

P O L S K A A K A D E M I A N A U K
INSTYTUT MASZYN PRZEPLYWOWYCH

PRACE
INSTYTUTU MASZYN
PRZEPLYWOWYCH

TRANSACTIONS
OF THE INSTITUTE OF FLUID-FLOW MACHINERY

83-84

WARSZAWA - POZNAŃ 1983

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE

PRACE INSTYTUTU MASZYN PRZEPŁYWOWYCH

poświęcone są publikacjom naukowym z zakresu teorii i badań doświadczalnych w dziedzinie mechaniki i termodynamiki przepływów, ze szczególnym uwzględnieniem problematyki maszyn przepływowych

*

THE TRANSACTIONS OF THE INSTITUTE OF FLUID-FLOW MACHINERY

exist for the publication of theoretical and experimental investigations of all aspects of the mechanics and thermodynamics of fluid-flow with special reference to fluid-flow machinery

RADA REDAKCYJNA—EDITORIAL BOARD

TADEUSZ GERLACH · HENRYK JARZYNA · JERZY KRZYŻANOWSKI
STEFAN PERYCZ · WŁODZIMIERZ PROSNAK · KAZIMIERZ STELLER
ROBERT SZEWAŁSKI (PRZEWODNICZĄCY - CHAIRMAN) · JÓZEF ŚMIGIELSKI

KOMITET REDAKCYJNY—EXECUTIVE EDITORS

KAZIMIERZ STELLER — REDAKTOR — EDITOR
WOJCIECH PIETRASZKIEWICZ · ZENON ZAKRZEWSKI
ANDRZEJ ŻABICKI

REDAKCJA—EDITORIAL OFFICE

Instytut Maszyn Przepływowych PAN
ul. Gen. Józefa Fiszer 14, 80-952 Gdańsk, skr. pocztowa 621, tel. 41-12-71

Copyright
by Państwowe Wydawnictwo Naukowe
Warszawa 1983

Printed in Poland

ISBN 83-01-04553-1
ISBN 0079-3205

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE — ODDZIAŁ W POZNANIU

Nakład 340+90 egz.	Oddano do składania 17 VI 1982 r.
Ark. wyd. 21,5. Ark. druk. 16,75+1 wkl.	Podpisano do druku 22 IV 1983 r.
Pap. druk. sat. kl. V, 70 g	Druk ukończono w maju 1983 r.
Nr zam. 489/184.	E-9/215. Cena zł 200,—

DRUKARNIA UNIwersytetu IM. A. MICKIEWICZA W POZNANIU

HYDROFORUM

KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA

na temat

PROBLEMY ROZWOJU HYDRAULICZNYCH MASZYN WIROWYCH ZE SZCZEGÓLNYM UWZGLĘDNIENIEM POTRZEB ENERGETYKI

Porąbka-Kozubnik, 20 - 23, września 1980 r.

*

HYDROFORUM

SCIENTIFIC-TECHNICAL CONFERENCE

on

DEVELOPMENT PROBLEMS OF HYDRAULIC TURBOMACHINES WITH SPECIAL ACCOUNT OF THE NEEDS OF POWER ENGINEERING

Porąbka-Kozubnik, September 20 - 23, 1980

*

ГИДРОФОРУМ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

на тему

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РОТОРНЫХ МАШИН С ОСОБЫМ УЧЕТОМ НУЖД ЭНЕРГЕТИКИ

Поромбка-Козубник, 20 - 23 сентября 1980 г.

JANUSZ GINALSKI, ZYGMUNT ROLIŃSKI

Warszawa*

Wpływ montażowej regulacji aparatu kierowniczego na stan dynamiczny turbozespołów odwracalnych

Omówiono przyczyny złego stanu dynamicznego badanego przez autorów turbozespołu odwracalnego oraz wpływ regulacji aparatu kierowniczego na poprawę tego stanu.

Badania H. Greina i P. Bachmanna [1] wykazały, że asynchroniczna praca jednej z łopat kierownicy powoduje obciążenie tej łopaty dodatkowym momentem, którego wartość rośnie wraz ze wzrostem nadwyżki kąta jej otwarcia. Przy dużych nadwyżkach kąta przeciążenie łopaty może być nawet 5-krotne.

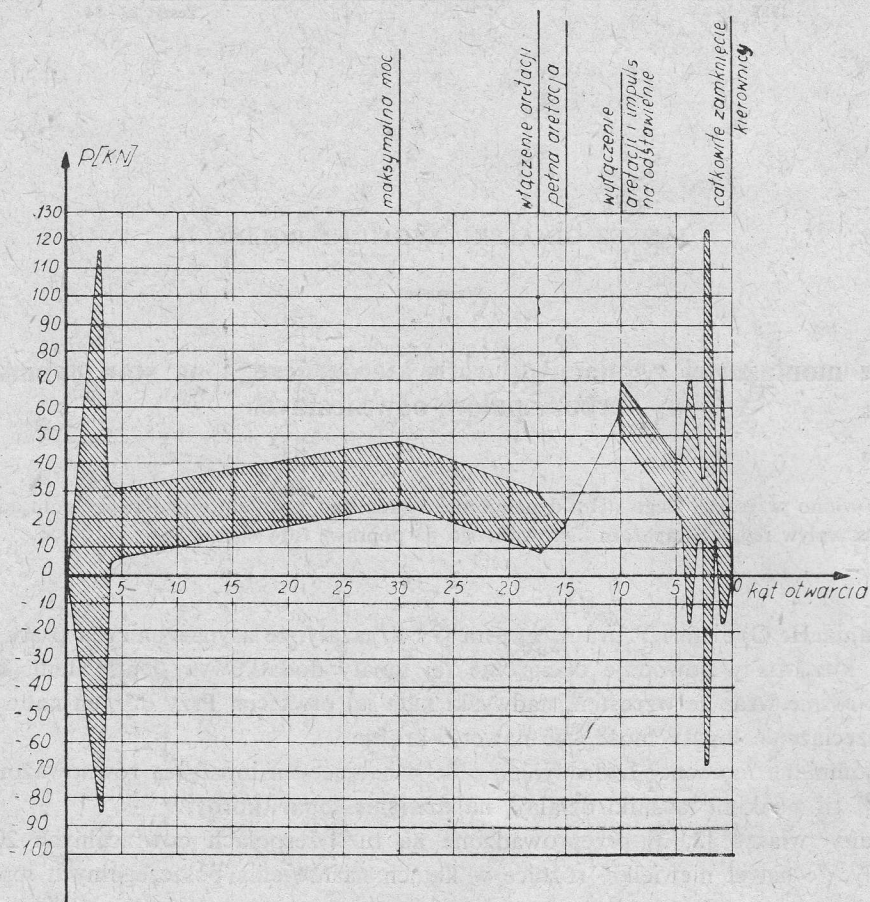
Wspomniane momenty hydrodynamiczne działające na łopaty są równoważone momentami sił z jakimi łączniki działają na dźwignie łopat (korby).

Badania własne [2, 3] przeprowadzone na turbozespołach odwracalnych 20 MW wykazały, że nawet niewielkie różnice w kątach nastawienia poszczególnych łopat wywierają poważny wpływ na stan dynamiczny turbozespołu w początkowej fazie otwierania i końcowej fazie zamykania kierownicy.

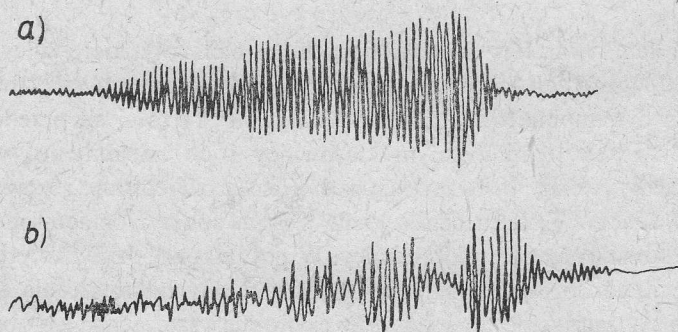
Zły stan dynamiczny w tych okresach ruchu turbozespołu objawia się silnymi drganiami łopat i gwałtownymi przemieszczeniami promieniowymi i osiowymi pierścienia sterującego, co występuje szczególnie wyraźnie w pracy pompowej przy niskich spadach. Wspomniane drgania są przyczyną licznych uszkodzeń elementów konstrukcyjnych kierownicy.

W celu określenia wartości sił działających na elementy kierownicy zainstalowano na wszystkich 20 łącznikach łopat tensometryczne dynamometry elektrooporowe [2, 3]. Za pomocą tych dynamometrów zmierzono statyczne wartości sił przenoszonych przez łączniki po zamknięciu hydraulicznym kierownicy i po napełnieniu rurociągu wodą. Badania te wykazały, że siły w łącznikach są bardzo zróżnicowane i zawierają się w granicach od 8 do 27 kN. Takie zróżnicowanie sił powoduje zróżnicowane odkształcenia sprężyste elementów mechanizmu kierownicy. W początkowej fazie otwierania kierownicy przy uruchomieniu turbozespołu, najpierw będą zanikały odkształcenia sprężyste, a dopiero po tym łopaty zaczną się obracać, przy czym pierwsze zaczną się obracać te łopaty, których łączniki były obciążone najmniejszymi siłami. Spowoduje to powstanie szczelin

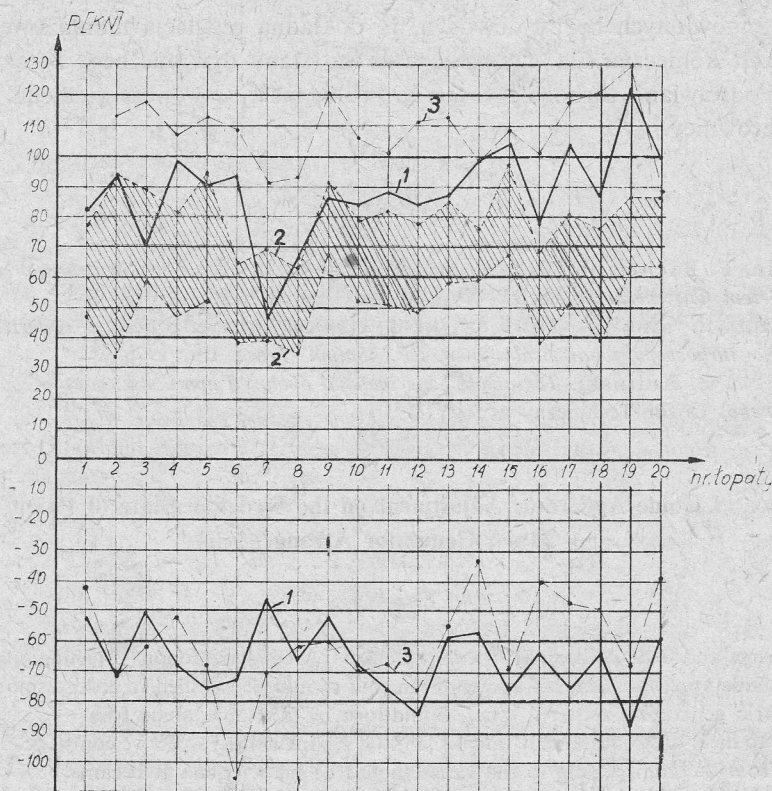
* Instytut Energetyki.



Rys. 1. Wykres oscylacji sił w łączniku najbardziej obciążonej łopaty w funkcji kąta otwarcia kierownicy



Rys. 2. Widma oscylacji sił w łączniku najbardziej obciążonej łopaty; a) w początkowej fazie otwierania, b) w końcowej fazie zamykania kierownicy



Rys. 3. Wykresy rozkładu maksymalnych wartości sił osiowych i ich oscylacji przenoszonych przez łączniki, w poszczególnych fazach ruchu pompowego przy niskim stanie wody
1 – na początku rozruchu, 2 – podczas pracy pełną mocą, 3 – podczas odstawienia

między tylko niektórymi łopatkami, a następnie zróżnicowanie szerokości szczelin i zróżnicowanie kątów nastawienia łopatek.

Badania dynamiczne wykazały [2, 3], że ma to istotne znaczenie w zakresie pierwszych czterech stopni kąta otwarcia i ostatnich czterech stopni kąta zamknięcia kierownicy.

Wykres oscylacji sił w łączniku najbardziej obciążonej łopaty, w funkcji kąta otwarcia kierownicy pokazuje rysunek 1, widma oscylacji sił w początkowej fazie otwierania i końcowej fazie zamykania tej łopaty rysunek 2, a maksymalne wartości oscylacji sił we wszystkich łącznikach, podczas pracy turbozespołu w ruchu pompowym rysunek 3.

Oscylacje sił w łącznikach są prawdopodobnie spowodowane wędrowką wirów od krawędzi natarcia do krawędzi splywu łopaty w warunkach turbulencyjnego przepływu strumienia wody przez wąskie, o zróżnicowanej szerokości szczeliny pomiędzy łopatkami.

Widoczne z rysunku 1 zmiany składowej statycznej sił przenoszonych przez poszczególne łączniki w funkcji kąta otwarcia kierownicy powodują zmiany wielkości i kierunku wypadkowej siły działającej na pierścień sterujący kierownicy, a przez to jego wyżej wspomniane przemieszczenia w granicach luzów.

Po przeprowadzeniu regulacji montażowego napięcia łączników i wyrównaniu sił w granicach 10%, ponowne badania dynamiczne wykazały zmniejszenie amplitudy oscylacji sił – przy otwieraniu o 85% oraz zanik oscylacji przy zamykaniu kierownicy.

Wyniki omówionych badań dowodzą, że dokładna regulacja montażowego napięcia łączników jest konieczna dla uzyskania dobrego stanu dynamicznego w okresach uruchamiania i odstawiania turbozespołów o względnie małej sztywności elementów konstrukcyjnych kierownicy.

Literatura

- [1] H. Grein, P. Bachmann, *Hydraulischer Drehmoment auf die Leitschaufeln von Pumpturbinen bei gestörtem Gitterverband*. Escher Wyss Mitteilungen 1976/2.
- [2] Z. Roliński, J. Ginalski, T. Skibiński, *Dynamiczne i statyczne badania obciążeń układu kierowniczego turbozespołu odwracalnego w EPS Solina*. Praca IEn 1976.
- [3] J. Ginalski, Z. Roliński, *Tensometryczne badania obciążeń aparatu kierowniczego turbozespołu odwracalnego*. Dozór Techniczny nr 3/1978.

The Influence of Guide Apparatus Adjustment on the Dynamic State of Pump/Turbine and Motor/Generator Arrangements

Summary

Experiments and analysis have shown that the so called synchronous opening and closing of vanes of the guide apparatus is essential condition that should be satisfied to ensure smooth operation of hydroelectric generating sets. All vanes should turn by the same angle from the closed position.

In order to meet this requirement values of elastic strains in the respective components transmitting the motion from the control ring to the vanes should be made equal. It became possible to achieve the correct adjustment of tension in the assembled apparatus basing on measurements of axial forces exerted on vane lever pivots by connecting links.

The paper deals with the technique of measurements, analysis of results and the method of adjustment of the guide apparatus during the assembly, eliminating pulsations of hydraulic forces caused by asynchronous vane opening and ensuring good dynamic state of the hydroelectric generating set.

Влияние монтажного регулирования направляющего аппарата на динамическое состояние реверсивных турбоагрегатов

Резюме

Опыт и рассуждения касающиеся вопроса устойчивой работы гидротурбоагрегатов показывают на необходимость исполнения условия т.наз. синхронного открывания и закрывания лопастей направляющего аппарата, причем все лопасти должны отклоняться на такой сам угол по отношению к их расположению в замкнутом состоянии.

Для исполнения этого условия необходимо выравнивание значений упругих деформаций, выступающих в отдельных конструкционных элементах переносящих движение с управляющего кольца на лопасти направляющего аппарата.

Надлежащее регулирование состояния монтажного напряжения достигнуто измеряя осевые силы нажима связывающих элементов на цапфы рычагов лопастей.

В работе представлены: примененная измерительная техника, анализ полученных результатов исследований, а также способ проведения монтажного регулирования направляющего аппарата, которое устранило пульсации гидравлических сил, происходящих от асинхронного открывания лопастей и позволило достигнуть хорошее динамическое состояние турбоагрегата.