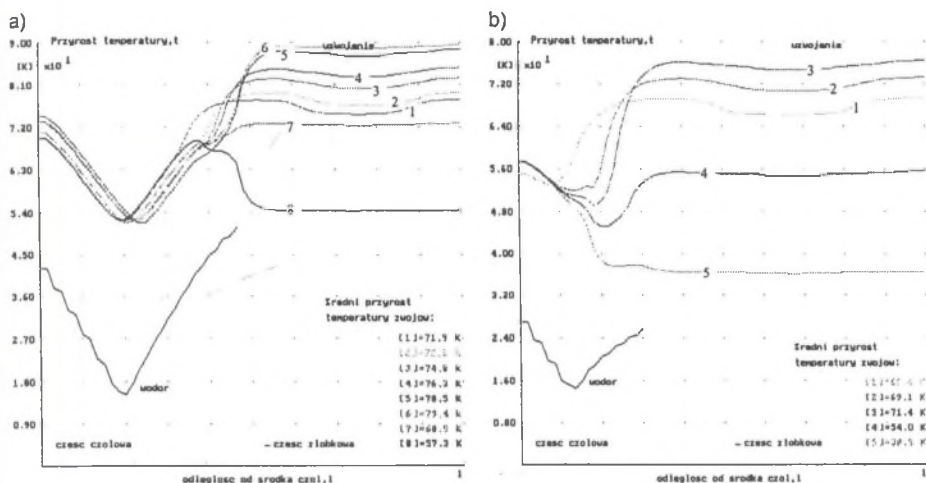


Rys. 6. Rozkłady przyrostów temperatury w prętach uzwojenia oraz w wodorze przepływającym w aksjalnych kanałach chłodzących po zmianach przekroju uzwojenia, przy znamionowym prądzie wzbudzenia  $I_m=3550$  A, w cewkach: a) zewnętrznej, b) wewnętrznej

Fig. 6. Distributions of temperature rises in the excitation winding bars and in hydrogen flowing through axial ducts after changes of winding cross section, at the rated exciting current  $I_m=3550$  A in coils: a) outer, b) inner

## 5. OBLICZENIA CIEPLNE WIRNIKA PO ZMIANACH KONSTRUKCYJNYCH UZWOJENIA PRZY OBCIĄŻENIU GENERATORA MOCĄ 540 MW

Na podstawie danych pomiarowych stanu jałowego i zwarcia określono prądy wzbudzenia dla kilku założonych obciążeń generatora ponad dotychczasową jego moc znamionową, zachowując przy tym taki sam współczynnik mocy. Wykonanie dla tych przypadków następnie obliczeń cieplnych pozwoliło na określenie mocy znamionowej generatora po wprowadzeniu zmian w uzwojeniu wzbudzenia. Z przeprowadzonej analizy wyników można wywnioskować, że turbogenerator może być obciążony mocą 540 MW, przy odpowiadającym temu obciążeniu prądzie wzbudzenia  $I_m=3800$  A. Wyniki obliczeń cieplnych wirnika odpowiadające zwiększonej do 540 MW mocy znamionowej zamieszczono na rys.7. Wyniki przedstawiono w formie rozkładów przyrostów temperatury w elementarnych prętach uzwojenia oraz w strugach wodoru przepływającego w kanałach aksjalnych w części czołowej uzwojenia. Rozkłady temperatury w prętach ponumerowano zgodnie z przyjętą konwencją numerowania prętów w żłobku (rys.5).



Rys.7. Rozkłady przyrostów temperatury w prętach uzwojenia oraz w wodorze przepływającym w aksjalnych kanałach chłodzących po zmianach przekroju uzwojenia, przy prądzie wzbudzenia  $I_f=3800$  A, w cewkach: a) zewnętrznej, b) wewnętrznej

Fig.7. Distributions of temperature rises in the excitation winding bars and in hydrogen flowing through axial ducts after changes of winding cross section, at exciting current  $I_f=3800$  A, in the coils: a) outer, b) inner

Jak wynika z wykresów przedstawionych na rys.7, maksymalny przyrost temperatury występuje w pręcie oznaczonym numerem 6 w cewce zewnętrznej (cewce o najdłuższych połączeniach czołowych) i wynosi 89 K. Średni przyrost temperatury uzwojenia w rozpatrywanym stanie pracy wynosi 71 K. Przy zwiększonym do 540 MW obciążeniu generatora temperatura izolacji nie przekroczy temperatury dopuszczalnej. Porównanie wyników obliczeń i pomiarów dla różnych przypadków przedstawiono w tab.1

Tabela 1

Przyrosty temperatury w uzwojeniu wzbudzenia turbogeneratora o mocy 500 MW w wersji fabrycznej oraz po wprowadzeniu proponowanych zmian w konstrukcji uzwojenia wzbudzenia

Lp.	Typ wirnika / stan obciążenia	Przyrost temperatury	
		maksymalny [K]	średni [K]
1.	wersja fabryczna / 500 MW, $I_n=3550$ A	90	69
2.	zmienione uzwojenie wirnika / 500 MW, $I_n=3550$ A	78	59
	zmodernizowany wirnik / 540 MW, $I_f=3800$ A	89	71

## 6. WNIOSKI

Pokazano, że opracowany model cieplny, algorytm obliczeń oraz program komputerowy jest użyteczny w obliczeniach cieplnych wirników turbogeneratorów z bezpośrednim zabierakowym systemem wentylacji. Z przeprowadzonych obliczeń cieplnych wirnika turbogeneratorsa o mocy 500 MW wynika, że po wprowadzeniu proponowanych zmian w uzwojeniu wirnika możliwe jest obniżenie (tab.1) maksymalnego przyrostu temperatury uzwojenia wzbudzenia. Zaproponowana zmiana w uzwojeniu wzbudzenia spowoduje obniżenie temperatur, zwiększy więc żywotność izolacji tego uzwojenia.

Obniżenie maksymalnego przyrostu temperatury można również wykorzystać dla celów podwyższenia mocy znamionowej generatora. Uzyskane wyniki obliczeń wskazują, że możliwe jest

zwiększenie mocy znamionowej turbogenerators do około 540 MW przy zachowaniu znamionowego współczynnika mocy.

## LITERATURA

1. Bytnar A., Przybysz J.: Pola temperatur generatora 500 MW. Przegląd Elektrotechniczny, z.8-9/1980.
2. Krok R., Miksiewicz R.: Analiza pola temperatur w uzwojeniu wzbudzenia generatora synchronicznego z chłodzeniem bezpośrednim zabierakowym. Materiały Konferencyjne XXXI Międzynarodowego Sympozjum Maszyn Elektrycznych, Maszyny Synchroniczne, Ustroń 1995.
3. Krok R., Miksiewicz R.: Monitoring of temperature fields in rotors during turbogenerator operation. ICEM 2000, 28-30 August 2000, Helsinki, Finland, ss.888-892.
4. Krok R., Miksiewicz R.: Thermal models of turbogenerator rotors for different cooling systems used in CAD. 9<sup>th</sup> International Conference and Exhibition on Power Electronics and Motion Control EPE-PEMC 2000, 5-7 September 2000, Kosice, Slovak Republic, ss.131-136.
5. Latek W., Przybysz J.: Rozkład temperatur w uzwojeniu wirnika turbogenerators z chłodzeniem bezpośrednim zabierakowym. Archiwum Elektrotechniki, z.3, Warszawa 1969.
6. Latek W.: Turbogenerators. WNT Warszawa 1973.
7. Praca zbiorowa pod redakcją J. Szarguta: Modelowanie numeryczne pól temperatury. WNT Warszawa 1992.
8. Zbornik „Elektrosila” No. 30, „Energija” Leningradskoje Otdielenije 1974.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Eugeniusz Koziej

Wpłynęło do Redakcji dnia 10 marca 2001 r.

## Abstract

The circuit model and calculation results for 500 MW turbogenerator rotor with direct diagonal system of ventilation (Fig.1) are presented in the paper. Thermal calculations of the rotor were carried out using own program basing on the finite difference method. Interpretation of the difference equation of the heat conduction in the form of the thermal-electrical network was used (Fig.3). In Fig.4 the distributions of temperatures in the 500 MW (manufacturer version) turbogenerator rotor elements at the rated regime are presented. Basing on the analyse of the calculated temperature distribution new cross sections of the excitation winding were proposed (Fig.5), which enable to decrease non-uniformity of the temperature distribution and the maximum of temperature rise.

Thermal calculation for the proposed changes at the rated turbogenerator power were carried out (Fig.6). From the calculation results one can draw a conclusion that the proposed winding changes will cause decrease of temperature rise in the excitation winding by about 12 K, so it will cause to increase life of the turbogenerator. The thermal calculation results at the load increase up to 540 MW and the rated power factor are shown in Fig.7.

It was stated that the excitation winding maximum temperature rise at this load of the modernised rotor will be the same (Table 1) like in the generator original version at the rated load.