

HYDROENERGETYKA



WYZNACZANIE PARAMETRÓW MAŁEJ ELEKTROWNI WODNEJ

Ryszard Myhan
WYKŁAD 2

MEW - CHARAKTERYSTYKA

- ⊙ Do małych elektrowni wodnych zalicza się elektrownie o mocach zainstalowanych do około 5 MW, a w niektórych krajach do 10 MW.
- ⊙ **MEW** w samej istocie, ze względu na konieczność uzyskania odpowiedniej efektywności, różnią się od średnich i wielkich elektrowni wodnych.
- ⊙ Zdecydowaną większość MEW stanowią elektrownie przepływowe; wartość oddawanej mocy zależy od chwilowego przepływu wody w rzece.
- ⊙ Charakteryzują się brakiem lub bardzo małą pojemnością retencyjną zbiornika górnego.

MEW - JAKI POŻYTEK?

▣ Małe elektrownie wodne (MEW) pełnią wielorakie, pozytywne zadania w gospodarce narodowej:

- Są źródłem wytwarzania taniej, czystej energii elektrycznej.
- Pełnią istotną rolę w ekologii i ochronie środowiska naturalnego.
- Są elementem systemu regulacji stosunków wodnych, poprawiają wilgotność gleb i poziom wód gruntowych.
- Tworzą system zbiorników retencyjnych i tak zwanej małej retencji.
- Tworzą nowe zawody, nowe miejsca pracy.






MEW - JAKI POŻYTEK?

- ☐ MEW poprawiają jakość wody, poprzez oczyszczanie mechaniczne na kratkach wlotowych do turbin pływających zanieczyszczeń oraz zwiększają natlenienie wody, co poprawia ich zdolność do samooczyszczania biologicznego.
- ☐ MEW korzystnie wpływają na system energetyczny poprzez poprawę parametrów sieci rozdzielczej niskiego i średniego napięcia.
- ☐ Energia elektryczna z MEW jest wykorzystywana przez odbiorców z najbliższego otoczenia, co eliminuje straty energii na przesyle, rozdziale i transformacji.
- ☐ MEW są powszechnie uznawane za źródła energii odnawialnej, najbardziej przyjazne człowiekowi.






MEW - WADY

- ★ Mogą mieć niekorzystny wpływ na żyzność gleb w obszarze nadrzecznym,
- ★ Mogą mieć ujemny wpływ na lokalne warunki klimatyczne, powodując powstawanie mgieł,
- ★ Przegrodzenie koryta rzeki często prowadzi do zamulenia zbiornika i erozji brzegów,
- ★ Może nastąpić pogorszenie samooczyszczania się płynących wód i zmniejszenia zawartości w nich tlenu,
- ★ Utrudnienia swobodnego ruchu ryb,
- ★ Ogólny spadek temperatur, ochłodzenie w okresie wiosenno-letnim i ocieplenie w zimowo- jesiennym,
- ★ Turbiny powodują wysoką śmiertelność ryb, które dostają się pomiędzy łopatki wirników.

MEW – JAKIE MAMY PRZEPISY?

-  Produkcja energii elektrycznej w MEW wymaga stworzenie odpowiednich warunków ekonomicznych i prawnych sprzyjających rozwojowi tego sektora.
-  Do standardów wspierania małej energetyki w państwach Europy Zachodniej należy:
 -  obowiązkowy zakup całej energii wyprodukowanej ze źródeł odnawialnych,
 -  pierwszeństwo w zakupie energii czystej przez zakłady energetyczne przed energią ze spalania,
 -  stała cena zakupu energii czystej przez minimum 3 lata, w wysokości wyższej niż minimalna cena zakupu energii ze spalania (elektrociepłownie),

MEW – JAKIE MAMY PRZEPISY?

-  Do standardów wspierania małej energetyki w państwach Europy Zachodniej należy:
 -  zwolnienie z podatków do 5 lat, a potem minimalne podatki,
 -  dotacje wspierające budowę,
 -  niskooprocentowane (przeważnie umarżane) kredyty bankowe.
-  Polityka Rządu RP w zakresie energetyki odnawialnej (obejmująca produkcję z dopływu naturalnego) jest określona w „*Założeniach polityki energetycznej Polski do roku 2020 r.*”- przyjętych przez Radę Ministrów w lutym 2000 roku.

MEW – JAKIE MAMY PRZEPISY?



Inne istotne akty prawne to:

- ▶ USTAWA z dnia 10 kwietnia 1997 r.
Prawo energetyczne.
- ▶ USTAWA z dnia 18 lipca 2001 r.
Prawo wodne.
- ▶ USTAWA z dnia 2 lipca 2004 r.
O swobodzie działalności gospodarczej.
- ▶ USTAWA z dnia 27 kwietnia 2001 r.
Prawo ochrony środowiska.
- ▶ USTAWA z dnia 6 grudnia 2008 r.
O podatku akcyzowym.


MEW – ZASADY PRZYZNAWANIA WSTĘPNEJ MOŻLIWOŚCI BUDOWY



Z istniejącym piętrzeniem

Udostępnianie budowli piętrzących na podstawie konkursu na hydroenergetyczne wykorzystanie urządzeń wodnych wg jednolitych procedur opracowanych przez Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej.

MEW – ZASADY PRZYZNAWANIA WSTĘPNEJ MOŻLIWOŚCI BUDOWY

 Bez istniejącego piętrzenia
Wniosek inwestora z koncepcją programowo-przestrzennej realizacji przedsięwzięcia - stopnia piętrzącego z MEW. Koncepcja powinna m.in. zawierać:

- analizę warunków przepływu wód powodziowych i lodu przez projektowaną budowlę,
- rysunki budowli i urządzeń,
- obliczenia zasięgu cofki,
- mapę ewidencyjną,
- plan sytuacyjno - wysokościowy, umożliwiający rozpoznawanie szczegółów,
- plan poglądowy w skali umożliwiającej określenie lokalizacji,

MEW – NA CO MOŻE LICZYĆ INWESTOR?

- ❖ Sieci energetyczne mają obowiązek przyłączenia Elektrowni wytwarzających energię z Odnawialnych Źródeł.
- ❖ Zakłady Energetyczne muszą skupić całą wyprodukowaną energię po ustalonej przez Urząd Regulacji Energetyki cenie.
- ❖ Za każdą wyprodukowaną ilość energii właściciel Elektrowni otrzymuje papier wartościowy notowany na Towarowej Giełdzie Energii – Świadectwo Pochodzenia Energii.
- ❖ Budowę elektrowni można finansować przy wsparciu środków unijnych – do 60% wartości inwestycji!

MEW - PROCES INWESTYCYJNY

1 LOKALIZACJA

- **Poszukiwanie lokalizacji (zakup lokalizacji)**
- **Ocena lokalizacji, wywiad środowiskowy**
- **Studium wykonalności, wstępne szacunki**
- **Koncepcja elektrowni**
- **Niezbędne badania: geodezja, geologia, przepływy, przyłączenie do sieci**
- **Szacunek przychodu**
- **Szacunek kosztów**
- **Ocena możliwości finansowych**
- **Tytuł do nieruchomości**
 - **Zakup**
 - **Dzierżawa**
 - **Umowa przyrzeczenia**

MEW - PROCES INWESTYCYJNY

2 KONCEPCJA

- Wybór projektantów – doradztwo techniczne
- Projekt koncepcyjny elektrowni
- Optymalizacja wszystkich parametrów
- Wybór technologii (rodzaj turbiny determinuje wszystkie kolejne kroki)

3 DECYZJA O WARUNKACH ZABUDOWY

- Zapisy w planie zagospodarowania przestrzennego
- Wniosek o ustalenie lokalizacji inwestycji celu publicznego lub wniosek o wydania warunków zabudowy i zagospodarowania terenu

4 OPERAT WODNOPRAWNY

- Wykonanie operatu wodnoprawnego wraz z koncepcją elektrowni.
- Inwestycja budowy elektrowni wodnej o mocy mniejszej niż 2,5 MW określonej w rozporządzeniu nie należy do inwestycji uciążliwych, wymienionych w rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2004 roku w sprawie określenia rodzajów przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko oraz szczegółowych uwarunkowań związanych z kwalifikowaniem przedsięwzięcia do sporządzenia raportu o oddziaływaniu na środowisko.
- Ustalenie stron postępowania
- Uzgodnienia
- Przyjęcie obowiązków i przejęcie praw.

MEW - PROCES INWESTYCYJNY

5 DECYZJA WODNOPRAWNY

- Warunki decyzji
- Czas obowiązywania
- Obowiązki
- Wytyczne dla projektu budowlanego i zagospodarowania stopnia wodnego
- Przeławka dla ryb

6 PROJEKT BUDOWLANY

- Od jakości projektu będą zależać koszty inwestycji i eksploatacji elektrowni
- Należy uważać na błędy projektowe – warto konsultować projekt ze specjalistami technologii MEW
- Projekt przeławki

MEW - PROCES INWESTYCYJNY

7 POSTĘPOWANIE BUDOWLANE

- Uzgodnienia ze stronami postępowania
- Uzgodnienia z sąsiadami
- Uzgodnienia z urzędem formy edytorskiej projektu
- **Pozwolenie na budowę**
- Pozwolenie budowlane na przeplawkę

8 PROJEKT WYKONAWCZY

- Konsultacje z potencjalnymi wykonawcami
- Weryfikacja warunków lokalowych
- Ścisła współpraca z dostawcą technologii
- Przedmiar robót (kosztorys inwestorski)

MEW - PROCES INWESTYCYJNY

9 WYBÓR WYKONAWCÓW

- Inwestycja sposobem gospodarczym
- Inwestycja powierzona generalnemu wykonawcy
- Inwestycję prowadzi na zlecenie firma (osoba) pełniąca rolę nadzoru właścicielskiego
- **Umowy z wykonawcami**

10 NADZÓR

- Zewnętrzny nadzór właścicielski
- Nadzór budowlany powinien być dopasowany do specyfiki branż
- Nigdy nie korzystaj z nadzoru budowlanego związanego z wykonawcą!!!
- Szczegółowy harmonogram pozwoli w każdym momencie kontrolować przebieg inwestycji

MEW - PROCES INWESTYCYJNY

1 INWESTYCJA

- Organizacja planu budowy
- Media na czas budowy
- Prace hydrobudowlane
- Prace budowlane
- Architektura
- Wyposażenie technologiczne towarzyszące

2 WYPOSAŻENIE HYDROENERGETYCZNE

- Montaż turbin
- Montaż przekładni
- Montaż generatorów
- Montaż części elektrycznej
- Przyłącze do sieci
- Uruchomienie – próby eksploatacyjne (ruchowe)

MEW - PROCES INWESTYCYJNY

3 ODBIORY

- Kompleksowe odbiory budowlane
- Odbiory energetyczne z lokalnego Zakładu Energetycznego
- Wewnętrzne odbiory robót od wykonawców i dostawców urządzeń - gwarancje

4 PRZEKAZANIE DO EKSPLOATACJI

- Okres gwarancji i eksploatacja po gwarancji
- Szczegółowe procedury eksploatacyjne
- Dziennik pokładowy
- Dokumentacja techniczna – instrukcje, gwarancje itp.
- Procedury awaryjne
- Wyposażenie elektrowni i obsługujących
- Sprzęt asekuracyjny i serwisu technicznego

MEW – PODSTAWOWE PARAMETRY

🎯 W celu określenia podstawowych parametrów przepływowej MEW należy przeprowadzić odpowiednie działania przygotowawcze.

◆ Założono, że część wodna, w postaci odpowiedniego spiętrzenia, jest już wykonana, lub przynajmniej zaprojektowana.

◆ Część parametrów cieku wodnego zmienia się w cyklu rocznym, dlatego trzeba je wyznaczać przynajmniej przez okres roku, a następnie dokonać wyboru wartości przyjmowanych do dalszych obliczeń.

MEW – PODSTAWOWE PARAMETRY

⊙ W części technicznej projektu wyznacza się następujące główne elementy:

1. poziom górnej wody,
2. poziom dolnej wody,
3. spad strumienia wody, tzw. spad niwelacyjny,
4. przepływ w rzece dla danego przekroju piętrzenia,
5. instalowany przętyk turbiny, czyli maksymalną objętość strumienia wody przepływającej przez turbinę w jednostce czasu (na podstawie średniego rocznego przepływu),
6. moc znamionową elektrowni,
7. parametry turbiny i przekładni mechanicznej,
8. dane hydrogeneratora,

MEW – PODSTAWOWE PARAMETRY

9. układ i typ rozdzielni elektrownianej,
10. schematy układów sterowania, automatycznej regulacji i zabezpieczeń,
11. parametry linii i ewentualnie stacji rozdzielczej, łączącej z systemem elektroenergetycznym,
12. wartość produkcji energii w ciągu roku, oszacowaną na podstawie znajomości zmian parametrów przepływu wody w ciągu roku,
13. czas wykorzystania mocy zainstalowanej elektrowni, służący do oceny ekonomiczności elektrowni, wyznaczany z wartości produkcji rocznej i mocy zainstalowanej.

ENERGIA STRUMIENIA WODY

- ⊙ W rzecznych elektrowniach wodnych energię elektryczną uzyskuje się z energii kinetycznej a zwłaszcza z energii potencjalnej wody.
- ⊙ Wykorzystując równanie Bernoulliego:

$$\frac{c^2}{2} + g \cdot h + \frac{p}{\rho} = \text{const}$$

gdzie:

c - prędkość wody [m/s],

g - przyśpieszenie ziemskie [m/s²],

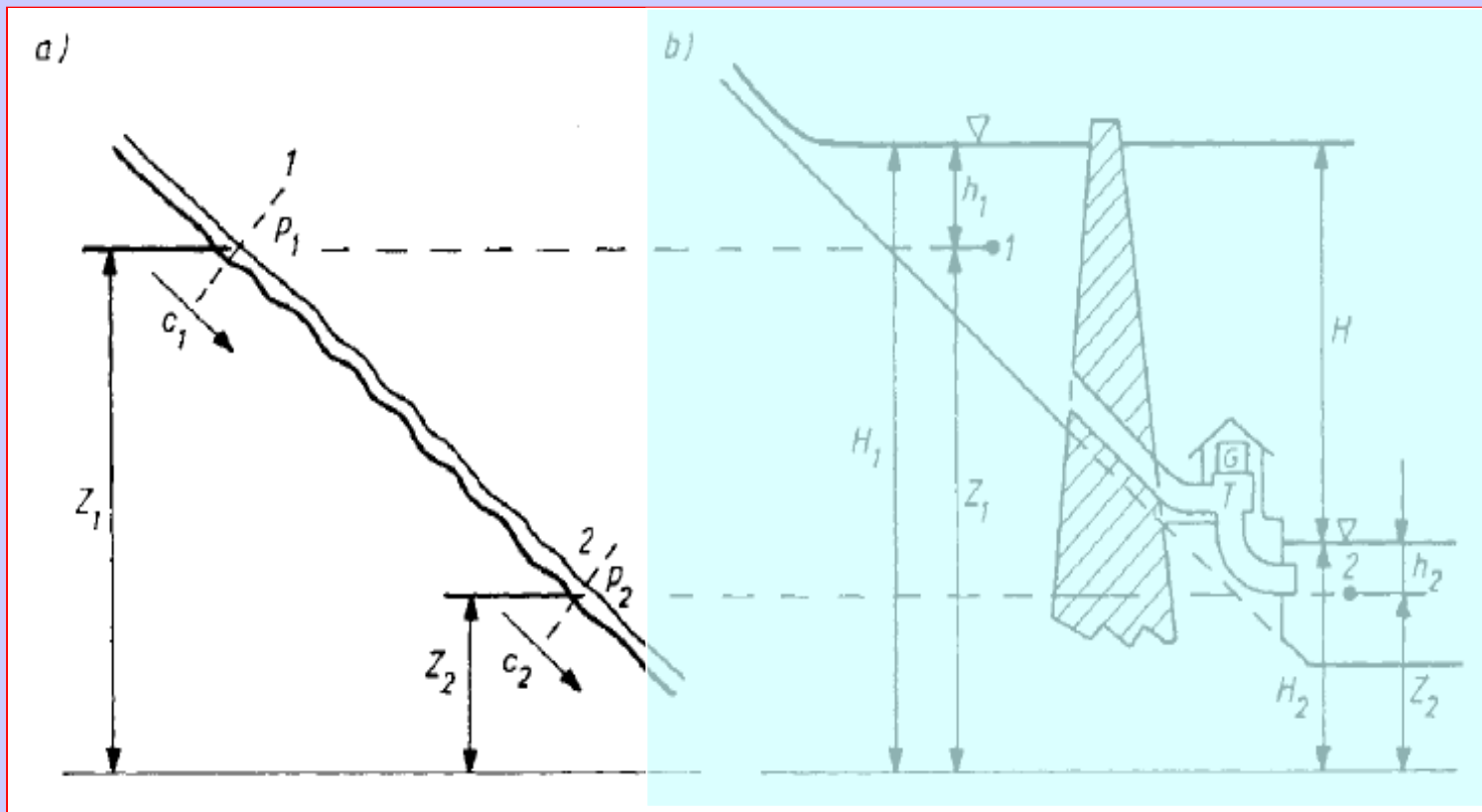
h - wysokość [m],

p - ciśnienie [Pa],

ρ - gęstość wody [kg/m³],

ENERGIA STRUMIENIA WODY

- Można wyznaczyć teoretyczną ilość energii **A** zawartej w płynącej wodzie pomiędzy dwoma punktami **1** i **2** rozpatrywanego odcinka rzeki, czy innego cieku.



Przekrój koryta rzeki: a) w stanie naturalnym, b) po wybudowaniu zapory

ENERGIA STRUMIENIA WODY

- ⊙ Energia wody w korycie rzeki w każdym z przekrojów wynosi:

$$A_1 = \left[g \cdot Z_1 + \frac{p_1}{\rho} + \frac{c_1^2}{2} \right] \cdot \rho \cdot V \quad [\text{J}]$$

$$A_2 = \left[g \cdot Z_2 + \frac{p_2}{\rho} + \frac{c_2^2}{2} \right] \cdot \rho \cdot V \quad [\text{J}]$$

gdzie:

Z_1, Z_2 - wzniesienie przekrojów A i B nad dowolny poziom odniesienia [m],

p_1, p_2 - ciśnienie na poziomie lustra wody [Pa],

c_1, c_2 - średnia prędkość wody [m/s],

V - objętość przepływającej wody [m³].

ENERGIA STRUMIENIA WODY

⊙ Kolejne wyrażenia w nawiasach określają energię jednostkową wyrażoną w $\text{m}^2/\text{s}^2 = \text{J}/\text{kg}$:

$g \cdot Z$ - energia położenia (potencjalna),

$\frac{p}{\rho}$ - energia ciśnienia,

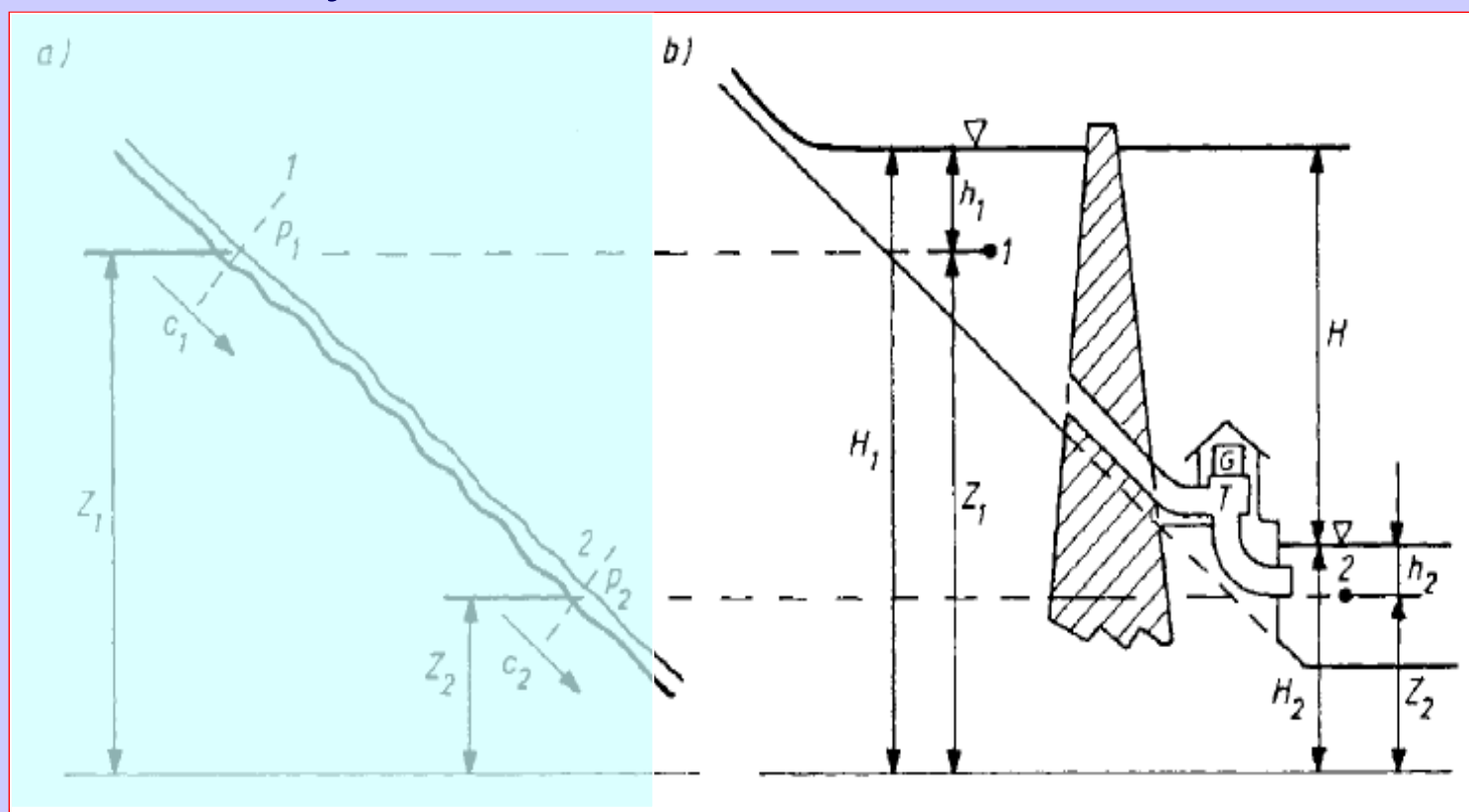
$\frac{c^2}{2}$ - energia prędkości (kinetyczna)

⊙ Energia rozwijana przez rzekę między przekrojami 1 i 2 wynosi:

$$A_{1-2} = A_1 - A_2 = \left[g \cdot (Z_1 - Z_2) + \frac{p_1 - p_2}{\rho} + \frac{c_1^2 - c_2^2}{2} \right] \cdot \rho \cdot V$$

ENERGIA PRZEKAZYWANA TURBINIE

● Po wybudowaniu zapory uzyskuje się koncentrację spadku i możliwość wykorzystania energii strumienia wody w turbinach wodnych.



Przekrój koryta rzeki: a) w stanie naturalnym, b) po wybudowaniu zapory

ENERGIA PRZEKAZYWANA TURBINIE

- Założono, że środki ciężkości mas wody na górnym i dolnym poziomie znajdują się na poziomach Z_1 i Z_2 .
- Ponadto przyjęto oznaczenia:
 - h_1, h_2 głębokość położenia środka ciężkości masy wody pod lustrem wody [m],
 - H_1, H_2 poziom niwelacyjny lustra wody w stosunku do poziomu odniesienia [m],
 - H spad niwelacyjny [m].

• Po uwzględnieniu zależności:

$$H = H_1 - H_2 \quad \rightarrow \quad H_1 = Z_1 + h_1 \quad H_2 = Z_2 + h_2$$

$$p_1 = h_1 \cdot \rho \cdot g$$

$$p_2 = h_2 \cdot \rho \cdot g$$

ENERGIA PRZEKAZYWANA TURBINIE

Wartość energii, jaką tu

energia kinetyczna
związana z ruchem wody w
górnym zbiorniku z
prędkością c_1

energia kinetyczna wody
odpływającej na dolnym
poziomie z prędkością c_2

energia potencjalna
wody w zbiorniku
górnym

wyrażenie w nawiasach jest jednorodne
użyteczną A_u .

strata energii związana
z oporami przepływu
wody w doprowadzeniach
i odprowadzeniach
z turbiny

$$A_{1-2} = \left[g \cdot H + \frac{c_1^2}{2} - \frac{c_2^2}{2} + g \cdot \sum h_{str} \right] \cdot \rho \cdot V \quad [\text{J}]$$

$$A_u = g \cdot H + \frac{c_1^2}{2} - \frac{c_2^2}{2} + g \cdot \sum h_{str} \quad [\text{J/kg}]$$

ENERGIA ZAMIENIANA NA ELEKTRYCZNĄ

⊙ Przy wyznaczaniu energii transformowanej na elektryczną, trzeba jeszcze uwzględnić sprawność tego procesu - a zatem uzyskiwana energia wyniesie:

$$A_{el} = A_u \cdot \rho \cdot V \cdot \eta_t \cdot \eta_p \cdot \eta_g \quad [\text{J}]$$

gdzie:

η_t - sprawność turbiny wodnej;

η_p - sprawność przekładni;

η_g - sprawność generatora.

Jeśli cała różnica poziomów wody jest skoncentrowana na niewielkim obszarze, można pominąć spadki ciśnienia w przewodach doprowadzających wodę do turbiny.

ENERGIA ZAMIENIANA NA ELEKTRYCZNĄ

⊙ Na ogół prędkości wody przed i za spiętrzeniem są zbliżone, czyli $c_1 = c_2$.

⊙ W takich przypadkach podstawową rolę w przemianie energii wody na elektryczną odgrywa energia potencjalna.

$$A_u = g \cdot H \quad [\text{J/kg}]$$

⊙ Moc elektrowni wodnej:

$$P_{el} = \frac{A_{el}}{t} = g \cdot H \cdot Q \cdot \rho \cdot \eta_t \cdot \eta_p \cdot \eta_g \quad [\text{W}]$$

gdzie: Q - przepływ turbiny, czyli objętość strumienia wody przepływającego przez turbinę w

ciągu

sekundy $[\text{m}^3/\text{s}]$,

ENERGIA ZAMIENIANA NA ELEKTRYCZNĄ

- ① Moc wytwarzana w elektrowni wodnej wykorzystującej energię rzeki między jej przekrojami 1 i 2 zależy od:
 - wysokości spadku H wody (różnicy poziomów przed i za turbiną);
 - wielkości przepływu Q turbiny;
 - sprawności turbiny wodnej, przekładni i generatora.
- ① Moc elektrowni wodnej to moc czynna oddawana do sieci energetycznej - w obliczeniach należy zatem uwzględnić także sprawność układu wyprowadzenia mocy, tj. straty, jakie powstają na drodze przesyłu wytworzonej energii, od generatora aż do sieci, powodowane przez kable, szyny, przełączniki, transformatory itp.

ENERGIA ZAMIENIANA NA ELEKTRYCZNA

- Ostatecznie moc oddawana do sieci przez elektrownię wodną przy założeniu $\rho=1000 \text{ kg/m}^3$ i $g=9,81 \text{ m/s}^2$ wynosi:

$$P = 9,81 \cdot H \cdot Q \cdot \eta_t \cdot \eta_p \cdot \eta_g \cdot \eta_s \quad [\text{kW}]$$

gdzie:

η_s - sprawność układu wyprowadzającego moc do systemu elektroenergetycznego.

- W projektowaniu wstępnym można posługiwać się zakresami sprawności podanymi w literaturze:

- dla turbin $\eta_t = 0,82 - 0,92$
- dla generatorów $\eta_g = 0,94 - 0,97$
- dla układów wyprowadzenia mocy $\eta_t = 0,82 - 0,92$

PRZYKŁAD – DANE OBIEKTU

◆ Dla pokazania wybranych etapów projektowania MEW, przyjęto przykładową elektrownię o parametrach:

- strumień wody zostanie rozdzielony na 3 jednakowe turbiny rurowe Kaplana,
- spad $H = 1,8$ m,
- przełyk maksymalny $Q = 6,3$ m³/s,
- przełyk maksymalny każdej z turbin $Q_t = 2,1$ m³/s,
- obroty nominalne turbiny $n_t = 238$ obr/min,
- sprawność turbiny $\eta_t = 92$ %,
- sprawność przekładni $\eta_p = 95$ %,
- sprawność generatora $\eta_{gen} = 93$ %,
- sprawność układu wyprowadzenia mocy $\eta_s = 98$ %,
- moc potrzeb własnych $\Delta P_{pot.w} = 2$ % mocy elektrowni.

PRZYKŁAD – OBLICZANIE MOCY

- ① Maksymalna moc na wale jednej turbiny (odpowiadająca maksymalnemu przepływowi)

$$P = 9,81 \cdot H \cdot Q_t \cdot \eta_t = 9,81 * 1,8 * 2,1 * 0,92 = 34,1 \text{ kW}$$

- ② Moc maksymalna osiągana przez trzy turbozespoły przy przepływie łącznym $Q=6,3 \text{ m}^3/\text{s}$

$$P_3 = 3P \cdot \alpha = 3 * 34,1 * 0,964 = 98,6 \text{ kW}$$

gdzie:

α - współczynnik korygujący z tytułu spiętrzenia wody dolnej = 0,964.

- ③ Moc na zaciskach każdego z turbogeneratorów powinna wynosić:

$$P_g = \frac{1}{3} P_3 \cdot \eta_p \cdot \eta_g = \frac{1}{3} * 98,6 * 0,95 * 0,93 = 29,0 \text{ kW}$$

PRZYKŁAD - OBLICZANIE MOCY

④ Moc oddawana do sieci to suma mocy generowanych, pomniejszona o moc potrzeb własnych i straty w układzie wyprowadzania mocy

$$P_{el} = (3P_g - \Delta P_{pot.w}) \cdot \eta_s = (3 * 29,0 - 0,02 * 3 * 29,0) \cdot 0,98 = 83,6 \text{ kW}$$

Potrzeby własne to głównie napęd regulatora łopatek turbiny, napęd pompy oleju smarnego, oświetlenie i ogrzanie budynku oraz zasilanie układów automatyki.

PRZYKŁAD – DOBÓR WYMIARÓW TURBINY

- ① W celu określenia średnicy każdej z trzech turbin rurowych Kaplana z wałem poziomym, wyznaczono prędkość obrotową normalną zredukowaną do spadu jednego metra:

$$n_I = \frac{n_t}{\sqrt{H}} = \frac{238}{\sqrt{1,8}} = 177,4 \frac{\text{obr}}{\text{min}\sqrt{\text{m}}}$$

- ② Przełyk zredukowany do spadu jednego metra dla jednej turbiny wynosi:

$$Q_I = \frac{Q}{\sqrt{H}} = \frac{2,1}{\sqrt{1,8}} = 1,57 \frac{\text{m}^3}{\text{s}\sqrt{\text{m}}}$$

- ③ Przybliżona wartość maksymalnej mocy zredukowanej do spadu jednego metra:

$$N_I = 8,5 \cdot Q_I = 8,5 * 1,57 = 13,4 \text{ kW}$$

PRZYKŁAD – DOBÓR WYMIARÓW TURBINY


- ④ Przybliżona wartość wyróżnika szybkobieżności czyli prędkości obrotowej turbiny geometrycznie podobnej, która przy spadzie $H = 1\text{m}$ osiąga moc $1\text{KM} = 0,736\text{ kW}$:


$$n_{SN} = n_I \cdot \sqrt{\frac{N_I}{0,736}} = 177,4 * \sqrt{\frac{13,4}{0,736}} = 756,9 \text{ obr/min}$$

lub z wykorzystaniem innej metody:

$$n_{SN} = n_t \cdot \frac{\sqrt{\frac{P}{0,736}}}{\sqrt[4]{H^5}} = 238 * \frac{\sqrt{\frac{34,1}{0,736}}}{\sqrt[4]{1,8^5}} = 777,4 \text{ obr/min}$$

PRZYKŁAD – DOBÓR WYMIARÓW TURBINY

 Wyższy współczynnik oznacza, że przy określonym spadzie możliwe jest uzyskanie tej samej mocy przy pomocy turbiny o mniejszej średnicy wirnika.

 Zgodnie z podziałem wprowadzonym w literaturze rozważana turbina leży w pobliżu granicy pomiędzy średniobieźnymi a szybkobieźnymi



⑤ Z powyższych danych można obliczyć średnicę charakterystyczną wirnika:

$$D = \left(\frac{40}{n_{SN}} + 0,16 \right) \cdot \sqrt{\frac{N_I}{0,736}} = \left(\frac{40}{756,9} + 0,16 \right) * \sqrt{\frac{13,4}{0,736}} = 0,91 \text{ m}$$

UWAGA:

Wzór obowiązuje dla spadów poniżej 10 m.

PRZYKŁAD – DOBÓR WYMIARÓW TURBINY

-  Zalecana ilość łopatek wirnika wynosi 3.
-  Dla trzech łopatek, zalecana wartość stosunku średnicy piasty wirnika do średnicy charakterystycznej $d_w / D = 0,35$.
- ⑥ W związku z tym średnica piasty wirnika powinna wynosić:

$$d_w = 0,35 \cdot D = 0,35 \cdot 0,91 = 0,32 \text{ m}$$

PRZYKŁAD – PARAMETRY GENERATORA

- ◇ Generator indukcyjny to maszyna klatkowa, napędzana przez turbinę z prędkością nadsynchroniczną.
- ◇ Źródłem wzbudzenia generatora asynchronicznego jest sieć, z której pobiera on prąd magnesujący.
- ◇ Moc bierna pobierana przez generator przy stałym napięciu sieci, jest w przybliżeniu stała, niezależna od mocy czynnej oddawanej przez generator.
- ✦ Wpływa to na obniżanie współczynnika mocy przy zmniejszaniu produkowanej mocy czynnej.
- ✦ W celu pomniejszenia poboru mocy biernej z sieci, na zaciskach generatora włącza się baterie kondensatorów.
- ✦ Przy odłączaniu generatora od sieci, należy go również odłączyć od kondensatorów, aby napięcie generatora zanikło.

PRZYKŁAD – PARAMETRY GENERATORA

◇ **Generatory asynchroniczne stosuje się wyłącznie w małych elektrowniach ze względów ekonomicznych.**

- mają one prostszą konstrukcję,
- są lżejsze i tańsze od generatorów synchronicznych,
- nie wymagają regulacji napięcia i synchronizacji.

★ Zbędna jest zatem cała aparatura potrzebna do tych procesów, skutkiem czego układy sterowania elektrowni asynchronicznej są znacznie prostsze i tańsze od automatyki elektrowni synchronicznej.

◇ **Dla zmniejszenia poboru mocy biernej, generator powinien pracować jak najbliżej stanu znamionowego.**

Spełnieniu tego warunku sprzyja zastosowany układ złożony z 3 hydrozespołów - przy obniżaniu przepływu rzeki można wyłączać kolejne hydrozespoły, zapewniając pozostałym dostateczny przepływ wody.

PRZYKŁAD – PARAMETRY GENERATORA

◇ Biorąc pod uwagę obliczoną mocy $P_g=29$ kW założono, że każda z turbin będzie współpracować z generatorem asynchronicznym o mocy 30 kW i napięciu 400 V.

◇ Dobrano silnik typu 2Sg 225M6 produkcji CELMY, o parametrach:

$$P_N = 30 \text{ kW}, \quad n_N = 982 \text{ obr/min}, \quad I_N = 52 \text{ A}, \quad U_N = 400 \text{ V}, \quad \cos \varphi_N = 0,83$$

◇ Prędkość znamionowa wybranego silnika różni się od synchronicznej o **18 obr/min** - znamionowa prędkość przy pracy prądnicowej wyniesie zatem:

$$1000 + 18 = 1018 \text{ [obr/min]}$$

◇ Przełożenie przekładni powinno być stosunkiem tych obrotów do znamionowych obrotów turbiny, czyli wyniesie

$$i = 1018/238 = 4,3$$

PRZYKŁAD – ZABEZPIECZENIA I STEROWANIE

- ◆ Elektrownia może posiadać pełną automatyzację z regulacją pracy turbozespołu w zależności od ilości wody będącej w dyspozycji dla osiągnięcia maksymalnej produkcji energii elektrycznej - funkcja ta jest realizowana na podstawie pomiaru poziomu wody górnej i przepływu w danej chwili.
- ◆ W przypadku pracy na sieć wydzieloną, trzeba tak regulować otwarcie przeloty, aby stabilizować obroty turbiny (częstotliwość generatora) - stosuje się wtedy **regulator prędkości** wykorzystując np. odśrodkowy czujnik prędkości obrotowej.
- ◆ Natomiast przy współpracy elektrowni z siecią, stosuje się **regulator mocy**, współpracujący z czujnikiem poziomu górnej wody (częstotliwość jest utrzymywana przez sieć). Zadaniem regulatora jest taka zmiana otwarcia przeloty, aby poziom górnej wody był wysoki i zbytnio się nie zmieniał – regulator zmienia produkowaną moc w zależności od warunków wodnych.

PRZYKŁAD – ZABEZPIECZENIA I STEROWANIE

- ◆ Automatykacja elektrowni może obejmować:
 - awaryjne odstawianie turbozespołów w sytuacji:
 - zaniku napięcia w sieci,
 - nagłego spadku poziomu wody górnej,
 - zalania hali maszynowni w czasie klęski żywiołowej,
 - wystąpienia stanu awaryjnego turbozespołu,
 - kontrolę pracy turbozespołów oraz sygnalizację stanów awaryjnych,
 - regulację otwarcia łopat kierownicy turbiny w funkcji poziomu wody górnej,
 - automatyczne ponowne załączanie turbozespołów po uzyskaniu warunków poprawnej pracy.