



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



Łódzkie

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



ENERGETYKA WODNA



Centrum Badań i Innowacji
PRO-AKADEMIA



LEADER SCHOOL[®]
NOWOCZESNE METODY NAUCZANIA

Literatura z zakresu energetyki wodnej:

Depczyński W., Fanti K., Fiedler K., Kowalewski., Zbiór przykładów z projektowania budowli piętrzących i elektrowni wodnych. Wyd. Pol. Warszawskiej. Warszawa 1973.

☐ Gałka E.: Turbiny Banki – Michella, Instytut Maszyn Przepływowych PAN, Gdańsk, 1990.

☐ Gołębiowski S., Krzemień Z.: Przewodnik inwestora małej elektrowni wodnej, Narodowa Poszanowania Energii, Warszawa, 1998.

☐ Hoffmann M.: Małe elektrownie wodne – poradnik, Wydanie II, Towarzystwo Rozwoju Małych Elektrowni Wodnych, Gdańsk 1992.

☐ Łaski A., Elektrownie wodne. Rozwiązania i dobór parametrów. Wyd. N- T. Warszawa 1971.

☐ Michałowski S., Plutecki J.: Energetyka wodna, Wydawnictwo Naukowo – Techniczne, Warszawa 1975.

☐ Tymiński J.: Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii w Polsce do 2030 roku – Aspekt energetyczny i ekologiczny, Wydawnictwo IBMER Warszawa, 1997.





Teoretyczne zasoby energii wodnej na świecie

szacuje się na ok. 40 700 TWh/rok,

przy czym zasoby możliwe do wykorzystania
oceniane są na 14 400 TWh/rok





Energetyka wodna w Polsce

Potencjał hydroenergetyczny naszego kraju jest stosunkowo niewielki:

- potencjał teoretyczny ocenia się na 23 TWh/rok;
- techniczny – na 12 TWh/rok;
- natomiast ekonomiczny – na 8 TWh/rok.





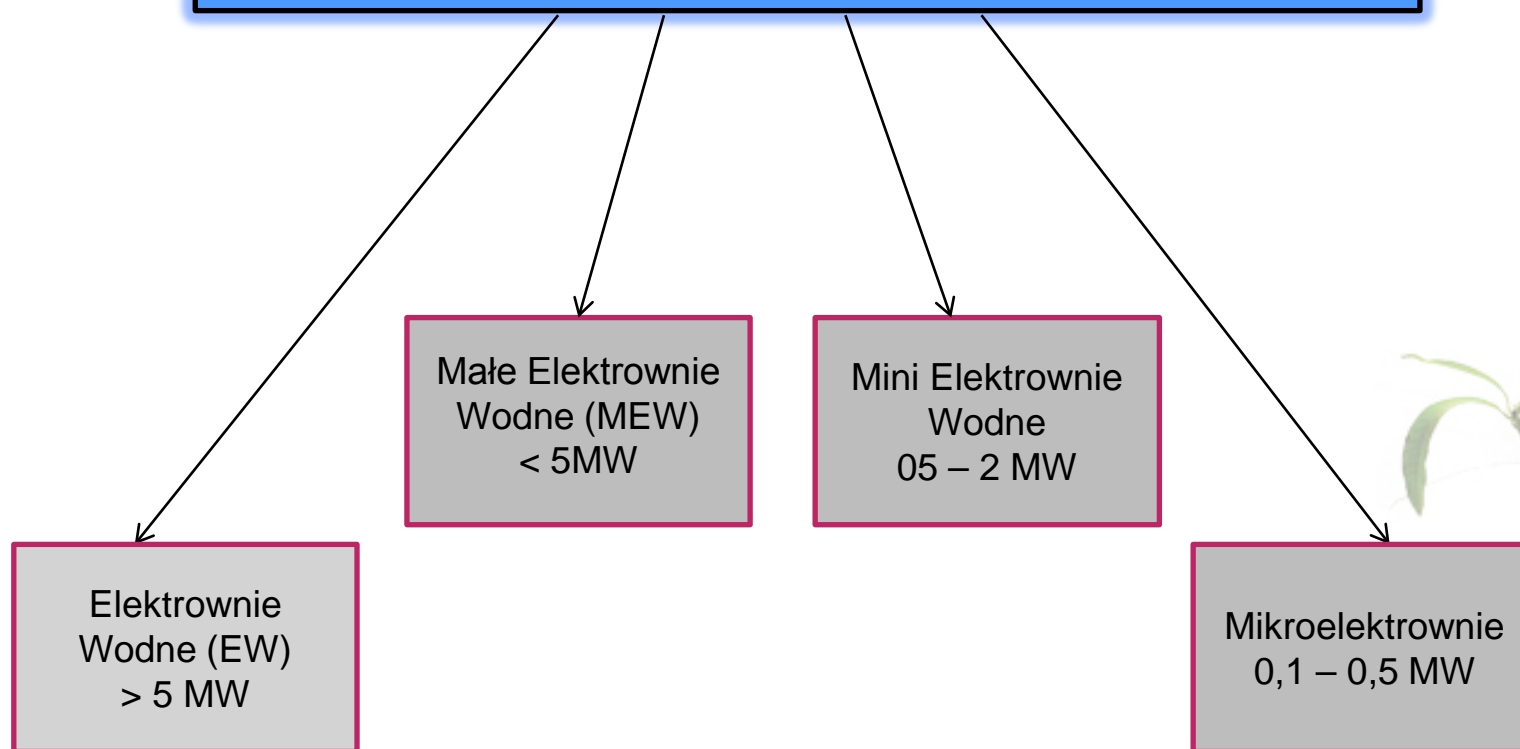
Energetyka wodna w Polsce

14 elektrowni wodnych o mocy > 5 MW

670 elektrowni wodnych o mocy < 5 MW



Podział elektrowni wodnych ze względu na moc



Podział elektrowni wodnych
ze względu na sposób eksploatacji w ciągu doby

Podstawowe
(przepływowe)

Podszczytowe

Szczytowe
(zbiornikowe)

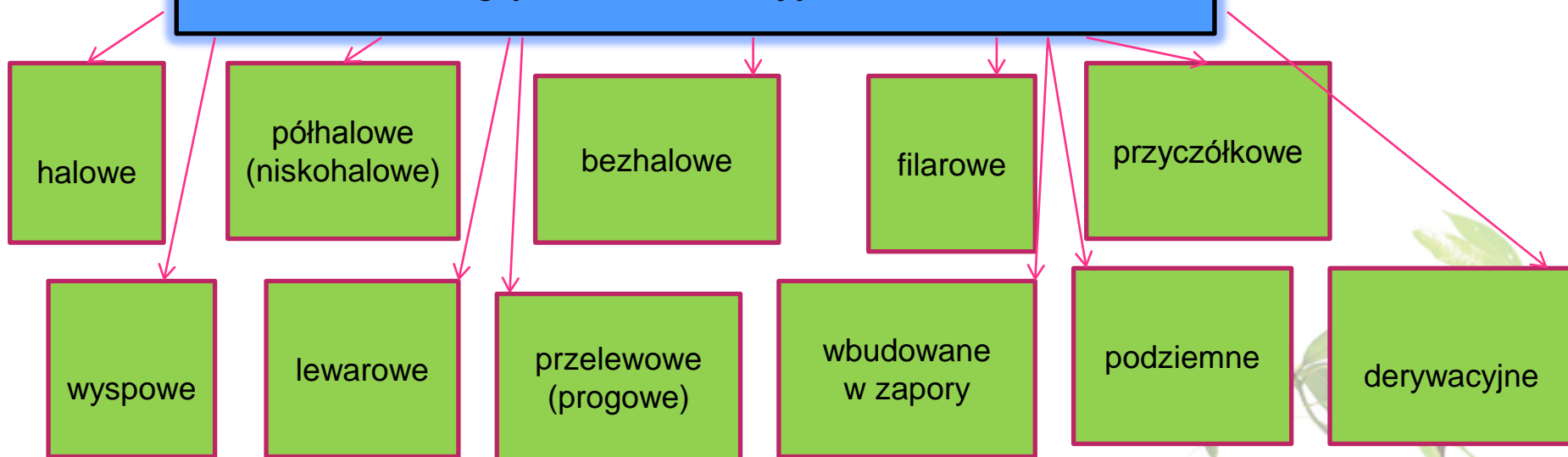
Szczytowo-
pompowe

Szczytowe
z członami
pompowymi

Pływowe



Podział elektrowni wodnych ze względu na konstrukcję bloków i hal





Podział elektrowni wodnych ze względu na rodzaj turbozespołów

z turbozespołami
o osiach pionowych

z turbozespołami
o osiach poziomych

rurowe



Uwzględniając, że dla potrzeb wykorzystania energii wody istnieje potrzeba jej spiętrzenia – należy stwierdzić, że podstawowym elementem elektrowni wodnej jest budowla piętrząca.

Taką budowlą może być jaz, czyli budowla hydrotechniczna, wybudowana w poprzek rzeki, a której celem jest spiętrzenie wody w korycie rzeki.

Inną budowlą służącą do spiętrzania wody jest zaporą, której celem jest tworzenie zbiorników wodnych.





Drugim podstawowym elementem elektrowni wodnej jest turbina wodna.

Konstrukcje poszczególnych turbin różnią się od siebie.

Turbiny wykorzystywane w elektrowniach wodnych:

➤ **akcyjne** (natryskowe), w których woda zostaje doprowadzona do wirnika pod ciśnieniem atmosferycznym.

W turbinach tego typu zostaje wykorzystana energia kinetyczna (prędkość wody),

➤ **reakcyjne** (naporowe), w których woda zostaje doprowadzona do wirnika pod ciśnieniem wyższym niż ciśnienie atmosferyczne (wyjątek stanowi przypadek lewarowego doprowadzenia wody).

Turbiny reakcyjne wykorzystują energię ciśnienia wody oraz energię kinetyczną.





Najważniejszymi urządzeniami w MEW są:

- turbina,
- prądnica,
- układ regulacyjny i sterowanie turbozespołu
- przekładnie

Urządzenia stanowiące wyposażenie mechaniczne elektrowni wodnej to:

- zasuwy i zamknięcia przeznaczone do szybkiego zamknięcia dopływu wody podczas awarii turbiny,
- kraty wlotowe, których zadaniem jest ochrona turbiny przed przepływającymi zanieczyszczeniami (drewno, lód, wodorosty) i dlatego muszą być wyposażone w urządzenia do mechanicznego ich oczyszczania,
- urządzenia podnośnikowo – transportowe,
- urządzenia sprężonego powietrza i odwodnień turbiny,
- urządzenia gospodarki olejowej,
- system chłodzenia łożysk, generatorów, transformatorów itp.





Przegląd turbin





Turbina wodna jest to silnik wodny przetwarzający energię mechaniczną wody na ruch obrotowy za pomocą wirnika z łopatkami.

Poprzednikiem i wzorem dla turbin wodnych było koło wodne





Obecnie są stosowane następujące systemy turbin wodnych,
których nazwy pochodzą od nazwisk konstruktorów

Peltona

Kaplana (śmigłowe)

Francisa

Deriaza

oraz

Pompoturbiny





Turbiny Peltona

-wynaleziona w roku 1980
przez Amerykanina Lester A. Pelton

Turbiny Peltona stosowane są do dużych spadów
sięgających nawet do 2000 m.





Turbiny Kaplana

Turbina wynaleziona w roku 1921
przez austriackiego inżyniera Viktora Kaplana

Stosuje się na spadach do 75 m.





Turbiny Francisa

Turbinę Francisa wynalazł Amerykanin James Bicsenco Francis w 1849 r.

Turbiny Francisa były stosowane w zakresie spadów do 500 m, przy czym na spadach do 5 m zaprzestano stosować tego rodzaju turbin.





Turbiny Deriaza

stosuje się na spady od 13 do około 300 m.

Ze względów ekonomicznych
przy spadach powyżej 36 m stosowanie turbin Deriaza
jest bardziej korzystne niż stosowania turbin Kaplana





Pompoturbiny - pompy przepływowe, które po nadaniu przeciwnego kierunku obrotów, pod ciśnieniem wpływającej do niej wody pracują jako turbiny wodne, stosowana np. w elektrowniach wodnych pompowych.





Dla charakterystyki elektrowni wodnych określamy cztery podstawowe parametry:

- 1) spad,**
- 2) przepływ,**
- 3) moc**
- 4) sprawność**





Spad określa się jako różnicę poziomów wody górnej i dolnej.

Spad podczas pracy elektrowni ulega zmianom w zakresie do 20% spad nominalnego.

Spadem nominalnym określa się spad, przy którym elektrownia rozpoczyna swą pracę.

Spad podczas pracy elektrowni powinien być kontrolowany, ponieważ od niego zależy moc osiągnięta przez elektrownię.

Ze względu na ściśle określony pozwoleniem wodnoprawnym poziom piętrzenia nie może przekroczyć pewnej granicy maksymalnej, ze względu na to regulację przeprowadza się na utrzymanie poziomu wody górnej.





Przepływy charakterystyczne mierzone w $[m^3/s]$ określają hydrologię cieku wodnego.

Z punktu widzenia energetycznego, ważnym dla doboru turbin zainstalowanych w MEW jest przepływ średni średnioroczny (SSQ)

oraz przepływ najdłużej trwający (NTQ).

Przepływ instalowany elektrowni określa ilość wody, jaką może turbina przerobić przy danym spadzie





Moc elektrowni wodnej określić możemy wzorem:
**Chwilowa moc elektrowni przy danym przepływie
w [kW] = wielkość przepływu wody w [m³/s] x wielkość spadu
użytecznego w [m] x iloczyn sprawności wszystkich urządzeń**



Sprawność elektrowni wodnej jest to stosunek mocy elektrycznej, oddanej do sieci, do mocy hydraulicznej doprowadzonej w tej samej chwili do elektrowni.

Współczynniki sprawności η , wyrażane są w procentach i dotyczą podstawowych elementów wyposażenia elektrowni różnych typów.

Współczynniki te ustala zwykle dostawca oddzielnie dla generatorów i przekładni.

Tym samym sprawność elektrowni wodnej to sprawność turbozespołu a więc sprawność zastosowanej turbiny, przekładni oraz generatora.

Sprawność małej elektrowni wodnej zawiera się w przedziale od 70 – 85 %.





O sposobie rozwiązania całego układu mechanicznego turbozespołu decyduje turbina.

Turbina decyduje o efektach produkcyjnych turbozespołu, a także o jego właściwościach eksploatacyjnych. Właściwy dobór typu i parametrów turbiny decyduje o sukcesie ekonomicznym elektrowni.





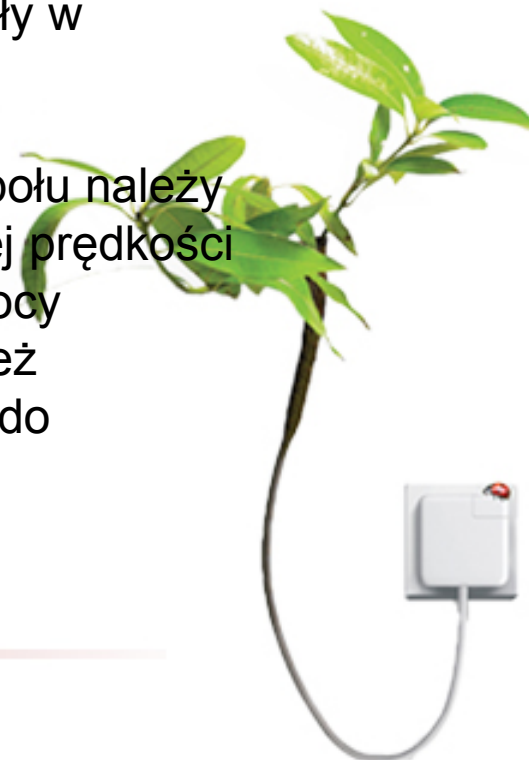
Optymalnym rozwiązaniem turbozespołu jest układ bezpośredniego połączenia turbiny z prądnicą. Warunki do realizacji takiego układu występują wówczas, gdy normalna prędkość obrotowa turbiny jest równa lub bardzo zbliżona do prędkości obrotowej prądnicy. W pozostałych wypadkach do przeniesienia napędu z turbiny o małej prędkości obrotowej na prądnicę trzeba zastosować przekładnie. W turbozespołach małej mocy wykorzystywane są przekładnie zębate oraz pasowe z pasem płaskim lub paskami klinowymi.



W małych elektrowniach wodnych stosowane są dwa rodzaje prądnic: synchroniczne lub asynchroniczne. Przyjęcie odpowiedniego typu uzależnione jest głównie od systemu pracy turbozespołu, – czyli od sposobu wykorzystania energii oraz jej przeznaczenia.

- Prądnicami asynchronicznymi są stosowane obecnie seryjne 3-fazowe silniki indukcyjne klatkowe (rzadziej pierścieniowe).
- Prądnice synchroniczne – do tej pory stosowane były w małych elektrowniach wodnych tylko w wyjątkowych wypadkach.

Przy doborze prądnicy dla projektowanego turbozespołu należy starać się o prądnicę o możliwie małej synchronicznej prędkości obrotowej oraz właściwie dobrać moc prądnicy do mocy osiągananej przez turbinę. Bardzo ważną sprawą jest też dostosowanie wytrzymałości mechanicznej prądnicy do prędkości rozbiegowej turbiny.





Zasada pracy MEW opiera się na wykorzystaniu przemiany energii potencjalnej, jaką posiada spiętrzona masa wody doprowadzonej do turbiny na energię kinetyczną napędzającą turbinę i generator. Woda pod wpływem różnicy poziomów przepływa przez turbinę, uderzając w jej łopatki. Wprawiona w ruch turbina za pośrednictwem przekładni napędza generator wytwarzający energię elektryczną odprowadzaną do sieci. Po tym procesie woda jest doprowadzona do ujścia i trafia do rzeki, z której została pobrana.





Automatyzacja procesów MEW

Ze względu na konieczność realizacji MEW często jako elektrowni bezobsługowej, instalowane w nich układy regulacyjne spełniają bardzo ważną rolę, muszą, bowiem w każdym wypadku ruchowym zapewnić bezpieczną pracę turbozespołu.

W budownictwie MEW nie należy ograniczać wyposażenia elektrycznego, które stanowi tylko 3-10% całkowitych kosztów inwestycyjnych, a przeciwnie - tak je rozbudowywać, aby obiekt mógł być całkowicie zautomatyzowany.



Sterowniki programowalne PLC znalazły zastosowanie do sterowania procesów zarówno w MEW nowobudowanych jak i modernizowanych. Sterowanie procesami MEW ma charakter sekwencyjny. Polega na podaniu w odpowiedniej kolejności ciągu sygnałów, sprawdzeniu warunków i generowaniu sygnałów wyjściowych. Zakres automatyzacji określa procesy objęte automatyzacją. Może, więc zakres automatyzacji ograniczyć się tylko do jednego lub kilku zachodzących procesów. Należy jednak rozróżnić tzw. niezbędny technicznie zakres automatyzacji uwzględniający przede wszystkim technikę zabezpieczeniową. Uzasadniony zakres automatyzacji zależy od następujących czynników :

- funkcji MEW
- rodzaju obsługi MEW
- liczby hydrozespołów
- rodzaju zastosowanych turbin i prądnic



Zakres automatyzacji MEW

Na zakres automatyzacji MEW wpływają następujące czynniki: rodzaj turbin, funkcje MEW, moc zainstalowanych hydrozespołów i ich liczba, rodzaj prądnic oraz sposób obsługi MEW.

W MEW automatyzacją mogą być objęte następujące procesy

- uruchomienie hydrozespołu
- zatrzymanie i odstawienie hydrozespołu
- regulacja turbin
- kontrola parametrów MEW
- rejestracja zachodzących procesów
- generowanie i zapis alarmów
- sterowanie obciążeniem i kolejnością załączania poszczególnych generatorów



Zautomatyzowane MEW powinny być uruchamiane impulsem elektrycznym po uprzednim sprawdzeniu warunków gotowości do rozruchu. Każdy hydrozespół sterowany automatycznie powinien mieć możliwość uruchamiania ręcznego. Odpowiedni algorytm zainstalowany w pamięci sterownika, korzystając z dochodzących sygnałów binarnych i analogowych umożliwia kontrolę i sterowanie pracą turbozespołów. Uwarunkowania systemu kontroli stanów pracy elektrowni współpracującej z siecią energetyczną, definiują jednoznacznie stany awaryjne, pozwalając obsłudze na ich szybką identyfikację w oparciu o analizę pracy hydrozespołu przez program obsługujący sterownik programowalny. Odczyt sygnałów wejściowych i ich przetworzenie w programowych blokach wykonawczych pozwala na automatyczny rozruch i zatrzymanie hydrozespołu oraz regulację mocy oddawanej do systemu elektroenergetycznego w funkcji poziomu wody górnej.





Zalety Elektrowni wodnych

Najistotniejszą zaletą elektrowni wodnych jest produkowanie "czystej" energii elektrycznej .

Elektrownie wodne charakteryzują się również niewielką pracochłonnością - do ich obsługi wystarcza sporadyczny nadzór techniczny.

Stanowią awaryjne źródło energii w przypadku uszkodzenia sieci przesyłowej oraz regulują stosunki wodne w najbliższej okolicy.



Ponadto MEW mogą być:

- instalowane w licznych miejscach na małych ciekach wodnych,
- zaprojektowane i wybudowane nawet w ciągu 2-3 lat,
- sterowane zdalnie.





KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



Łódzkie

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Dziękuję za uwagę

Marzena Gaicka

Centrum Badań i Innowacji
PRO-AKADEMIA



LEADER SCHOOL
NOWOCZESNE METODY NAUCZANIA

