

Increasing Generation Capacity by Power Unit Upgrades

Author

Roman Krok

Keywords

power unit capacity increase, turbogenerator set upgrade, synchronous generator design

Abstract

To ensure Poland's energy security in the coming years will require increasing the power system's generation capacity while at the same time improving both the efficiency of electricity generation and its use [1, 2]. One way of achieving this is to revitalize the old units in power plants, thus providing a capacity increase. The most difficult technical problem is to increase the output power and overhaul life of turbogenerator sets. Research has been conducted for 25 years at the Faculty of Electrical Engineering of the Silesian University of Technology aiming at the development of new solutions of a turbogenerator set's key major structural nodes [3]. Implemented solutions have enabled a turbogenerator set's output power increase by as much as 20% while extending the overhaul life from 200,000 to as many as 350,000 hours. The paper presents some examples of the upgrade of the largest in the Polish power system group of 200 MW turbogenerator sets. The current status of the study is reported as well as new solutions now developed to enable further increase in turbogenerator power well above 240 MW.

DOI: 10.12736/issn.2300-3022.2017102

Received: 27.01.2017

Received in revised form: 09.03.2017

Accepted: 09.03.2017

Available online: 30.03.2017

1. Introduction

Economic development is inextricably linked with the increase in demand for electricity. It is necessary to carry out multi-directional works to increase the power system's generation capacity and to improve the efficiency of electricity generation and use.

A beneficial method of increasing the generation capacity may be comprehensive upgrade of old units in power plants.

Analyses show that in most power units the steam turbine power can be significantly increased with minor structural alterations. The most difficult issue to solve is how to increase the turbogenerator output. A collaboration between the Faculty of Electrical Engineering of the Silesian University of Technology in Gliwice and EthosEnergy Poland SA in Lubliniec has brought about the engineering, development and implementation of a number of turbogenerator upgrade projects.

This paper presents examples of TWW 200 turbogenerator upgrades. The solutions so far implemented have enabled an increase in power output from the power units with these turbogenerators up to 240 MW with unchanged power factor.

2. TWW 200 turbogenerator upgrade with radial-axial cooling system retained

Upgrading the turbogenerator to increased capacity and extended overhaul life takes a change in the designs of many

elements and the use of new materials. The most difficult issue is to propose alterations that enable increasing the stator current and the magnetomotive force generated by the excitation winding while maintaining the temperature of the components below the limit.

TWW 200 turbogenerator's stator windings is directly cooled with distilled water. Thermal measurements showed relatively small increases in the stator winding temperature. It follows from calculations that to increase the turbo generator power up to 230 MW shall require no alterations of the stator winding. In terms of heat, the excitation winding is virtually fully utilised in turbogenerator's nominal operating condition. To increase the magnetomotive force generated by excitation winding in order to increase the turbogenerator's capacity to 230 MW while maintaining the rated power factor requires a change in the excitation winding structure.

Fig. 1 shows a grid of ducts for direct cooling of TWW 200 turbogenerator excitation winding. There are axial ducts in the conductors in the faces of the excitation winding coils, through which flow two hydrogen streams. One flows to the axial ducts in the conductors through holes on the arch of the coil face, and flows out through outlet orifices in the middle of the faces. The other flows in through separate holes on the arch of the coil face, flows through the axial ducts in the conductors towards rotor barrel,

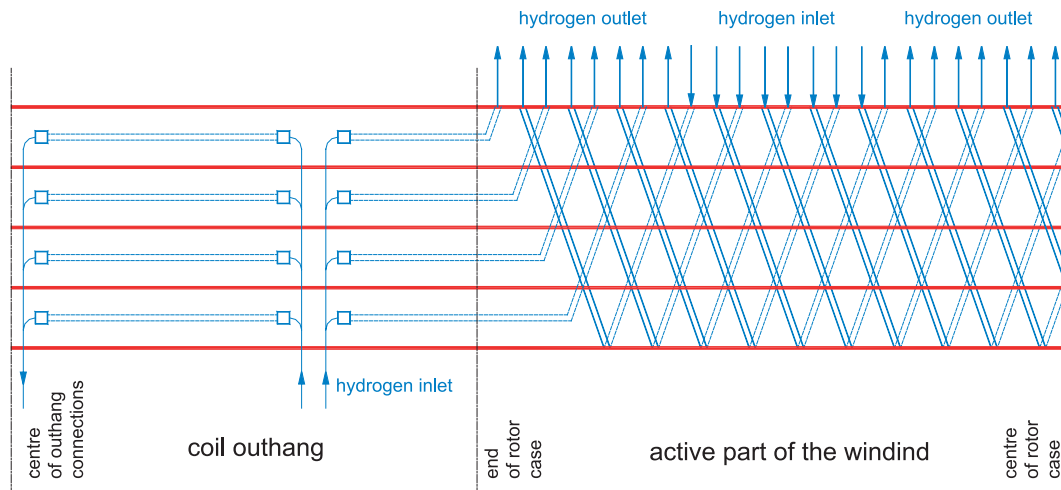


Fig. 1. Radial-axial cooling system in turbogenerator excitation winding

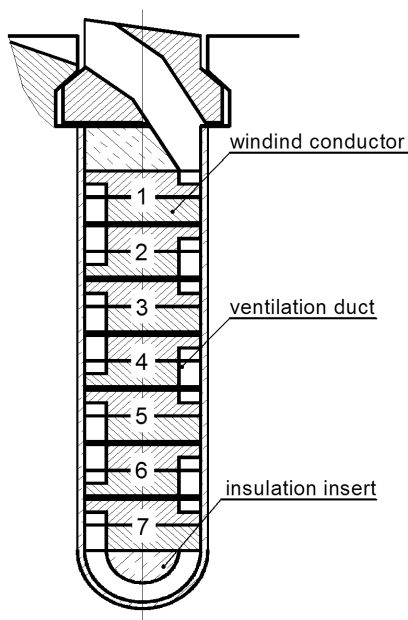


Fig. 2. Cross section of TWW 200 turbogenerator's rotor slot

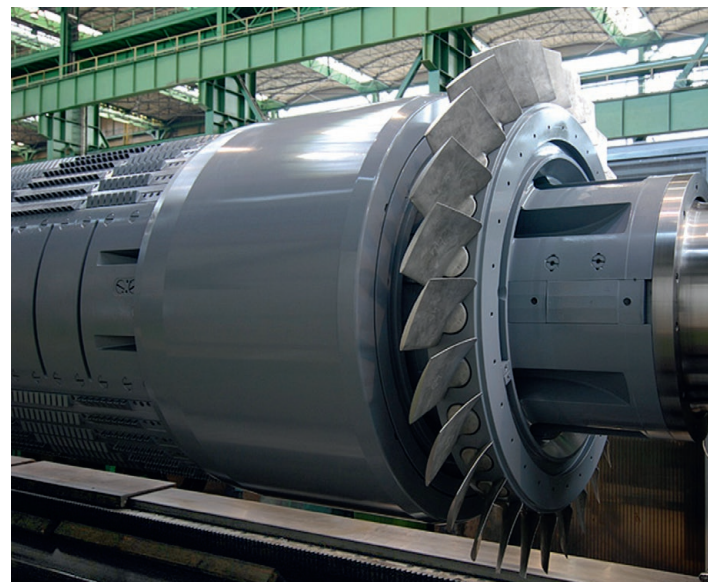


Photo 1. Turbogenerator rotor with slot wedges and a new fan mounted on the shaft

and then flows out through the radial-axial ducts and holes in the driver wedges of carrier in the first outlet zone.

Excitation winding in the slot part is cooled by streams of hydrogen flowing in the radial-axial ducts located on the side surface of the conductors (Fig. 2). Hydrogen is collected and directed to the stator – rotor gap with driver wedges arranged alternately in the charge and opposite directions (Photo 1).

The increase in the magnetomotive force generated by the excitation winding required for the increase in turbogenerator capacity up to 230 MW was achieved by replacing the insulating inserts at the bottom of rotor slots (Fig. 2) with profiled conductors of the same shape [4]. This way the number was increased of the turns in each winding coil by 1, thus increasing the magnetomotive force generated by the excitation winding (equal to the product of the number of turns and current) without changing the rated excitation current. With the rated

excitation current retained, the excitation winding temperature rise under turbogenerator load 230 MW and the rated power factor is practically the same as in the turbogenerator factory loaded with 200 MW.

Increasing the turbogenerator power required many additional structural changes. The most important of them are the reconstruction of the hydrogen cooler contained in the body and the alteration of the design of the turbogenerator stator core's extreme elements.

3. TWW 200 turbogenerator upgrade with rotor cooling system conversion from radial-axial to axial

The study shows that the increase in the turbogenerator output from 200 to 240 MW while maintaining the rated power factor requires above all an alteration of the rotor cooling system [5].

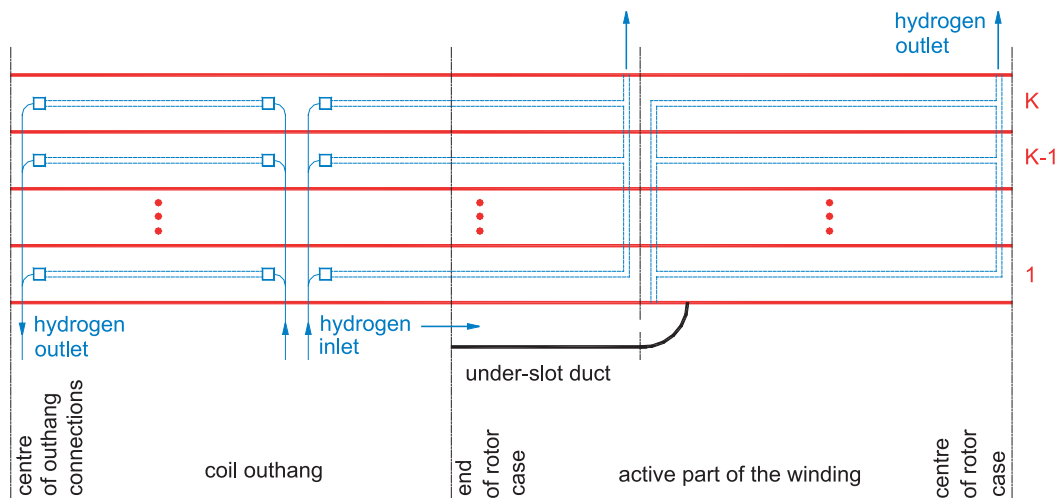


Fig. 3. Axial cooling system in turbogenerator excitation winding

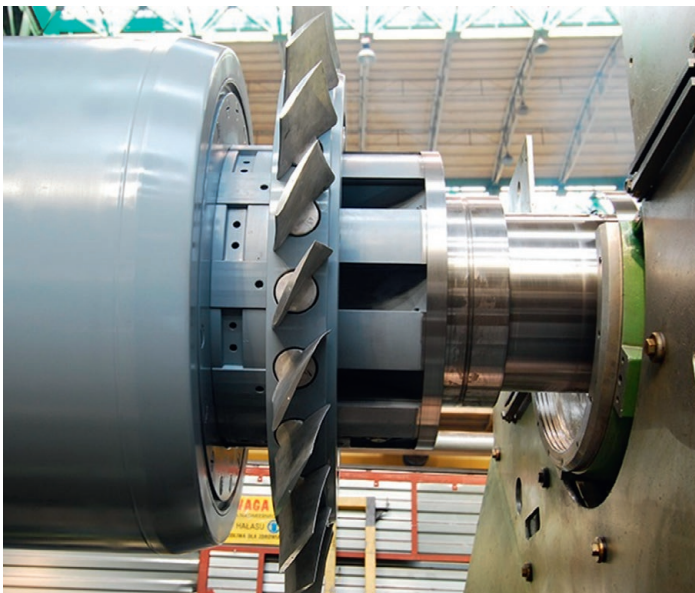


Photo 2. New fan mounted on rotor shaft



Photo 3. New rotor fan shield with rear guide vanes

Fig. 3 shows the new axial system of cooling excitation winding coils. Hydrogen flow in the cooling ducts is forced by two fans mounted on the shaft on both sides of the turbogenerator, additionally provided with rear guide vanes. The rotor ventilation system is symmetrical with respect to the plane perpendicular to the shaft axis passing through the rotor barrel centre. Consequently, the ventilation duct grid in each excitation winding quadrant is the same. Cold hydrogen is forced into the caps by the fans, and then through the radial ducts in the conductors on face-end connection arches flows to the axial ducts. One hydrogen stream flows through the axial channels in the conductors toward the winding coil face centre, and then flows out through the outlet orifices. The second stream flows through the axial channels in the conductors towards the rotor barrel. In the slot wedges and in conductors at a distance from the rotor barrel end there are radial outlet ducts, through which the hydrogen flows into the stator-rotor gap. The third hydrogen stream flows through under-slot ducts in the rotor barrel and then through the radial ducts to the axial ducts in the winding conductors. This stream flows into the stator-rotor gap near the rotor barrel centre through the radial ducts in the conductors and slot wedges.

Another important design alteration contributing to significantly improved cooling of the turbogenerator's active elements is replacement of the original rotor fans with new ones (Photo 2), and setting rear guide vanes in the fan shield (Photo 3). Comparative model tests in wind tunnel have shown increased efficiency of the new fan with rear guide vanes by 24% compared to the original fan without guide vanes originally installed in the turbogenerator. Increasing the turbogenerator output power required numerous additional alterations, including stator winding construction of new rods with reduced losses, hydrogen cooler upgrade to higher power, and change in the design of stator core's extreme elements to maintain temperature below limit.

4. Prospects for further TWW 200 turbogenerator power increase

In view of power plants' strong interest in upgrading 200 MW units with TWW 200 turbogenerators not only in Poland but also

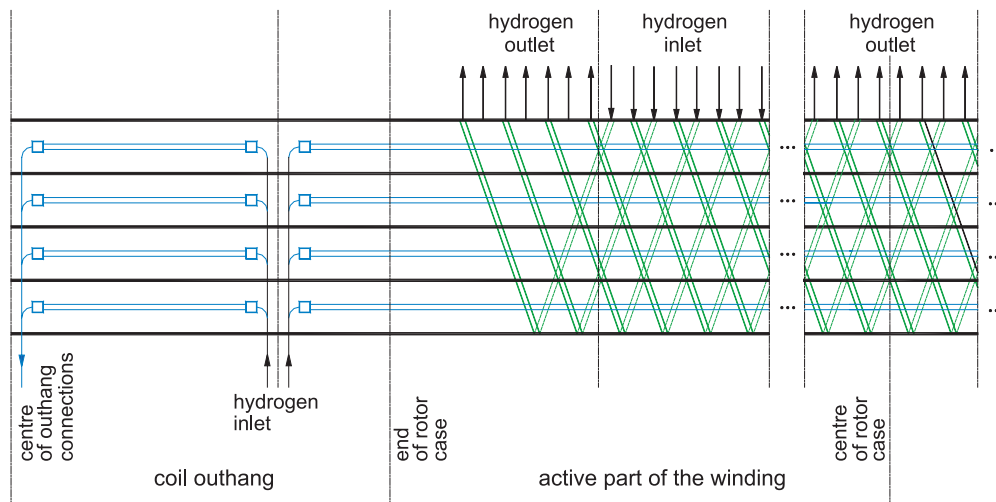


Fig. 4. Hybrid cooling system in turbogenerator excitation winding

in many countries of the European Union, the research has been continued of the capacity increase over current 240 MW. Analysis of the results of measurements and calculations of the turbogenerators upgraded to 240 MW shows that further increase in power while maintaining the rated power factor requires above all a significant upgrade of the excitation winding cooling.

Fig. 4 shows a new system designed for cooling the excitation winding [6], compatible with, inter alia, 200 MW turbogenerators. The essence of this hybrid solution is the introduce to the most heated slotted part of the excitation winding both axial channels and the radial-axial. Hydrogen flow in axial ducts is driven by fans mounted on the rotor shaft, and in radial-axial ducts by slot wedges arranged as drivers. Simulation studies show that with the excitation winding hybrid cooling system the turbogenerator power can be increased well above 240 MW while maintaining the rated power factor. To determine the maximum output of an upgraded power unit with this turbo generator first all elements must be calculated in detail and the results analysed, and only then appropriate changes may be proposed.

5. Conclusions

Support should be provided for in the Polish power sector development strategy to research on the upgrade of existing power units by an increase in capacity and extension of overhaul life. Power unit upgrade projects contribute to an increase in Poland's energy security by increasing the power system's generation capacity and electricity sources' reliability. It is also very important for Poland's energy security that the upgraded power units are fuelled with domestic coal and lignite, and biomass.

There currently are 65 200 MW units operated in Polish power plants. Increasing their capacity to 240 MW increases the capacity installed in the power system by 2,600 MW, which is equal to a very large new power plant. The study results show that this increase could be even greater.

They upgrade power units in power plants to increase capacity in the system in very many countries in the world. The units upgraded by EthosEnergy Poland SA in Lubliniec power plant are operated with much higher output power in European Union countries and in Asia (e.g. in China, Korea).

REFERENCES

1. R. Szczerbowski, "Bezpieczeństwo energetyczne Polski – mix energetyczny i efektywność energetyczna" [Polish energy security – energy mix and energy efficiency], "Polityka Energetyczna", [Energy Policy Journal], Vol. 16, book 4, 2013, pp. 35–47.
2. J. Tchórz, "Programy badawcze realizowane przez TAURON Wytwarzanie S.A." [Research programmes implemented by TAURON Wytwarzanie S.A.], VIII Scientific and Technical Conference „Ochrona Środowiska w Energetyce” [Environmental protection in the power sector], Katowice 2013.
3. R. Krok, P. Marian, "Continuation of Prof. Władysław Latek's research – revitalization of old power units", "Bulletin of the Polish Academy of Sciences", Vol. 64, No. 4, 2016, pp. 957–962.
4. R. Krok, "Sieci cieplne w modelowaniu pola temperatury w maszynach elektrycznych prądu przemiennego" [Heat networks in the modeling of temperature field in AC electrical machines], Silesian University of Technology Publishers, habilitation monograph, Gliwice 2010.
5. R. Krok, M. Pasko, "The modernization of turbogenerators as a method of decreasing electrical energy production costs", "Technical Transactions", book 1-E (8), 2015, pp. 191–201.
6. J. Adamek et al., "Układ chłodzenia wirnika turbogeneratora" [Turbogenerator rotor cooling system], invention patent No. 224,128 granted by the Polish Patent Office in 2016.

Roman Krok

Silesian University of Technology

e-mail: Roman.Krok@polsl.pl

For 25 continuous years a lecturer/researcher at the Faculty of Electrical Engineering of the Silesian University of Technology, which he graduated from and was awarded academic degrees at. He deals with issues of thermal calculations, design, construction refinement, protections and operation of turbogenerators, power transformers and mining motors. Co-authored many turbogenerator upgrade projects successfully implemented in Poland, and in the European Union and Asia.

This is a supporting translation of the original text published in this issue of "Acta Energetica" on pages 15–19. When referring to the article please refer to the original text.

PL

Zwiększenie mocy wytwórczych poprzez modernizację bloków energetycznych elektrowni

Autor
Roman Krok

Słowa kluczowe

podwyższenie mocy bloku energetycznego, modernizacja turbogenerатора, projektowanie generatora synchronicznego

Streszczenie

Zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego Polski w najbliższych latach będzie wymagało zwiększenia mocy wytwórczych w systemie elektroenergetycznym połączonego z poprawą efektywności zarówno wytwarzania, jak i wykorzystania energii elektrycznej [1, 2]. Jednym ze sposobów realizacji tego celu jest przeprowadzenie rewitalizacji starych bloków energetycznych elektrowni zapewniającej podwyższenie mocy. Najtrudniejszym problemem technicznym jest zwiększenie mocy oraz rezerwu technicznego turbogeneratorów. Od 25 lat na Wydziale Elektrycznym Politechniki Śląskiej prowadzone są prace badawcze, których celem jest opracowanie nowych rozwiązań głównych węzłów konstrukcyjnych turbogeneratorów [3]. Wdrożone do produkcji rozwiązania umożliwiły podwyższenie mocy turbogeneratorów nawet o 20% przy jednoczesnym zwiększeniu rezerwu technicznego z 200 do nawet 350 tysięcy godzin. W artykule przedstawiono przykładowe modernizacje najliczniejszej w polskim systemie elektroenergetycznym grupy turbogeneratorów o mocy 200 MW. Zaprezentowano stan aktualny prowadzonych prac oraz opracowane nowe rozwiązania umożliwiające dalszy wzrost mocy turbogeneratorów znacznie powyżej 240 MW.

Data wpływu do redakcji: 27.01.2017

Data wpływu do redakcji po recenzjach: 09.03.2017

Data akceptacji artykułu: 09.03.2017

Data publikacji online: 30.03.2017

1. Wprowadzenie

Rozwój gospodarki kraju jest nieodłącznie związany ze wzrostem popytu na energię elektryczną. Konieczne jest prowadzenie wielokierunkowych prac mających na celu wzrost mocy wytwórczych w systemie elektroenergetycznym oraz poprawę efektywności wytwarzania i wykorzystania energii elektrycznej.

Metodą zwiększenia mocy wytwórczych mającą wiele zalet może być prowadzona kompleksowo modernizacja starych bloków energetycznych elektrowni.

Z przeprowadzonych analiz wynika, że w większości bloków energetycznych znaczne zwiększenie mocy turbiny parowej jest możliwe po wprowadzeniu niewielkich zmian konstrukcyjnych. Najtrudniejszym zagadnieniem do rozwiązania jest podwyższenie mocy turbogenerатора. Efektem współpracy Wydziału Elektrycznego Politechniki Śląskiej z firmą EthosEnergy

Poland SA w Lublińcu jest opracowanie wielu wdrożonych do produkcji projektów modernizacji turbogeneratorów.

W artykule przedstawiono przykłady modernizacji turbogeneratorów typu TWW-200. Wdrożone dotychczas rozwiązania umożliwiły podwyższenie mocy bloków energetycznych z tymi turbogeneratorami do 240 MW przy zachowanym znamionowym współczynniku mocy.

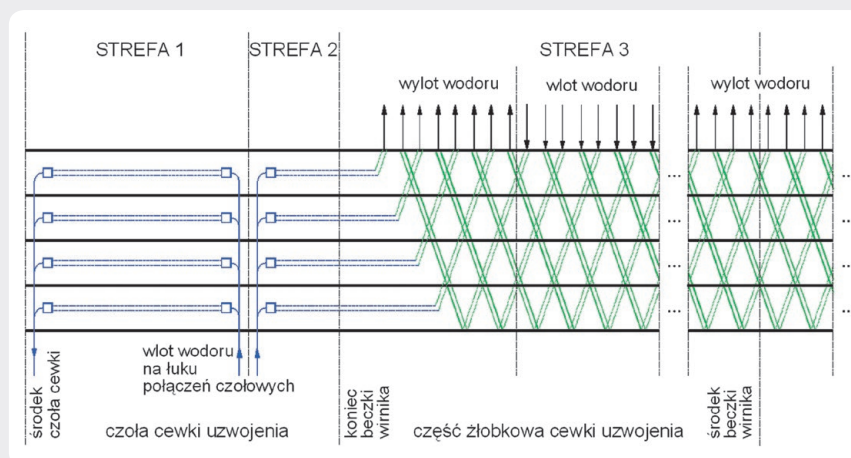
2. Modernizacja turbogenerатора TWW-200 z zachowaniem zabierakowego systemu chłodzenia w wirniku
Modernizacja rozpatrywanego turbogenerатора w celu podwyższenia mocy i zwiększenia rezerwu technicznego wymaga zmiany konstrukcji wielu elementów oraz zastosowania nowych materiałów. Najtrudniejszym zagadnieniem jest zaproponowanie zmian umożliwiających zwiększenie prądu stojana

oraz siły magnetomotorycznej wytworzonej przez uzwojenie wzbudzenia przy zachowaniu temperatury elementów na poziomie nieprzekraczającym wartości dopuszczalnej.

W turbogeneratorach typu TWW-200 uzwojenie stojana jest chłodzone bezpośrednio wodą destylowaną. Pomiaru ciepłe wykazały stosunkowo małe przyrosty temperatury uzwojenia stojana turbogenerатора. Z wykonanych obliczeń wynika, że podwyższenie mocy turbogenerатора nawet do 230 MW nie wymaga zmiany uzwojenia stojana. Uzwojenie wzbudzenia w znamionowym stanie pracy turbogenerатора jest praktycznie w pełni wykorzystane pod względem cieplnym. Uzyskanie wzrostu siły magnetomotorycznej wytworzonej przez uzwojenie wzbudzenia w celu zwiększenia mocy turbogenerатора do 230 MW przy zachowaniu znamionowego współczynnika mocy wymaga zmiany konstrukcji uzwojenia wzbudzenia.

Na rys. 1 przedstawiono sieć kanałów dla zabierakowego systemu chłodzenia uzwojenia wzbudzenia turbogenerатора TWW-200. W przewodach w czołach cewek uzwojenia wzbudzenia znajdują się kanały osiowe, przez które przepływają dwie strugi wodoru. Jedna wpływa do kanałów osiowych w przewodach otworami usytuowanymi na łuku czoł cewek, zaś wypływa otworami wylotowymi w środku czoł. Druga wpływa oddzielnymi otworami znajdującymi się na łuku czoł cewek, przepływa kanałami osiowymi w przewodach w kierunku beczki wirnika, a następnie wypływa kanałami promieniowo-osioowymi i otworami w klinach zabierakowych w pierwszej strefie wylotowej.

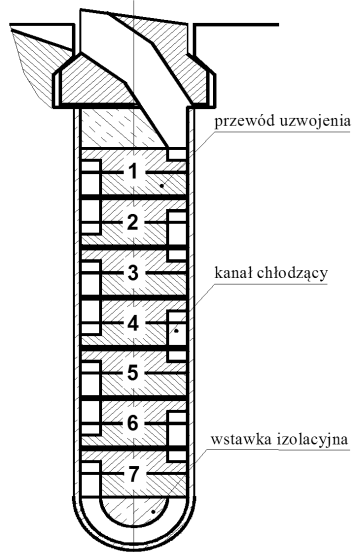
Uzwojenie wzbudzenia w części żłobkowej chłodzone jest strugami wodoru przepływającymi w kanałach promieniowo-osioowych znajdujących się na powierzchni bocznej przewodów (rys. 2). Wodór jest pobierany i wprowadzany do szczeliny stojan – wirnik



Rys. 1. Sieć kanałów chłodzących w uzwojeniu wzbudzenia turbogenerатора dla systemu zabierakowego

This is a supporting translation of the original text published in this issue of "Acta Energetica" on pages 15–19. When referring to the article please refer to the original text.

PL



Rys. 2. Przekrój poprzeczny żłobka wirnika turbogeneratorskiego TWW-200

za pomocą klinów zabierakowych usytuowanych naprzemiennie w kierunku natarcia oraz przeciwnym (fot. 1).

Zwiększenie siły magnetycznej wytworzonej przez uzwojenie wzbudzenia konieczne przy podwyższeniu mocy turbogeneratorskiego do 230 MW uzyskano poprzez zastąpienie wstawek izolacyjnych umieszczonych na dnie żłobków wirnika (rys. 2) profilowanymi przewodami o takim samym kształcie [4]. Tym sposobem zwiększono liczbę zwojów w każdej cewce uzwojenia wzbudzenia o 1, co zwiększyło siłę magnetyczną wytworzoną przez uzwojenie wzbudzenia (równą iloczynowi liczby zwojów i prądu) bez zmiany znamionowego prądu wzbudzenia. Zachowanie wartości znamionowego prądu wzbudzenia spowodowało, że przyrost temperatury uzwojenia wzbudzenia przy obciążeniu turbogeneratorskiego mocą 230 MW i znamionowym współczynnikiem mocy jest praktycznie taki sam jak w turbogeneratorskiej fabrycznym obciążonym mocą 200 MW.

Podwyższenie mocy turbogeneratorskiego wymagało dodatkowo wprowadzenia wielu zmian konstrukcyjnych. Najważniejsze z nich to przebudowa chłodnicy wodoru umieszczonej w korpusie oraz zmiana konstrukcji elementów skrajnych rdzenia stojana turbogeneratorskiego.

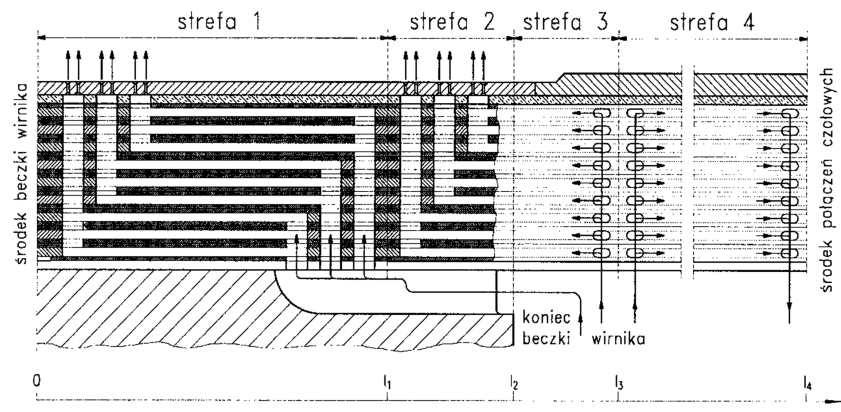
3. Modernizacja turbogeneratorskiego TWW-200 z zamianą w wirniku systemu chłodzenia z zabierakowego na osiowy

Z wykonanych badań wynika, że podwyższenie mocy rozpatrywanego turbogeneratorskiego z 200 do 240 MW przy zachowaniu znamionowego współczynnika mocy wymaga przede wszystkim zmiany układu chłodzenia w wirniku [5].

Na rys. 3 przedstawiono zastosowany nowy osiowy system chłodzenia przewodów uzwojenia wzbudzenia. Przepływ wodoru w kanałach chłodzących wymuszają dwa wentylatory osadzone na wale po obu stronach turbogeneratorskiego, wyposażone



Fot. 1. Wirnik turbogeneratorskiego z zabierakowymi klinami żłobkowymi i nowym wentylatorem osadzonym na wale



Rys. 3. Sieć kanałów chłodzących w uzwojeniu wzbudzenia turbogeneratorskiego dla systemu osiowego

dotąd w tylne łopatki kierownicze. Układ wentylacji wirnika jest symetryczny względem płaszczyzny prostopadłej do osi wału przechodzącej przez środek beczki wirnika. W konsekwencji sieć kanałów wentylacyjnych w każdej ćwiartce cewki uzwojenia wzbudzenia jest taka sama. Zimny wódór jest wtłaczany pod kołpaki przez wentylatory, a następnie kanałami promieniowymi w przewodach na łukach połączeń czołowych wpływa do kanałów osiowych. Jedna struga wodoru przepływa kanałami osiowymi w przewodach w kierunku środka czoła cewki uzwojenia, a następnie wypływa otworami wylotowymi. Druga struga przepływa kanałami osiowymi w przewodach w kierunku beczki wirnika. W klinach żłobkowych oraz w przewodach w pewnej odległości od końca beczki wirnika znajdują się promieniowe kanały wylotowe, którymi wódór wypływa do szczeliny stojan-wirnik. Trzecia struga wodoru przepływa kanałami podżłobkowymi w beczce wirnika, a następnie wpływa kanałami promieniowymi do kanałów osiowych w przewodach uzwojenia. Struga ta wpływa do szczeliny stojan-wirnik w okolicy środka beczki wirnika promieniowymi kanałami w przewodach i klinach żłobkowych.

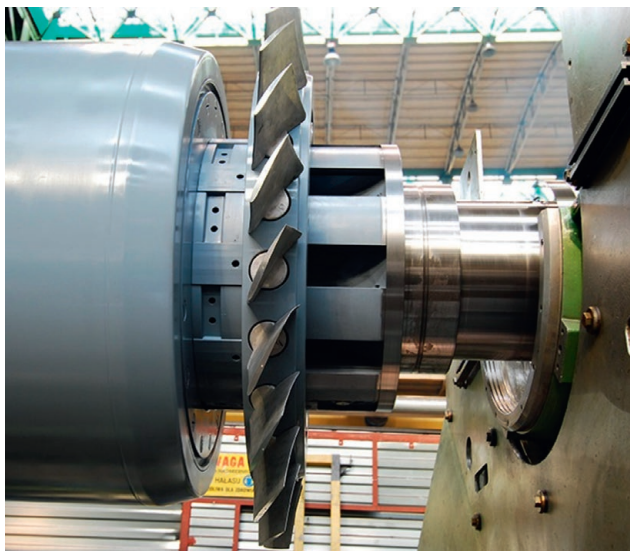
Bardzo ważną zmianą konstrukcyjną przyczyniającą się do znacznej poprawy chłodzenia elementów aktywnych turbogeneratorskiego jest wymiana oryginalnych wentylatorów wirnika na nowe (fot. 2) oraz dodatkowo zabudowanie w osłonach wentylatorów tylnych łopatek kierowniczych (fot. 3). Przeprowadzone modelowe badania porównawcze w tunelu aerodynamicznym wykazały wzrost wydajności nowego wentylatora z tylnymi łopatkami kierowniczymi o 24% w porównaniu z oryginalnym bez łopatek kierowniczych, zastosowanym w turbogeneratorskiej fabrycznym.

Zwiększenie mocy turbogeneratorskiego wymagało wprowadzenia wielu dodatkowych zmian, z których najważniejsze to: zbudowanie z wzmocnionymi stojanami nowych prętów o zmniejszonych stratach, modernizacja chłodnicy wodoru w celu podwyższenia mocy oraz zmiana konstrukcji elementów skrajnych rdzenia stojana w celu utrzymania temperatury na poziomie nieprzekraczającym wartości dopuszczalnej.

4. Perspektywy dalszego podwyższenia mocy turbogeneratorskiego typu TWW-200
Duże zainteresowanie elektrowni modernizacją bloków o mocy 200 MW

This is a supporting translation of the original text published in this issue of "Acta Energetica" on pages 15–19. When referring to the article please refer to the original text.

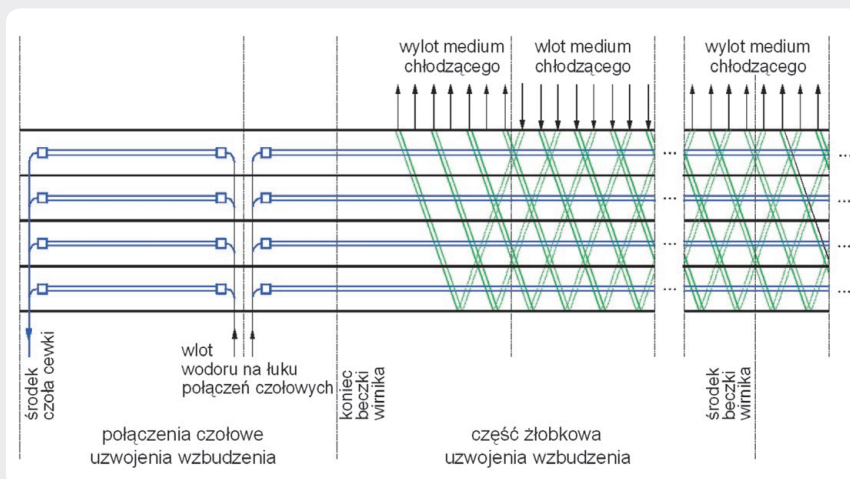
PL



Fot. 2. Nowy wentylator zabudowany na wale wirnika



Fot. 3. Nowa osłona wentylatora wirnika z tylnymi łopatkami kierowniczym



Rys. 4. Sieć kanałów chłodzących w uzwojeniu wzbudzenia turbogenerators dla systemu hybrydowego

z turbogeneratorami typu TWW-200 nie tylko w Polsce, ale również w wielu krajach Unii Europejskiej spowodowało prowadzenie dalszych badań w celu podwyższenia mocy ponad uzyskane obecnie 240 MW.

Z analizy wyników pomiarów oraz obliczeń zmodernizowanych turbogeneratorów o mocy podwyższonej do 240 MW wynika, że dalszy wzrost mocy przy zachowaniu znamionowego współczynnika mocy wymaga przede wszystkim znacznej poprawy chłodzenia uzwojenia wzbudzenia. Na rys. 4 przedstawiono opracowany nowy system chłodzenia uzwojenia wzbudzenia [6] możliwy do zastosowania między innymi w turbogeneratorach o mocy 200 MW. Istota tego rozwiązania hybrydowego polega na wprowadzeniu w najbardziej nagrzanej żłobkowej części uzwojenia wzbudzenia jednocześnie kanałów osiowych oraz promieniowo-osiowych. Przepływ wodoru jest wymuszony w kanałach osiowych za pomocą wentylatorów usytuowanych na wale wirnika, zaś w kanałach promieniowo-osiowych przez uformowane w formie zabieraków kliny żłobkowe.

Z wykonanych badań symulacyjnych wynika, że hybrydowy system chłodzenia uzwojenia wzbudzenia umożliwi podwyższenie mocy turbogenerators znacznie powyżej 240 MW przy zachowaniu znamionowego współczynnika mocy. Określenie maksymalnej mocy konkretnego modernizowanego bloku energetycznego z tym turbogenerators wymaga wykonania szczegółowych obliczeń wszystkich elementów, a następnie po analizie uzyskanych wyników zaproponowania odpowiednich zmian.

5. Wnioski

Bardzo potrzebne jest uwzględnienie w strategii rozwoju polskiej elektroenergetyki wsparcia badań dotyczących modernizacji pracujących bloków energetycznych z podwyższeniem mocy i wzrostem rezerwu technicznego. Wdrażane projekty modernizacji bloków przyczyniają się do poprawy bezpieczeństwa energetycznego Polski poprzez zwiększenie mocy wytwórczych w systemie elektroenergetycznym oraz podniesienie niezawodności pracy źródeł energii elektrycznej. Z punktu widzenia poprawy bezpieczeństwa energetycznego kraju bardzo istotne jest również to, że zmodernizowane bloki energetyczne wykorzystują dostępny w kraju węgiel kamienny i brunatny oraz biomasę.

W polskich elektrowniach pracuje obecnie 65 bloków o mocy 200 MW. Zwiększenie ich mocy do 240 MW umożliwi wzrost mocy zainstalowanej w systemie elektroenergetycznym o 2600 MW, co odpowiada mocy nowej bardzo dużej elektrowni. Uzyskane wyniki badań wskazują, że wzrost ten może być jeszcze większy.

Z możliwości zwiększenia mocy wytwórczych w systemie poprzez modernizację bloków energetycznych elektrowni korzysta obecnie bardzo wiele krajów na świecie. Zmodernizowane przez EthosEnergy Poland SA w Lublińcu bloki energetyczne ze znacznie podwyższoną mocą pracują w krajach Unii Europejskiej oraz w Azji (np. w Chinach, Korei).

This is a supporting translation of the original text published in this issue of "Acta Energetica" on pages 15–19. When referring to the article please refer to the original text.

PL

Bibliografia

1. Szczerbowski R., Bezpieczeństwo energetyczne Polski – mix energetyczny i efektywność energetyczna, *Polityka Energetyczna* 2013, t. 16, z. 4, s. 35–47.
2. Tchórz J., Programy badawcze realizowane przez TAURON Wytwarzanie S.A., VIII Konferencja Naukowo-Techniczna „Ochrona Środowiska w Energetyce”, Katowice 2013.
3. Krok R., Marian P., Continuation of Prof. Władysław Latek’s research – revitalization of old power units, *Bulletin of the Polish Academy of Sciences* 2016, Vol. 64, No. 4, s. 957–962.
4. Krok R., Sieci ciepłe w modelowaniu pola temperatury w maszynach elektrycznych prądu przemiennego, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, monografia habilitacyjna, Gliwice 2010.
5. Krok R., Pasko M., The modernization of turbogenerators as a method of decreasing electrical energy production costs, *Technical Transactions* 2015, z. 1-E (8), s. 191–201.
6. Adamek J. i in., Układ chłodzenia wirnika turbogeneratora, patent na wynalazek nr 224128 udzielony przez Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej w roku 2016.

Roman Krok

dr hab. inż.

Politechnika Śląska

e-mail: Roman.Krok@polsl.pl

Stopnie naukowe uzyskał na Wydziale Elektrycznym Politechniki Śląskiej, gdzie pracuje nieprzerwanie od 25 lat. Zajmuje się problematyką obliczeń cieplnych, projektowania, doskonalenia konstrukcji, zabezpieczeń oraz eksploatacji: turbogeneratorów, transformatorów energetycznych oraz silników górniczych. Jest współautorem wielu wdrożonych do produkcji projektów modernizacji turbogeneratorów zainstalowanych w elektrowniach w Polsce oraz w krajach Unii Europejskiej i Azji.