

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

PRACE
INSTYTUTU MASZYN
PRZEPŁYWOWYCH

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.

MARIAN HOFFMANN

Warszawa*

Podstawowe założenia dla rozwoju małej energetyki wodnej i wynikające z nich wytyczne do standaryzacji turbozespołów dla tych elektrowni

W pracy omówiono zasadność budowy małych elektrowni wodnych, wskazano na stawiane im wymagania, przedstawiono założenia dotyczące rozwiązań turbin i turbozespołów oraz propozycje w sprawie ich standaryzacji.

1. Wstęp

W wyniku powstałego w 1974 roku tzw. „kryzysu energetycznego”, szereg krajów na świecie (Szwecja, USA, Francja, Austria, RFN) zainteresowało się wykorzystaniem energetycznym małych cieków wodnych, tworząc warunki do rozwoju małej energetyki wodnej. Powstały programy państwowe z własnym funduszem na opracowania typizacyjne, inwentaryzację istniejących piętrzeń oraz na dofinansowywanie inwestycji z tego zakresu (Szwecja). Kilka firm na świecie opracowało stypizowane rozwiązania turbin (Köessler, KMW, Nohab, Allis Chalmers, Bell, Tampella) i generatorów dla małych elektrowni wodnych. W końcu 1978 r. Prezydium Rządu poleciło resortowi energetyki i energii atomowej przygotowanie podstaw technicznych i prawnych dla rozwoju budownictwa małych elektrowni wodnych, które dalej określać będziemy skrótem MEW.

Szacuje się, że łączna moc możliwych do zrealizowania MEW wyniesie około 350 MW, i że dadzą one produkcję roczną rzędu 1,2 TWh. Do grupy MEW w warunkach krajowych zaliczono elektrownie wodne, których moc instalowana nie przekracza 5000 kW**. Kryterium to wynika z dwu podstawowych wymagań stawianych nowoczesnym MEW, a mianowicie aby były one możliwie jak najprostsze pod względem rozwiązań technicznych oraz, aby mogły pracować bez stałej obsługi. Doświadczenia krajowe wskazują, że powyższe postulaty mogą być spełnione w elektrowniach o mocy zainstalowanej nie przekraczającej 5000 kW. Do grupy małych turbozespołów wodnych przyjęto zaliczać takie turbozespoły, których moc nie przekracza 2500 kW, a średnica wirnika turbiny 2500 mm.

W niniejszym opracowaniu przedstawiono — na podstawie dotychczasowych studiów i doświadczeń z eksploatacji i modernizacji MEW — propozycje dotyczące standaryzacji podstawowego wyposażenia krajowych elektrowni wodnych małej mocy.

* Ministerstwo Energetyki i Energii Atomowej.

** Taką samą wartość górnej granicy mocy MEW przyjęto w Austrii i Włoszech oraz w projekcie uchwały Rady Ministrów w sprawie rozwoju małej energetyki wodnej.

2. Wymagania stawiane MEW

Przewiduje się, że MEW będą budowane przez wszystkie trzy sektory gospodarcze, a mianowicie państwowy, spółdzielczy i prywatny. Zakłada się, że MEW powstaną:

- przy istniejących zbiornikach względnie stopniach piętrzących,
- w wyniku modernizacji starych siłowni wodnych*,
- przy nowo budowanych zaporach i stopniach piętrzących, których głównym zadaniem są funkcje nieenergetyczne, takie jak nawadnianie terenów rolnych, ujęcia wody dla celów komunalnych i przemysłowych itp.,
- w wyniku modernizacji starych MEW, których wyposażenie mechaniczno-elektryczne wymaga unowocześnienia i wymiany.

Z punktu widzenia przyszłego użytkownika MEW stanowić będą elektrownie zawodowe, elektrownie przemysłowe (będące częścią składową fabryk i PGR-ów) oraz elektrownie prywatne o najróżniejszym przeznaczeniu.

Ponieważ koszt jednostkowy mocy zainstalowanej (zł/kW) w MEW jest na ogół stosunkowo wysoki, dlatego zasadniczym zaleceniem przy projektowaniu MEW jest dążenie do możliwie maksymalnego obniżenia nakładów inwestycyjnych na elektrownię. Postulat ten można osiągnąć poprzez:

- wykorzystanie istniejących urządzeń piętrzących,
- wprowadzenie prostych rozwiązań całej elektrowni, zarówno w części budowlanej jak i mechanicznej oraz elektrycznej,
- wyposażenie elektrowni możliwie w jeden turbozespół składający się ze stypizowanej turbiny i generatora,
- powiązanie elektrowni z siecią wysokiego napięcia energetyki zawodowej tylko jedną linią, w celu wyeliminowania w elektrowni rozdzielni wysokiego napięcia.

Podstawowym kryterium opłacalności budowy MEW jest uzyskanie niskiego kosztu wytwarzania 1 kWh. Wydaje się uzasadnionym, aby za cenę odniesienia przyjąć cenę 1 kWh sprzedawanej z sieci energetyki zawodowej odbiorcom indywidualnym na wsi. Postulat uzyskania niskiego kosztu wytwarzania 1 kWh powoduje, iż MEW muszą być elektrowniami zautomatyzowanymi, bez stałej obsługi. Możliwa do uzyskania w danym przekroju rzeki energia elektryczna powinna być w pełni wyprodukowana i skonsumowana w najbliższym sąsiedztwie danej elektrowni. Stąd też wynika zalecenie, aby MEW były połączone z siecią rozdzielczą energetyki zawodowej, która przyjmowałaby wszystkie nadwyżki produkcji.

Względy ekonomiczne wymagają także, aby:

- spad był możliwie wysoki oraz niezmienny i wynosił o ile możliwości więcej niż 3,00 m,
- przepływ rzeki był wykorzystywany w całości, do wartości odpowiadającej mniej więcej półtorakrotnemu przepływowi średniemu rzeki,
- prędkość obrotowa turbiny była możliwie jak największa.

Na wybór typu turbiny i rozwiązania turbozespołu MEW znaczny wpływ ma stan budowli wodnych, które można wykorzystać przy realizacji danej MEW. Największe

* Przez pojęcie „siłownia wodna” rozumie się zakład, w którym silnik wodny w postaci turbiny wodnej napędza bezpośrednio lub poprzez pędnie mechaniczne urządzenia wytwórcze, takie jak np. walce młyńskie, traki lub obrabiarki.

znaczenie posiada stan fundamentu pod turbinę oraz stan komory turbinowej. Do oceny przydatności istniejącej komory turbinowej należy jednak podchodzić ostrożnie. Należy bowiem mieć na uwadze dążność do całkowitego wyzyskania naturalnego dopływu rzeki — w danym przekroju piętrzenia — do celów energetycznych. Często bowiem siłownie wodne budowane w pierwszej połowie obecnego stulecia i służące do napędu młynów, tartaków oraz małych zakładów przemysłowych, nie były przystosowane do energetycznego wykorzystania danej rzeki, lecz do pokrycia mocy zapotrzebowanej przez dany zakład. Oznaczało to, że pewną część dopływu naturalnego rzeki nie wykorzystywano i upuszczano ją ławo. Dzisiaj, ze względu na rentowność MEW, ten stan rzeczy jest niedopuszczalny.

3. Założenia eksploatacyjne

Prawie wszystkie MEW będą elektrowniami typu przepływowego. Oddawana przez nie moc zależy od spadu i od dopływu naturalnego w rzece. Wyjątek stanowią elektrownie budowane przy zbiornikach retencyjnych, dla których odpływ może ulegać w ciągu doby pewnym wahaniom. Wówczas elektrownia taka może być przystosowana do programowej pracy podszczytowej, tzn. że w okresach występowania dużego zapotrzebowania na energię będzie ona pracowała pełną mocą turbin, natomiast w pozostałych okresach moc będzie ograniczona do pewnego określonego minimum. Oczywiście jest, że przystosowanie MEW do pracy podszczytowej pociągnie za sobą wzrost nakładów inwestycyjnych w stosunku do rozwiązania przepływowego.

Jako zasadę przyjmuje się, iż MEW nie będące własnością energetyki zawodowej będą pracowały równolegle z siecią rozdzielczą Zakładów Energetycznych, a tylko w przypadku dużej odległości MEW od sieci rozdzielczej będą pracowały na sieć wydzieloną. Jednakże w obecnych warunkach, przy istniejących ograniczeniach w dostawie energii elektrycznej z sieci energetyki zawodowej — i to przede wszystkim na terenach nie miejskich — projektowane MEW będą musiały jeszcze przez szereg lat być przystosowane do pracy na sieć wydzieloną, którą będą w pewnych okresach zasilać samodzielnie. Pewnym specjalnym przypadkiem będzie budowa MEW na rzece, na której w niewielkiej odległości istnieje przynajmniej jedna albo kilka elektrowni wodnych z generatorami synchronicznymi, z którymi będzie ona bezpośrednio połączona liniami elektrycznymi. Wówczas elektrownię można będzie projektować jako przystosowaną do stałej współpracy z systemem elektroenergetycznym i dzięki temu można będzie zastosować duże uproszczenia w rozwiązaniu turbozespołów, m.in. przez zainstalowanie generatora asynchronicznego.

Podstawowym założeniem w odniesieniu do regulacji turbin w MEW jest przyjęcie regulacji obciążenia w zależności od poziomu górnej wody. Do regulacji turbin Kaplana należy stosować przede wszystkim regulację pojedynczą za pomocą nastawiania łopat wirnika. Tylko tam gdzie zakres zmian przepływów i spadów jest duży, należy posłużyć się turbiną Kaplana z podwójną regulacją.

MEW powinny być obiektami zautomatyzowanymi, przystosowanymi do pracy bez stałej obsługi. Regułą powinien być nadzór sprawowany w ramach tzw. dyżuru domowego. Powyższe zalecenia mogą być spełnione, gdy w elektrowni nie przewiduje się rozdzielni wysokiego napięcia, w której przełączenia muszą być przeprowadzane dwuosobowo.

Wyprowadzenie mocy z MEW powinno odbywać się za pomocą skablowanych linii niskiego napięcia 380/220 V. W przypadku konieczności połączenia danej MEW z wysoko-napięciową siecią energetyki zawodowej należy użyć jednej linii wysokiego napięcia.

W celu zapewnienia korzystnych warunków eksploatacji wlotów do turbin, należy — o ile względy ekonomiczne na to pozwalają — stosować automatyczne, stacjonarne czyszczarki krat wlotowych, uruchamiane przekaźnikiem różnicy ciśnień przed i za kratami wlotowymi do turbin.

4. Dobór typu, wielkości i rozwiązania turbozespołów dla MEW

4.1. Wyniki inwentaryzacji piętrzeń na terenie kraju

W ramach prac przygotowawczych do produkcji podstawowego wyposażenia dla MEW Główne Biuro Studiów i Projektów Energetycznych „Energoprojekt” sporządził zestawienie [1] istniejących na terenie całego kraju oraz projektowanych w dorzeczu Wisły piętrzeń, jakie będą mogły być wykorzystywane do celów energetycznych. Na podstawie powyższych zestawień autor oszacował liczbę MEW do zrealizowania w kraju do roku 2000.

Tabela 1

Zestawienie małych elektrowni wodnych przewidywanych do uruchomienia na terenie całego kraju do 2000 roku

Zakres spadów [m]	Liczba elektrowni o natężeniu przepływu				Razem	Uwagi
	0,02 ÷ 2 m ³ /s	> 2 ÷ 10 m ³ /s	> 10 ÷ 20 m ³ /s	> 20 m ³ /s		
2 ÷ 4	220	135	35	40	430	turbiny Kaplana śmigłowe i rurowe
4 ÷ 7	180	55	20	15	270	
7 ÷ 10	80	45	10	5	140	
10 ÷ 20	45	40	20	5	110	
2 ÷ 20	525	275	85	65	950	
20 ÷ 50	35	30	4	1	70	turbiny Francisca

Szacunek uwzględnia nowo projektowane piętrzenia na terenie dorzecza Odry i rzek Przymorza oraz korektę wynikającą z niemożności wykorzystania wszystkich istniejących piętrzeń. Wyniki tego szacunku zamieszczono w tabeli 1. Tabela jednoznacznie wskazuje, iż w warunkach krajowych przeważać będą MEW o spadach do 20 m i natężeniach przepływu poniżej 10 m³/s. Będzie ich około 800, co stanowi 78 % ogólnej liczby obiektów. Zdecydowana większość tych elektrowni (590, tj. 62 %) to elektrownie o spadzie do 7 m i natężeniu przepływu do 10 m³/s. W większości MEW (950 obiektów o spadzie do 20 m) przewiduje się zastosowanie turbin Kaplana, a tylko w 70 elektrowniach turbiny Francisca (przy spadach od 20 do 50 m). Elektrownie o spadach powyżej 50 m będą wyjątkami — może kilka sztuk — i to prawdopodobnie z przeznaczeniem dla schronisk wysokogórskich.

4.2. Wytyczne w sprawie rozwiązań turbozespołów

4.4.1. Wszędzie tam, gdzie istniejące budowle wodne (po dawnej siłowni lub w zmodernizowanej elektrowni wodnej) nie wymagają zastosowania turbozespołu z wałem pionowym należy preferować rozwiązania z wałem poziomym. Opierając się na doświadczeniach

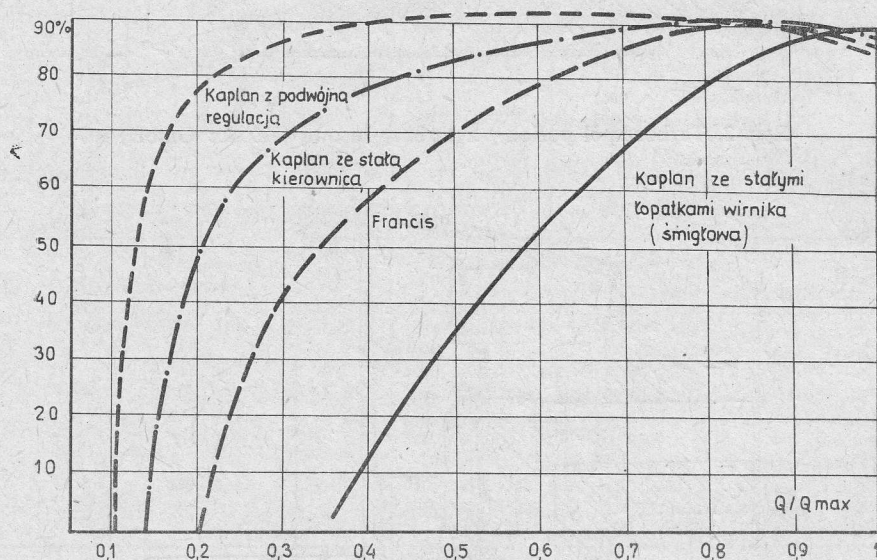
krajowych i zagranicznych nie zaleca się stosowania przekładni kątowych. Przedkładanie rozwiązań z wałem poziomym nad rozwiązaniem z wałem pionowym wynika z następujących przesłanek:

- generatory z wałem poziomym są prostsze w wykonaniu i dogodniejsze w eksploatacji,
- dobór, rozwiązanie i eksploatacja przekładni pośredniczących (między turbiną i generatorem) nie stwarzają większych trudności,
- istnieje możliwość zastosowania ciężarowego zamykania kierownicy turbinowej.

4.2.2. W celu zrezygnowania z przekładni zwiększającej należy dążyć do uzyskania możliwie dużej nominalnej prędkości obrotowej turbiny. Powyższe zalecenie wynika z następujących względów:

- przekładnie zębate względnie pasowe są dodatkowym elementem, obniżającym dyspozycyjność elektrowni,
- przekładnie zmniejszają sprawność turbozespołów i wymagają dodatkowej aparatury kontrolnej włączonej w układ automatyki obiektu,
- przekładnie zębate powodują znaczny hałas,
- uzyskanie stosownych przekładni zębatych napotyka w kraju duże trudności.

4.2.3. Przy niewielkich wahanich spadów i przepływów pożądane jest stosowanie turbin Kaplana o pojedynczej regulacji, tzn. z nastawialnymi łopatkami wirnika i stałymi łopatkami kierownicy. Gdy występuje potrzeba uzyskania wysokich sprawności turbiny

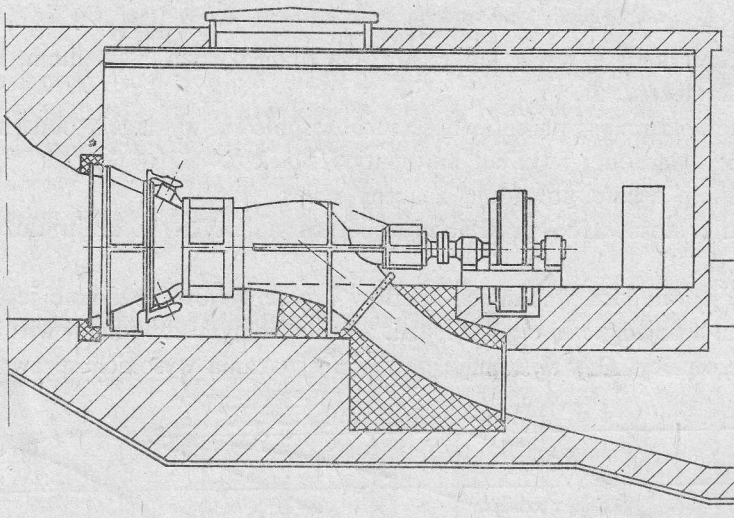


Rys. 1. Wykresy sprawności 3 rozwiązań turbin Kaplana i turbiny Francis

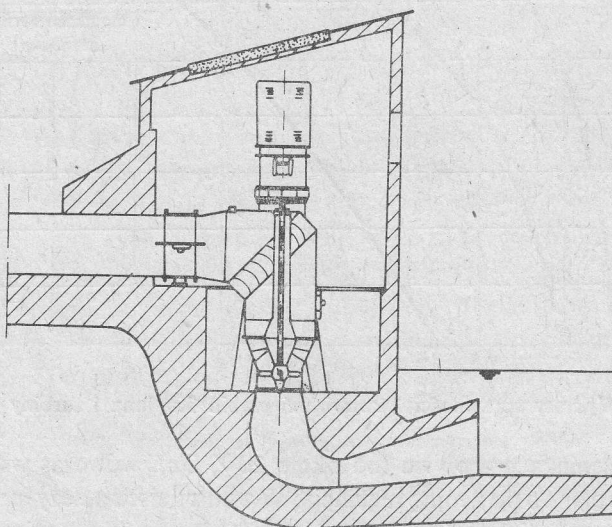
przy różnych natężeniach przepływu (od około 20% Q_n), wówczas wskazane jest zastosowanie turbiny Kaplana z podwójną regulacją. W tym miejscu należy podkreślić wyższość turbiny Kaplana z nastawialnymi łopatkami wirnika i stałą kierownicą nad tzw. turbiną

śmigłową, wyposażoną w kierownicę o nastawialnych łopatkach i nieruchome łopaty wirnika. Wyższość ta jasno wynika z rysunku 1, na którym przedstawiono krzywe sprawności w funkcji obciążenia dwóch turbin Kaplana, śmigłowej oraz szybkoobrotowej turbiny Francisa [2].

4.2.4. Z dotychczasowych opracowań krajowych i zagranicznych wynika, że dla MEW o spadach do 20 m najodpowiedniejszymi turbinami są turbiny Kaplana w wykonaniu rurowym z zakrzywioną rurą ssącą (rys. 2). W pewnych przypadkach, wynikających z konieczności ograniczenia pola poziomego rzutu maszynowni oraz przy spadach większych od 5 m, korzystnym rozwiązaniem jest zastosowanie pionowej turbiny rurowej (rys. 3).



Rys. 2. Turbozespół poziomy z turbiną rurową (Kössler GmbH)



Rys. 3. Turbozespół pionowy z turbiną rurową (KMW)

Turbozespoły rurowe są w większości przypadków dostarczane do elektrowni w stanie całkowicie zmontowanym. W ten sposób następuje znaczne ograniczenie prac montażowych w samej elektrowni. Zakłada się również, że wszelkie poważniejsze remonty turbozespołów wykonywane będą w specjalistycznych zakładach remontowych, a nie w elektrowni.

W obu wyżej omówionych rozwiązaniach turbozespołów wszystkie części składowe, tj. turbina, przekładnia i generator są łatwo dostępne. Z punktu widzenia eksploatacji rozwiązania takie są niezmiernie korzystne. Także ważną zaletą dla eksploatacji jest to, że zarówno generator jak i przekładnia znajdują się za elementami opływającymi przez wodę, co jak wiemy ma miejsce w klasycznym układzie turbozespołu rurowego.

5. Turbiny dla MEW oferowane przez niektóre firmy zagraniczne

Szereg firm zagranicznych produkujących małe turbiny wodne opracowało w ostatnich latach standardowe typoszeregi turbin rurowych, których rozwiązanie przedstawiono na rysunkach 2 i 3 (por. np. [2-4]). W tabeli 2 zamieszczono zakresy podstawowych parametrów pracy tych turbin, a w tabeli 2 średnice ich wirników. Zestawienia te dotyczą pięciu firm, a mianowicie:

Tabela 2

Zakresy podstawowych parametrów pracy małych turbin rurowych kilku firm zagranicznych

Firma	Zakres spadów H [m]	Zakres przepłyków Q [m ³ /s]	Zakres mocy N [kW]	Stosowany układ wału
Kössler	1 - 20	1 - 30	30 - 4000	poziomy i pionowy
Bell	2 - 15	2,5 - 35	100 - 2000	poziomy, pionowy i ukośny
KMW	2 - 15	1 - 15	100 - 1500	poziomy i pionowy
Nohab	2 - 15	1 - 15	100 - 1500	poziomy i pionowy
AC	2 - 15	2 - 40	50 - 5000	poziomy

Tabela 3

Średnice wirników małych turbin rurowych kilku firm zagranicznych

Firma	Zakres średnic [mm]	Liczba średnic [szt]	Wyszczególnienie przyjętych średnic [mm]	Uwagi
Kössler	500 - 2300	13	500, 600, 720, 850, 1000, 1150, 1300, 1450	
Bell	1000 - 2200	6	1600, 1750, 1900, 2100, 2300	
KMW	500 - 2300	6	1000, 1200, 1400, 1650, 1900, 2200	
Nohab	500 - 2300	6	500, 700, 900, 1150, 1500, 2300	wirniki z nieprzezwiałnymi łopatkami (śmigłowe) mm
	500 - 2300	6	500, 700, 900, 1150, 1300, 2300	
AC	750 - 3000	10	750, 1000, 1250, 1500, 1750, 2000, 2250, 2500, 2750, 3000	stopniowanie co 250

- Kössler GmbH Maschinenfabrik, St. Pölten – St. Georgen, Austria,
- Maschinenfabrik Bell AG, Kriens, Szwajcaria,
- AB Karlstads Mekaniska Werkstad, (KMW) Kristinehamn, Szwecja,
- AB BOFORS-NOHAB, Trollhättan, Szwecja,
- Allis-Chalmers (AC), York, USA.

Dwie pierwsze firmy produkują wyłącznie małe turbiny wodne.

nych i badań modelowych nad pionową turbiną Kaplana w komorze betonowej, z nastawialnymi łopatkami wirnika i ze stałymi łopatkami kierownicy. Poza tym należy możliwie szybko przystąpić do prac studialnych i badań laboratoryjnych zmierzających do optymalizacji kształtu komór turbinowych dla turbin pionowych Kaplana z uwzględnieniem jak najdalej idących uproszczeń technologicznych.

7. Problem „mikroturbin”

Proponowane w tym opracowaniu rozwiązania odnoszą się do mocy wynoszącej od 30 do około 3000 kW. Należy jednak obawiać się, iż rozwiązania z turbiną rurową o mocach od 30 kW do około 50 kW mogą nawet przy produkcji seryjnej okazać się zbyt drogie. Poza tym należy się spodziewać, iż będą napływały zamówienia na zespoły mniejsze od 30 kW, nawet o mocy kilku kW. W związku z tym celowe będzie podjęcie prac studialno-badawczych i konstrukcyjnych zmierzających do rozwinięcia w kraju produkcji tzw. turbin przepływowych, zwanych także turbinami Banki. Zakres mocy tych turbin powinien zawierać się w granicach od 5 do około 50 kW, przy spadach od 1,5 do około 50 m. Rozwiązania konstrukcyjne tych turbin powinny umożliwić ich produkcję w niewielkich warsztatach, a w szczególności w warsztatach rzemieślniczych.

8. Regulacja turbin

Ważną sprawą do rozwiązania jest sprawa regulatorów turbin wodnych, których standardowy typoszereg powinien pokryć zapotrzebowanie krajowe, a w przyszłości także eksportowe. Zgodnie z założeniami podanymi w rozdziale 3, zasadniczym zadaniem regulacji turbozespołów w MEW — wyposażonych zarówno w synchroniczne jak i asynchroniczne generatory — będzie regulacja obciążenia od poziomu górnej wody. W tym przypadku można mówić o nastawnicy otwarcia turbiny. Ze względu na konieczność stworzenia małym elektrowniom wodnym warunków pracy na własną sieć wydzieloną, względnie na sieć okresowo wydzieloną z sieci energetyki zawodowej, konieczne jest opracowanie uproszczonego regulatora obrotów turbiny. Specjalnego rozwiązania wymaga też awaryjne zamykanie turbiny w przypadku jej rozbiegu. Dla wszystkich turbozespołów z wałem poziomym i z turbinami wyposażonymi w ruchomą kierownicę, należy preferować zamknięcie ciężarowe oraz siłowniki kierownicy o jednostronnym działaniu w kierunku jej otwierania. Dzięki takiemu rozwiązaniu upraszcza się układ automatyki elektrowni. Gdy turbina nie posiada automatycznie sterowanej kierownicy należy stosować na wlocie, względnie na wylocie z turbiny rurowej, zasuwę samoopadającą. Z uwagi na peryferyjne położenie MEW w stosunku do ośrodków remontowych i brak wysokokwalifikowanej obsługi wskazane jest opracowanie w pierwszej kolejności regulatorów hydrauliczno-mechanicznych o bardzo prostym rozwiązaniu, a dopiero w następnej kolejności regulatorów elektrohydraulicznych.

9. Uwagi końcowe

Jak z powyższych rozważań wynika, do pełnego opracowania krajowych rozwiązań małych turbin wodnych z kompletnym wyposażeniem pomocniczym i wdrożenia ich do produkcji potrzebne są prace koncepcyjne, studialne, projektowe i badawcze. W znacznym zakresie prace te są już wykonywane, ale pełne ich uruchomienie nastąpi po roku 1981 w ramach rządowego programu badawczo-rozwojowego PR-8, jaki będzie realizowany dla potrzeb energetyki.

Należy się spodziewać, iż wyniki konferencji HYDROFORUM'80 w dużym stopniu przyczynią się do przygotowania i uruchomienia wymienionych tu prac oraz zachęcą krajowych specjalistów z dziedziny maszyn wodnych do liczного współudziału w rozwoju MEW.

Literatura

- [1] Usystematyzowanie i podział na grupy o zbliżonych parametrach technicznych zrealizowanych, modernizowanych i możliwych do realizacji obiektów i budowli piętrzących oraz określenie parametrów technicznych elektrowni i siłowni przy tych budowlach piętrzących. GBSiPE „ENERGO-PROJEKT” Warszawa, czerwiec 1979.
- [2] T. Salovaara, *Modern water turbine technology for small power stations*, OY TAMPELLA AB Finland, 1980.
- [3] E. Kössler, *Kompaktturbinen im Baukastensystem*. Kössler GmbH Maschinenfabrik, St. Pölten — St. Georgen, 1978.
- [4] E. Kössler, *Argumente für Qualitätseinrichtungen in Kleinwasserkraftwerken*. Allgemeiner Mühlen-Markt, Juni 1979, s. 142.

Fundamental Assumptions for Development of Small Water Power Stations and Resulting Indications for Standardization of Their Generating Sets

Summary

According to the criterion of simple technical construction and no regular personnel, the concept of Small Water Power Stations (SWPS) covers power stations with output capacity less than 5 MW. It follows from the economical reasons that these plants should

- make use of so far existing dams with total head ≥ 3 m,
- have simple technical solutions (1 generating set with high rotating speed and no high voltage switchboard).

It is assumed that SWPS will consist mostly of flow power plants capable to work in their own network. It is suggested that 950 SWPS with Kaplan turbines in concrete chambers or vertical and horizontal pipe turbines ($H \leq 20$ m) and 70 power stations with Francis turbines ($H > 20$ m) should be put in operation till 2000. The author indicates the necessity of carrying out standardization and starting in Poland production of Kaplan and pipe turbines for $H = 2 \div 20$ m, $Q = 1 \div 30$ m³/s, $N = 30 \div 3000$ kW.

The expediency of preparing for manufacture of Banka-type flow microturbines operating in $H = 1 \div 50$ m, $N = 5 \div 50$ kW ranges is emphasized.

The paper presents also some results of a review, carried out recently in Poland, of structures suitable for installing small water power stations. Also some most important foreign companies manufacturing water turbines of small capacity are specified.

Основные предположения для развития малой гидроэнергетики и вытекающие из них директивные указания для стандартизации турбоагрегатов для таких электростанций

Резюме

Исходя из критерия простой технической конструкции и эксплуатации без постоянной obsługi понятием „малой гидроэлектростанции” (МГЭС) охвачены электростанции мощностью ниже 5 МВт. Из экономических взглядов требуется, чтобы эти электростанции:

- использовали до сих пор существующие подъемные устройства напором ≥ 3 м,
- имели простые технические решения (1 турбоагрегат большой скорости вращения и отсутствие распределительного устройства высокого напряжения).

Предполагается, что МГЭС в большинстве будут проточными электростанциями с возможностью работы на выделенную сеть. До 2000 года предлагается приведение в движение в Польше 950 МГЭС с турбинами Каплана в бетонной камере или с вертикальными и горизонтальными прямоточными турбинами ($H \leq 20$ м), а также 70 электростанций с турбинами Франциса ($N > 20$ м). Указывается на необходимость стандартизации и пуска в ход отечественного производства турбин Каплана и прямоточных турбин характеризующихся параметрами:

$$H = 2 \div 20 \text{ м}, \quad Q = 1 \div 30 \text{ м}^3/\text{сек}, \quad N = 30 \div 3000 \text{ кВт}.$$

Считается целесообразным приготовление производства проточных микротурбин типа Банки, работающих в пределах $H = 1 \div 50$ м, $N = 5 \div 50$ кВт.

В работе представлены также некоторые результаты проведенного в Польше просмотра объектов для использования для нужд малой энергетики и более известные зарубежные фирмы производящие гидротурбины малой мощности.