

Elektrownie wodne

Ich funkcjonowanie

i

oddziaływanie na najbliższe
środowisko

Kamila Warać, Rafał Wójcik, Michał Kołacki

Elektrownie wodne

Ich funkcjonowanie

i

oddziaływanie na najbliższe
środowisko

Tytuł oryginału

Elektrownie wodne

Ich funkcjonowanie i oddziaływanie na najbliższe środowisko

Copyright © 2010 by Kamila Warać, Rafał Wójcik Michał Kołacki

All rights reserved

Copyright © for the Polish edition by

Słupsk 2010

ISBN 675-98-5692-943-2

<http://elektrowniewodne.freehost.pl/>

Spis treści:

Od Autorów	6
Die Wasserkraft und ihre Funktionsweise mit den Auswirkungen auf die Umwelt.....	7
Hydroelectric power stations. Their functioning and the impact on the environment.....	8
Wprowadzenie	9
Historia elektrowni wodnych, czyli od czego się zaczęło.....	10
Ogólna charakterystyka elektrowni wodnych	15
Budowa elektrowni wodnych.....	21
Działanie różnych rodzajów elektrowni wodnych w Polsce.....	30
Elektrownie wodne na świecie i ich udział w ogólnej produkcji energii.....	37
Oddziaływanie elektrowni wodnych na środowisko.....	41
Przemian energii w MEW.....	44
Najnowsze rozwiązania stosowane w MEW.....	54
Zakończenie.....	59
Etapy powstawania książki	61
Bibliografia.....	62

Od Autorów

Większość z nas uważa, że pozyskiwanie energii odnawialnej korzystnie wpływa na środowisko, w którym żyjemy. Wszyscy wiemy, że w przyszłości wyczerpią się nieodnawialne źródła energii takie jak węgiel, gaz ziemny, czy ropa naftowa. Dlatego już dziś szukamy nowych sposobów, które umożliwiłyby w wystarczających ilościach produkowanie prądu i ciepła dla społeczeństwa. To przede wszystkim dzięki przyrodzie ludzie wymyślili nowy sposób pozyskiwania energii tzw. „energii odnawialnej”. Zaliczanie są do niej także energie jak wód, wiatru, słoneczna, geotermalna, biomasy.

W książce tej przede wszystkim skupiliśmy się na jednym rodzaju energii odnawialnej, która bardzo często jest przez nas wykorzystywana. Budowanie elektrowni wodnych stało się bardzo powszechne w dzisiejszych czasach. Niestety większość z nas nie zna początku jej utworzenia. Mamy nadzieję, że nasza książka okaże się skarbnicą wiedzy na temat odnawialnych źródeł energii oraz będzie przydatna dla wszystkich osób, które interesują się tymi tematami.

W naszej pracy skupiliśmy się na szczegółowym opisie elektrowni wodnych. Chcieliśmy ukazać jak popularna jest ta metoda pozyskiwania energii w Polsce jak i na świecie. Chcieliśmy również jednocześnie podkreślić jej wady, które często nie są spostrzegane przez nasze społeczeństwo.

Mamy nadzieję, że nasza książka nie okaże się nudną lekturą na deszczowe dni, lecz będzie bardzo ciekawa i interesująca dla każdego.

Kamila Warań

Rafał Wójcik

Michał Kołacki

Die Wasserkraft und ihre Funktionsweise mit den Auswirkungen auf die Umwelt

Viele Leute denken, dass die erneuerbare Energiegewinnung hat ein positives Einfluss auf die Umwelt, in der wir leben. Wir alle wissen, dass in der Zukunft die nicht erneuerbare Energiequellen sich erschöpfen werden. Deswegen schon heute sind wir auf der Suche nach neuen Weisen, die es ermöglichen würden in ausreichender Menge Wärme und Strom für die Gesellschaft zu produzieren. Dank der Natur, die Menschen erfunden eine neue Art der Energiegewinnung, die so genannte „erneuerbare Energie“ ist. In ihr enthaltenen sind: Wasser-, Wind- und - Solar - Energie.

Wasser ist lebensnotwendig für jeden Organismus. Ist ein riesiges Lager von dem es 20% der Energie abstammt. Europa ist ein Kontinent, der am häufigsten in Wasser ist(besonders Norwegen, Schweiz, Österreich, Schweden) und mindestens Australien. Leider ist das Wasser in einem kleinen Teil ausgenutzt, weil Bau von Kraftwerken sehr teuer ist. Entwicklung von Wasser-Kraftwerke hängt von der Umgebung, Bedingungen des Feldes und geologischer Sicht ab.

Die ersten Anfänge der Verwendung von Wasser-Kreis, hinge einreichen dem XX Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung. Dies war die erste Antriebsanlage, die menschliche Muskelkraft und Kraft des Tieren ersetzt hat. In Polen das Wasser-Kreis wurde in 1145 in LECZYCA eingeführt. In der Zeit wir hatten zwischen den Kriegen ca. 12 Wasser-Kraftwerke. Leider keiner von ihnen hat nicht 10MW überschreiten. Vor dem Zweiten Weltkrieg befand sich das größte Wasserkraftwerk in Pommern, in GRODEK, und die Energie für GDYNIA produziert hat.

Im Allgemeinen teilen sich die Kraftwerke für große und kleine. In Polen sind so genannte kleine Wasserkraftwerke nur bis 5 MW. Großwasserkraftwerken sind sehr allgemein in der Welt, und aufgrund des großen Eingriffs in die Umwelt sind sie nicht ökologisch.

Bis vor kurzem dachten viele, dass sie Kraftwerken am wenigsten schädlichen für die Umwelt sind. Während der Energie Erzeugung durch die Wasserkraft, zum Atmosphäre keine Verunreinigungen gehen, und das Lärm in kleinen Anlagen ist niedrig. Leider das bau des Kraftwerken des Ökosystems und Landschaft verändert. Behälter, die in Wasser entsteht, macht, dass entwickelt sie andere Organismen als vor dem Aufstand den Damm. Dazu ein großer Behälter charakterisiert sich größere Verdunstung und ändert in einem relativ großen Gebiet die Luftfeuchtigkeit.

Die meiste Energie produzieren die Wärmekraftwerke in Polen, die mit Kohle (ca. 41%) oder Braunkohle(35%) erwärmt sind. Einen kleinen Anteil an der Stromerzeugung in unserem Land die Wasserkraften haben (ca. 2%), wegen das nicht zwangsläufigen Gelände und kleines Flüsse fallen. In zunehmendem Maße leite sich einen alternativen Energiequellen ein. Vor allem .Geothermie und Windkraft. Wasserkraft stellt derzeit ca. 25% der weltweiten Erzeugung von Strom. Diese Methode der Energiegewinnung schafft Norwegen, Kanada, Neuseeland. Die größten Wasserkraft, mit riesigen künstlichen Seen, in den Entwicklungsländern gebaut. (in Ägypten, Venezuela)

Hydroelectric power stations. Their functioning and the impact on the environment

A lot of people think that acquiring renewable energy positively affects the environment in which we live. It's well known that we're running out of all non-renewable sources of energy, so right now we are looking for new ways to allow in sufficient quantities to produce electricity and heat to the public. Thanks to nature, people invented a new way to generate energy which are called "renewable energy". These are numbered among energies, such as water, wind, solar.

Water is fundamental to life for everybody. Is a huge warehouse, which derives about 20% of energy. Most abundant in water continent is Europe (especially Norway, Switzerland, Austria, Sweden), and the least Australia. Unfortunately, the water is used in a small way, since the construction of hydropower plants is associated with high construction costs. The development of hydroelectric power depends on the environment, terrain and geological conditions.

Beginnings of the use of the water wheel back up to the **tenth century BC**. It was the first propulsion machinery, which replaced the power of human muscles and animals. In Poland, the water wheel was introduced in 1145 year in Leczyca. In the interwar period we had about 12 hydro power plants, but unfortunately none of them does not exceed 10 MW. Before World War II, largest power plant in Poland was in Pomerania Grodek which powered Gdynia.

Hydroelectric power plants are generally divided into small and large. Most adopt a definition of small hydro based on the total installed generators. But the country or the organization decide on the size of that taken by that specifies the type of plant. This depends primarily on the degree of industrialization of the state. In Poland, small hydropower plants is facilities with a capacity is 5 MW. Large hydroelectric stations are very widespread in the world and because of the large interference in the environment said that they are not "green".

Until recently, there was a general belief that hydropower is the least harmful to the environment. Hydroelectric plants do not emanate any pollution, and noise levels is low. Unfortunately, the construction of power changes the ecosystem and landscape environment. Formed in the river reservoir contains standing water, making it grow there, completely different than before the emergence of organisms firewall. Moreover, a large water tank has a greater evaporation and humidity changes in a relatively large area. Most of the energy in Poland produce thermal power plants fired by stony coal (about 41%) and brown coal (about 35%). Small share in the production of electricity in our country have hydroelectric plants (about 2%) due to unrelieved topography and a small river's kinetic energy. Alternative energy sources are increasingly introduced, primarily from geothermal heating plants and wind farms. Hydropower plants currently provide about 25% of global electricity production. Several countries obtain energy from this method, like Norway, Canada and New Zealand. The largest hydroelectric plants with huge artificial lakes were built in developing countries (Egypt, Venezuela).

Wprowadzenie

Woda jest niezbędna do życia dla każdego organizmu. Jest również jednym z zasobów energetycznych naszej planety. Energię z wody można otrzymać po przez płynące rzeki, fale morskie jak i przez stojące zbiorniki. Jest to wielki magazyn energii, z którego współcześnie pochodzi około 20% globalnej energii elektrycznej. W elektrowniach wodnych wykorzystuje się spadek wody najczęściej na zaporach wodnych. Jest to przede wszystkim energia z wód śródlądowych o dużym natężeniu przepływu i spadzie mierzonym różnicą poziomów wody górnej i dolnej z uwzględnieniem strat przepływu.

Energetyka wodna inaczej hydroenergetyka to pozyskiwanie energii wód i jej przetwarzanie na energię mechaniczną i elektryczną z użyciem silników wodnych i hydrogeneratorów.

Woda jako surowiec energetyczny często nazywana jest „**białym węglem**”. Jest to określenie przemieszczającej się masy wody rzecznej i morskiej. Najobfitszym kontynentem jest Europa (zwłaszcza Norwegia, Szwajcaria, Austria, Szwecja), zaś najmniej Australia. Jest to duży potencjał energetyczny, niestety wykorzystywany w małym stopniu, gdyż wiąże się to z wysokimi kosztami budowy (nie tyle co z samą budową elektrowni, ale z budową zapór wodnych). Rozwój elektrowni wodnych zależy od otoczenia, warunków terenowych i geologicznych. I tak oto możemy rozróżnić

Historia elektrowni wodnych, czyli od czego się zaczęło...

Koło wodne jako pierwsza maszyna napędowa zastąpiła siłę ludzkich mięśni i zwierząt. Najstarsza wzmianka o kole wodnym pochodzi nawet z XX wieku p.n.e. W kodeksie praw Babilonii znajduje się paragraf

Czy wiesz, że

W III wieku p.n.e Filon z Bizancjum opracowuje pojęcie pneumatyki¹ i jej zastosowania w formie koła wodnego.

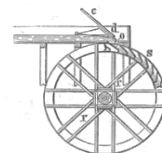
o karze za kradzież koła wodnego, które było używane do nawadniania pól uprawnych. Można więc śmiało powiedzieć, że były to jedne z najstarszych urządzeń przetwarzającej

energię przyrody w energię mechaniczną. Najprawdopodobniej budowano je z drewna. Pierwszy piśmienniczy dowód na wykorzystywanie tego wspaniałego urządzenia pochodzi z I wieku p.n.e. Początkowo było ono wykorzystywane do pomocy w czerpaniu wody i mieleniu zboża. Na terenach państwa rzymskiego, nadworny architekt cesarza Oktawian August- Marcus Witruwiusz (Vitruvius) opisał koło wodne w dziele zatytułowanym „Architektura” powstałym w latach 25-23 p.n.e. Opisane przez niego urządzenie o osi poziomej było już wyposażone w przekładnię zębatą, która umożliwiała napędzanie młyńskiego kamienia bieżnikowego osadzonego na drugim walcu pionowym. Bardzo często można spotkać takie typy młynów w literaturze światowej jako **młyn rzymski** bądź **młyn Witruwiusza**. Najprawdopodobniej już wcześniej istniały młyny o kołach wodnych, które były osadzone na wale pionowym wraz z kamieniami bieżnikowymi.

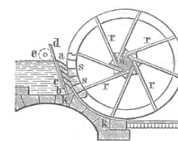
¹ Pneumatyka- nauka, dział inżynierii mechanicznej, zajmująca się konstruowaniem i praktycznym wykorzystywaniem urządzeń w których przekazywanie energii i sterowanie realizowane jest najczęściej za pomocą sprężonego powietrza jako czynnika roboczego.

Wyróżnia się na ogół trzy typy kół wodnych:

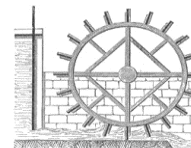
- ✓ Nasiębierne- wykorzystuje głównie energię potencjalną wody.



- ✓ Śródsiębierne- wykorzystuje energię potencjalną i kinematyczną wody.



- ✓ Podsiębierne- wykorzystuje głównie energię kinetyczną wody.



Zawierały one wirnik obracający się w płaszczyźnie poziomej, do którego była doprowadzana woda przez rurę o znacznym nachyleniu. Był to wirnik koła wodnego typu natryskowego. Woda prawdopodobnie uderzała w zamocowane na ich obwodzie liczne półczarki lub ukośne deseczki. W literaturze nazwano taki typ **młynami tureckimi**, bądź **turbinowymi**.

Pierwsze publiczne młyny zbożowe zostały utworzone na rzece Janiculum (około 398 rok n.e) w Rzymie. Rozszerzono zastosowanie również napęd kół wodnych do poruszania pił mechanicznych. Były bardzo pomocne zwłaszcza przy cięciu kamieni.

Młyny były bardzo potrzebne, aby uzyskać jak najwięcej energii otoczenia. Bardzo powszechnym typem silnika w drugiej połowie średniowiecza były koła wodne o mocy 2-4 KM. Pierwsze takie urządzenie zbudowano w Polsce w 1145 roku w Łęczycy, zaś w XVI wieku znajdowało się już w Polsce około 3000 kół wodnych różnego typu.

Dalszy rozwój silników wodnych jest przede wszystkim związany z turbinami wodnymi. Benoit Fourneyron, francuski inżynier jako pierwszy w 1827 roku skonstruował turbinę wodną. W 1828 Filip Girard¹ wynalazł pierwszą turbinę o przepływie osiowym. Istnieją jednak pewne sprzeczności, gdyż francuscy historycy twierdzą, że prawdziwym twórcą był Louiz Dominique Girard. Ogromnym przełomem okazało się wynalezienie przez Amerykanina James'a Francis turbiny o przepływie osiowo-promieniowym. Polegało to na tym, aby woda ze zbiornika głównego wpływała na łopatki kierownicze i zasilala wirnik roboczy. Po przepłynięciu kanałami pomiędzy łopatkami, woda z dużą prędkością opuszczała wirnik i

Czy wiesz, że...

W 1754 roku szwajcarski matematyk i fizyk Leonhard Euler opracował podstawową teorię działania turbin.

¹Filip Girard (1775-1845)- francuski mechanik i wynalazca, twórca metody przedzenia lnu na mokro, 20 lat spędził w Polsce, od niego pochodzi nazwa Żyrardów.

wchodziła do rury ssawnej. Towarzyszyła temu również reakcja hydrodynamiczna, która wprowadzała wirnik w ruch w kierunku przeciwnym do wylotu wody. W 1859 roku Fink opracowuje aparat kierowniczy z przestawianymi łopatkami kierowniczymi, które stanowią bardzo ważną rolę, gdyż umożliwiają uzyskanie regulacji oddawanej mocy oraz wysokiej sprawności przy szerokim zakresie obciążeń. Nawet dziś ten typ turbin używa się dla średnich spadów. Kolejne posunięcie w rozwoju turbin następuje w roku 1884. Amerykanin Allen Pelton jest twórcą turbiny akcyjnej, która stosowana jest do wysokich spadków wody, na ogół powyżej 300 m. Stosuje się w niej specjalnie wyprofilowane łopatki na kształt dwóch połączonych czarek, które zwiększają sprawność. Kolejnym ogromnym postępem w budowie turbin wodnych był rok 1921. Prof. Wiktor Kaplan konstruuje turbinę wodną o odmianie turbiny śmigłowej. Łopatki przypominają kształt śrub okrętowych. Dodatkowo, umożliwiają zmianę kąta w czasie pracy, co przyczynia się do regulacji mocy i otrzymywania o wiele większego zakresu wysokich sprawności. Ten typ wirników jest najbardziej rozpowszechnionym typem turbin dla niskich spadów. Modyfikacją tych turbin jest turbina typu Deriaza, w której łopatki wirnika są ustawione ukośnie w stosunku do osi wału turbiny.



Do dalszego rozwoju turbin wodnych przyczyniło się ich sprzężenie z generatorami elektrycznymi, a potem dzięki nim powstała możliwość przesyłania energii elektrycznej na znaczne odległości.

Typ turbiny	Spad	Przełyk [m ³ /s]	Moc na wale [kW]
Turbina rurowa z wirnikiem Kaplana	1, 5- 25	5- 1200	do 50 000
Turbina śmigłowa w komorze otwartej	1, 5- 25	1, 5- 100	do 10 000
Turbina Kaplana z wałem pionowym	8- 80	5- 1000	do 200 000
Turbina Francisa	10- 600	0, 5- 1000	do 850 000
Turbina Peltona	50- 1200	0, 1- 50	do 300 000

Tabela [2]

Pierwszą elektrownią zbudowaną na świecie była elektrownia w Appleton w USA w 1882 roku na rzece Fox. Służyła ona do dostarczania energii fabryce produkującej papier. W 1886 roku w Stanach Zjednoczonych i Kanadzie znajdowało się 45 elektrowni wodnych, a w 1889 w USA istniało już około 200. W 2003 roku w USA wyprodukowano rocznie 18 000 MW energii elektrycznej.

Czy wiesz, że ...

W 1896 roku na ziemiach polskich w Soszyczach powstała pierwsza elektrownia Struga na rzece Słupi. Była wyposażona w turbinę Francisa o mocy 250 kW.

Polska w okresie międzywojennym posiadała 12 elektrowni wodnych, zaś żadna z nich nie miała mocy powyżej 10 MW, łączna ich moc wynosiła tylko 18 MW. Przed II wojną światową największa elektrownia w Polsce znajdowała się na Pomorzu w Gródku i zasilala energią elektryczną Gdynię. W latach trzydziestych w Polsce powstały również większe elektrownie w Dunajcu, Sole i Sanie. Po wojnie w wyniku zmian terytorialnych Polska otrzymała kilkanaście zakładów

hydroenergetycznych min. w Pilchowicach i Dychowie. Przyczyniło się to w 1946 roku do wzrostu ogólnej mocy do 160 MW. W latach sześćdziesiątych w Polsce uruchomiono kilka dużych elektrowni w Polsce w Kornowie, Myczkowcach, Dębem, Solinie, Tresnej, Żydowie i Włocławku . Największe wybudowane elektrownie wodne w ostatnich latach znajdują się w Żarnowcu, Nidzicy oraz i w Porąbce-Żar.

Czy wiesz, że...

Największa elektrownia na świecie znajduje się na tamie Itaipu na Paranie w Brazylii i Paragwaju. Wybudowano ją w 1983 roku. Elektrownia ma maksymalną moc 12,6 GW i produkuje rocznie 93,4 TWh energii.



*Mała elektrownia o mocy 3,5 MW w Gałęzi Małej
[3]*

Ogólna charakterystyka elektrowni wodnych

Co to jest elektrownia wodna???

W najprostszych słowach jest to zakład przemysłowy, który zamienia energię spadku wody (energię kinetyczną) na energię elektryczną.

Elektrownie wodne można podzielić na różne sposoby. Jednym z nich jest podział ich na wielkość.

Wyróżnia się następujące elektrownie:

◆ Małe elektrownie wodne

Najczęściej przyjmuje się określenie małych elektrowni wodnych na podstawie sumy zainstalowanych generatorów. Może zależeć ono również od wielkości spadku wody. Dlatego też, państwo, bądź organizacja decydują o wielkości przyjmowanej mocy. Zależy to przede wszystkim od stopnia uprzemysłowienia. W Polsce małe elektrownie wodne to obiekty o mocy do 5 MW.

Wewnętrzny podział MEW (małych elektrowni wodnych):

- Mikro elektrownie wodne

Moc instalowana wynosi 100 kW. Jej moc zależy przede wszystkim od chwilowego naturalnego dopływu wody do elektrowni.

- Mini elektrownie wodne

Moc instalowania wynosi do 1MW.

- Małe elektrownie wodne

Moc instalowania wynosi od 1 do 5 MW

MEW można również podzielić na:

- Niskospadowe (2- 20 m)
- Średnospadowe (20- 150 m)
- Wysokospadowe (powyżej 150 m)
- Pływające po rzece
- Derywacyjne (wykorzystują spad po spiętrzeniu rzeki za pomocą jazu¹ i kanał łączący najkrótszą trasą dwa przekroje rzeki)

¹Jaz- budowla, która utrzymuje stałe spiętrzenie wody w rzece lub kanale, bądź regulująca jej przepływ zamknięciem np. w postaci zasuw; wznoszony w poprzek koryta.

MEW często wykorzystują potencjał niewielkich rzek, niewielkich zbiorników retencyjnych¹, systemów nawadniających, wodociągowych. MEW są bardzo przydatne, gdyż energia z nich pozyskiwana może być wykorzystywana przez lokalnych odbiorców przy minimalnym stracie przesyłu.

◆ Duże elektrownie wodne

Są bardzo rozpowszechnione na świecie i ze względu na dużą ingerencję w środowisko naturalne mówi się, że nie są ekologiczne. Niestety mimo zalet takich jak oszczędność paliw naturalnych ten rodzaj elektrowni ma bardzo wiele wad. Przede wszystkim koszty inwestycyjne są o wiele większe, a ich budowa i wykorzystywanie przyczynia się do zmian biologicznych w strukturach rzecznych.

W energetyce można wyróżnić kilka typów elektrowni. Bardzo powszechne jest stosowanie podziału ze względu na sposób doprowadzania wody do turbin. Wyróżnia się elektrownie:

◆ Przepływowe

Wykorzystują energię przepływu wody. Ten typ nie zawiera zbiornika gromadzącego wody, a ilość wyprodukowanej wody zależy od płynącej wody w rzece w danym momencie. Elektrownie te mogą praktycznie pracować bez przerwy.

◆ Regulacyjne (zbiornikowe)

Przed elektrownią znajduje się zbiornik, wyrównuje sezonowe różnice w ilości płynącej wody. Elektrownia zbiornikowa może produkować energię o większej mocy, niż moc odpowiadającej chwilowemu dopływowi.

¹Retencja- w hydrologii czasowe zatrzymanie wody opadowej na obszarze zlewni w zbiornikach wodnych, ciekach, lodowcach, śniegu i bagnach oraz w gruncie

◆ Derywacyjne

Są one wyposażone dodatkowo w odpowiedni kanał i rurociągi turbinowe, które doprowadzają wodę do elektrowni. Stosowane są one budowane głównie na rzekach górskich.

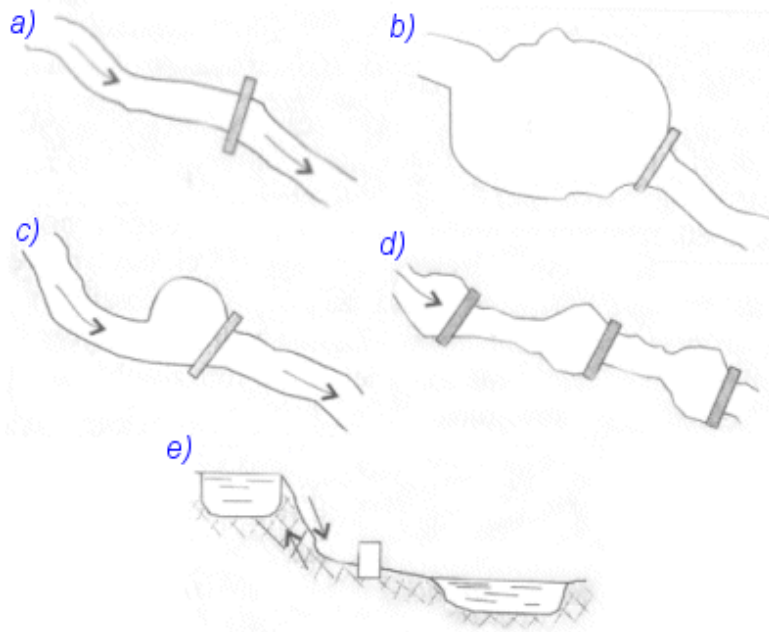
◆ Szczytowo- pompowe

Posiadają dwa zbiorniki: górny i dolny. Umożliwiają kumulację energii w okresie małego zapotrzebowania przez pompowanie wody ze zbiornika dolnego do górnego. W okresie większego zapotrzebowania energii wyzwolana jest przez spuszczenie wody ze zbiornika górnego do dolnego, która napędza turbiny. Elektrownie te są bardzo kosztowne, jednak trudno jest znaleźć podobną formę magazynowania tak dużych zasobów energii. W przypadku awarii systemu elektroenergetycznego, przy niedoborze mocy elektrownia uruchamia pracę turbinową. Podczas nadmiaru mocy, podejmuje się pracę pompową.



◆ Przepływowe z członem pompowym

Ten sam zespół maszyn w pewnych godzinach pracuje jako turbina i generator, a w innych jako pompa.



[4]

- a) Przepływowe bez zbiornika- ich koszt budowy jest bardzo duży, wielkość ich produkcji zależy od pory roku i pogody.
- b) Regulacyjne z dużym zbiornikiem wodnym- umożliwia regulację w cyklu dobowym i tygodniowym. Zbiornik może stanowić również zabezpieczenie przeciwpożarowe.
- c) Zbiornikowe z małym zbiornikiem wodnym- umożliwiają krótkoterminową regulację w godzinach tzw. „szczytu”
- d) Kaskadowe- zastosowanie wielu zbiorników z możliwością indywidualnej i globalnej regulacji ich napełniania i opróżniania pozwala na optymalne wykorzystanie i regulację mocy, a także na magazynowanie nadwyżek energii. Zbiorniki te stanowią też dobre zabezpieczenie przeciwpowodziowe
- e) Pompowo-szczytowe - elektrownie te służą do przetwarzania w okresie nocnym, kłopotliwej w magazynowaniu, energii elektrycznej na energię potencjalną wody i zwracania jej do sieci elektroenergetycznej w okresie szczytowego zapotrzebowania w ciągu dnia.

◆ Pływowa

Ten typ elektrowni wykorzystuje przyprływy i odpływy morza, lub oceanu. Ujścia rzek przegradza się zaporami, woda w czasie przyprływu przez turbina wpływa do zbiornika, zaś w czasie odpływów uwalniana

Czy wiesz, że...

Pierwsza elektrownia pływowa powstała w 1967 roku w Francji w Saint- Malo przy ujściu rzeki La Rance do kanału La Manche.

jest powrotem do morza. Niestety na świecie nie ma dużo miejsc, w których można byłoby wybudować większe elektrownie pływowe. Energię wytwarzaną z tych elektrowni wodnych można

praktycznie uzyskać w około 20 rejonach świata np. w Chinach, Rosji, Francji, Wielkiej Brytanii. W Polsce wybudowanie tego typu elektrowni jest niemożliwe.

◆ Maremotoryczna (falowo- wodna)

Elektrownie tego typu pozyskują energię z fal, bądź prądów morskich. Można podzielić je na:

- Przybrzeżne

Występują na dnie morza na głębokości 10- 20 m

- Nadbrzeżne
- Morskie

Występują na dnie morza na głębokości powyżej 40 m

Elektrownie te stosują turbiny wodne, które napędzane są przelewającą się przez upust zbiornika wodą, oraz turbiny powietrzne, które wprawiane są przez ruch powietrza sprężonego w górnej części zbiornika, a jego dno jest zalewane przez fale.



[5]

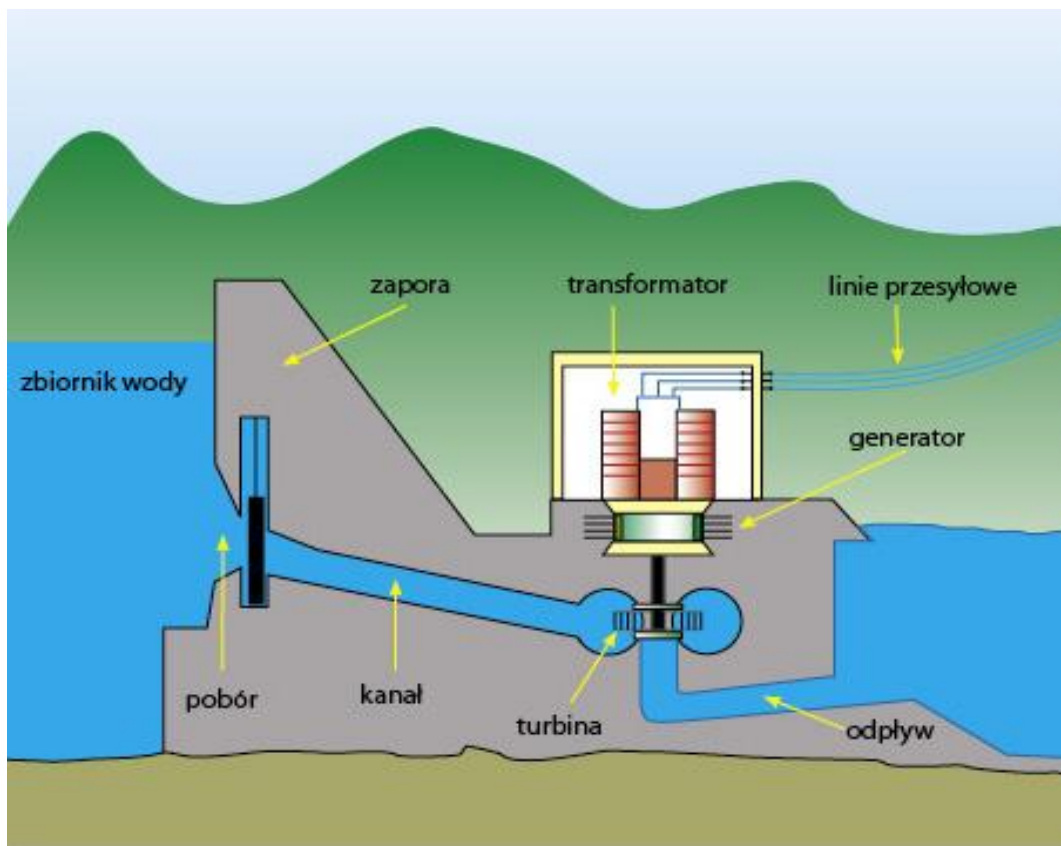
◆ Maretermiczne (oceanotermiczne)

Energia elektryczna produkowana jest z energii cieplnej, która pochodzi z różnicy temperatur pomiędzy ciepłymi warstwami powierzchniowymi a warstwami zimnymi, które pochodzą z głębin morza. Elektrownie te wykorzystują jako czynnik roboczy freon, amoniak, lub propan, które parują w temperaturze 30°C wody i są skraplane za pomocą wody o temperaturze około 7°C, która czerpana jest z głębokości 300- 500 m. Ten typ elektrowni można spotkać przede wszystkim w Japonii, oraz na Hawajach.

Czy wiesz, że...

W Indiach w na wybrzeżu w stanie Tamil Nadu mogłaby powstać instalacja elektrowni maretermicznej o łącznej mocy 10 000 MW.

Budowa elektrowni wodnych



[6]

Zapora

Przegradza dolinę rzeki z w celu spiętrzenia wody. Pełni również inne



role jak: rekreacyjną, stawu hodowlanego, zbiornika przeciwpowodziowego. Można wyróżnić zapory ziemne, betonowe bądź kamienne. W Polsce istnieje obecnie ponad 30 zapór o wysokości przekraczającej

200 metrów, ponieważ jednak wysokie zapory mają niekorzystny wpływ na środowisko, coraz częściej rezygnuje się z nich na rzecz zapór mniejszych. Nie każda hydroelektrownia wyposażona jest w zapórę.

Turbina wodna

Silnik wodny, który przetwarza energię mechaniczną wody na ruch

obrotowy za pomocą wirnika z łopatkami. Turbiny wodne można podzielić na wiele sposobów:

Podział turbin ze względu na:

- ✓ Medium napędzające
 - Wiatrowe
 - Ciepłne
 - Wodne
 - Parowe
 - Spalinowe
- ✓ Kształt wirnika
 - Promieniowe
 - Osiowe
 - Bębnowe
 - Komorowe
- ✓ Reakcyjność (przemiana energetyczna i termodynamiczna zachodząca w wieńcu wirnikowym i w wieńcu kierowniczym)
 - Akcyjna
 - Reakcyjna
- ✓ Zastosowanie
 - Pomocnicza
 - Trakcyjna
 - Lotnicza
 - Okrętowa
 - Energetyczna
 - Przemysłowa

◆ Rodzaje turbin , czyli w jakiej postaci energia doprowadzana jest do wirnika.

- Turbiny akcyjne (natryskowe)

Woda jest doprowadzana do wirnika pod ciśnieniem atmosferycznym. Wykorzystuje się w niej energię kinetyczną wody.

- Turbiny Reakcyjne (naporowe)

Woda doprowadzana jest do wirnika pod wyższym ciśnieniem niż ciśnienie atmosferyczne. Turbiny tego rodzaju wykorzystują energię ciśnienia wody, a także energię kinetyczną. Ze względu na przepływ wody przez wirnik turbiny wodne reakcyjne można podzielić na:

- Promieniowe (wolnobieżne turbiny Francisca)
- Promieniowo osiowe, zwane inaczej diagonalne (szybkobieżne turbiny Francisca i Deriaza)
- Osiowe(Kaplana i śmigłowe)

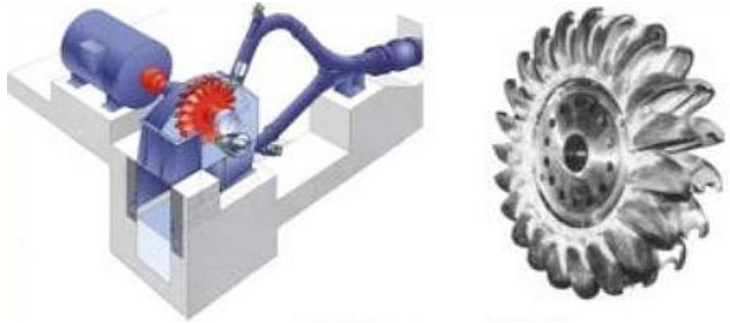
- ◆ Według zakresów parametrów energetycznych, zakresów szybkobieżności.
 - Wolnobieżne
 - Średnobieżne
 - Szybkiebieżne
- ◆ System turbiny, wynikających z przyjętych szczegółowych rozwiązań konstrukcyjnych:
 - Turbina w komorze otwartej, w spirali, rurowa, lewarowa, z napływem kielichowym, bliźniacza
 - Według położenia wału turbiny
 - Pozioma
 - Ukośna
 - Pionowa
 - Według liczby wirników
 - Jednowirnikowe
 - Wielowirnikowe

◆ Typ turbiny

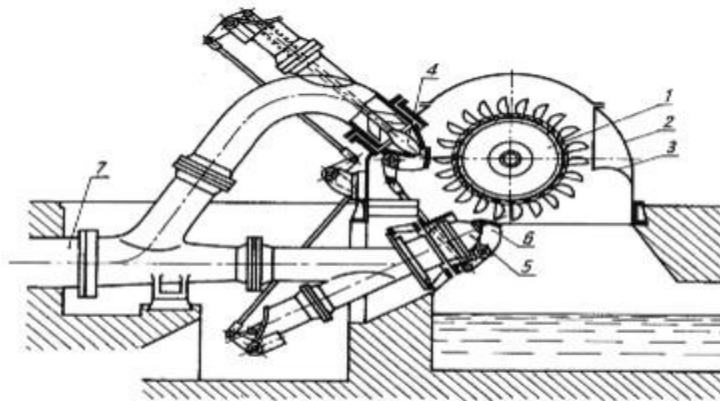
- Peltona

Turbinę Peltona stosuje się do najwyższych spadów, osiągających wartość nawet do 2000 m. Turbina wyposażona jest w podwójne czarki na obwodzie, które pełnią rolę łopatek. Rurociągiem ciśnieniowym woda doprowadzana jest do dyszy turbiny. Płynna regulacja mocy dokonywana jest poprzez zmianę położenia iglicy w dyszy. Czarki rozdzielają strumień na dwie części i równocześnie odchylają go w kierunku przeciwnym do kierunku prędkości obwodowej o prawie 180°. Woda po splięnięciu z czarki opada za pomocą grawitacji w komorze wirnika i odprowadzana jest do wody dolnej.

Widok turbiny Peltona



DWUDYSZOWA TURBINA PELTONA



1 - wirnik, 2 - obudowa wirnika, 3 - zbieracz wody,
4 - iglica, 5 - dysza, 6 - odchylacz strumienia,
7 - rurociąg zasilający

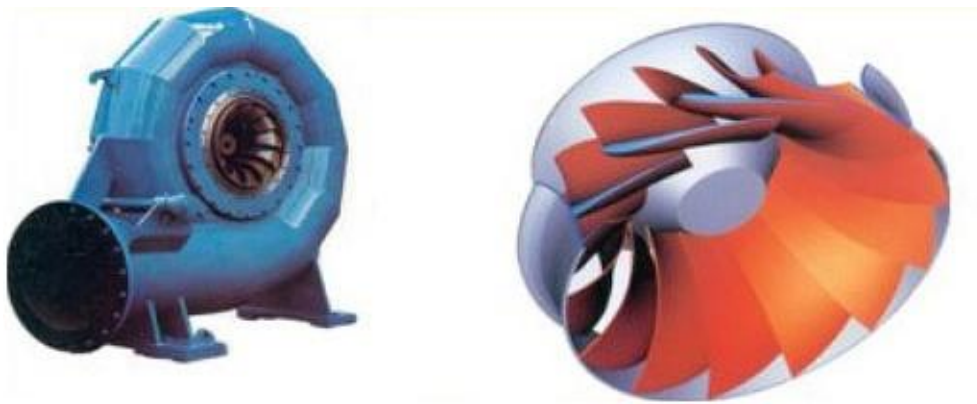
o Francisca

Część przepływową stanowią: kierownica (zapewnia dopływ określonej ilości wody do wirnika i odpowiednie ukierunkowanie strumienia wody), wirnik (składa się z dwóch wieńców zewnętrznego i wewnętrznego oraz z łączących ich łopatek), rura ssąca oraz w bardzo wielu przypadkach specjalnie ukształtowana obudowa spełniająca rolę elementu doprowadzającego wodę do kierownicy w postaci spirali, leja lub kotła.

Woda, która płynie przez kierownice uzyskuje odpowiedni kierunek w stosunku do łopatek wirnika, gdzie następuje zasadnicza przemiana energii wodnej na pracę mechaniczną, w skutek sił reakcji hydrodynamicznej (wywołanej naporem strugi wody przepływającej przez kanały łopatek wirnika). Zjawisko to następuje w dyszy.

Wypływający strumień dyszy działa na dyszę siłami reakcji, które skierowane są przeciwnie do kierunku wypływu strumienia. Łopatki kierownicy mogą być obracane wokół swych osi, co powoduje, że dają w różnych położeniach różne wartości strumienia i różne kierunki jej przepływu.

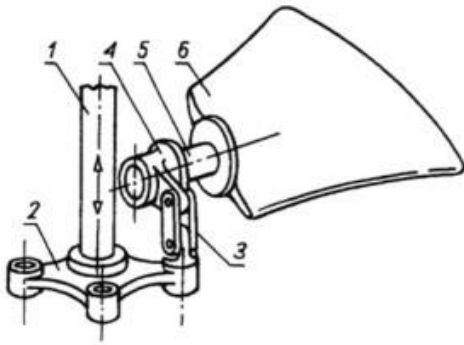
Jednym z głównych problemów w turbinie Francisca jest zapewnienie małych przecieków przez szczeliny na obwodzie wirnika. Turbina ta stosowana jest do odpowiednio dużych spadów ok. 100-600 metrów.



Turbina Francisca

- Kaplana

Ten typ turbin stosowany jest do niskich spadów . Praca ich jest łatwo dostosowana do zmiennych przepływów, które praktycznie nie zmieniają ich sprawności. Dzieje się to dzięki śmigłowym turbinom z nastawnymi łopatkami. Te turbiny w układzie poziomym lub ukośnym w obudowie rurowej nazywamy turbinami rurowymi. Układ rurowy w stosunku do klasycznego umożliwia uproszczenie konstrukcji i obniżenie kosztów(zmniejszenie strat hydraulicznych dzięki prawie prostoosiowemu przepływowi przez komorę wlotową, wirnik i rurę ssącą).

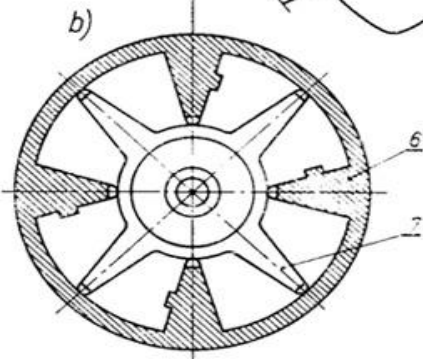
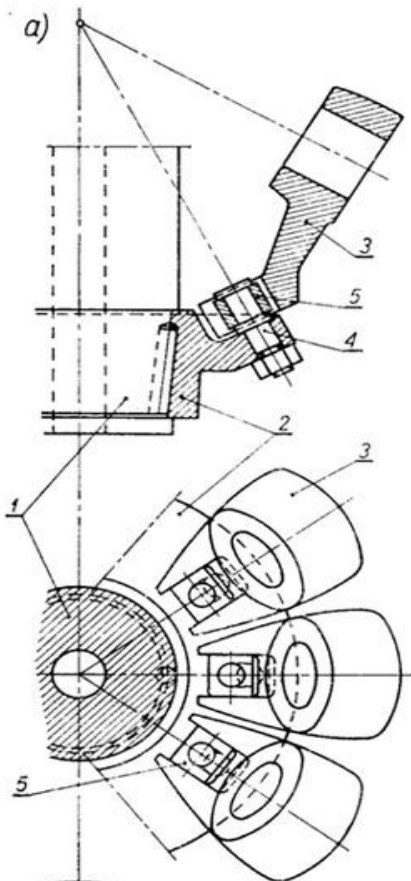


Mechanizm przestawiania łopatek wirujących turbiny Kaplana

1 - drąg przestawczy, 2 - krzyżak, 3 - łącznik, 4 - dźwignia, 5 - czop łożatki, 6 - łopatk

Sprawność

$$\eta = \frac{\text{uzyskane}}{\text{dostarczone}} \cdot 100\%$$



o Deriaza

Jej łopatki są przestawiane. Przy odpowiedniej konstrukcji mogą one pracować również jako pompy. Wirniki turbiny tej zostały wyposażone w łopatki, które obracają się dookoła zamocowanych w paśmie czopów (ich osie ustawione są ukośnie do osi wirnika).

Mechanizm przedstawiania łopatek wirnika turbiny Deriaza.

1 - czop

2 - tarcza,

3 - dźwignia

4 - sworzeń

5 - kamień ślizgowy,

6 - cylinder,

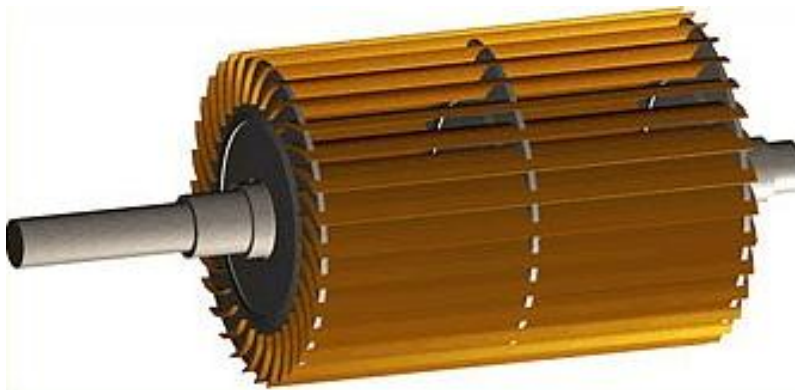
7 - skrzydełkowy wirnik silownika.

[7]



- Banki- Michella

Cechą charakterystyczną tej turbiny wodnej jest szeroki strumień wody o prostokątnym przekroju, który dwukrotnie przepływa przez palisadę łopatkową wirnika. Wirnik zasilany jest poprzez odpowiednio wyprofilowaną 1-łopatkową kierownicę. W części konstrukcji turbin wprowadzono podział wirnika i kierownicy na dwie części wąską w proporcji 1/3 długości i szeroką w proporcji 2/3 długości. Poprzez ten podział dostosowano turbiny do trzech różnych nateżeń przepływu. Turbiny są turbinami stosowanymi na spadach od 2 do 50 m i używa się ich w małych elektrowniach wodnych[8]



Wirnik w turbinie Banki- Michella

Generator

Turbina wodna zamienia energię kinetyczną na energię mechaniczną. Generator połączony z turbiną z energii mechanicznej wytwarza (generuje) energię elektryczną. Praca generatora (prądnicy) opiera się na prawie indukcji elektromagnetycznej odkrytym w 1831 roku przez brytyjskiego uczonego Michaela Faradaya. Na żelaznym pierścieniu Faraday nawinął dwa odizolowane od siebie uzwojenia miedziane. Jedno z nich podłączył do źródła prądu. Końce drugiego uzwojenia złączył drutem miedzianym przechodzącym na oddaloną o kilkadziesiąt centymetrów od rdzenia żelaznego igłą magnetyczną. W chwili podłączenia do pierwszego uzwojenia źródła prądu igła magnetyczna drgnęła, a następnie wróciła do położenia pierwotnego. W czasie

odłączania źródła prądu igła znowu drgnęła, ale w przeciwną stronę niż poprzednio. W ten sposób Faraday skonstruował pierwszy na świecie transformator, a równocześnie odkrył zjawisko, które nazwano później zjawiskiem indukcji elektromagnetycznej (powstawanie prądu elektrycznego w zamkniętym obwodzie, znajdującym się w zmiennym polu magnetycznym). Tak jest też w generatorze, w którego ruchomej części zwanej wirnikiem znajdują się przewody elektryczne, obracające się na wytwarzającej silne pole elektromagnetyczne żelaznej ramie. Wirnik jest wprawiany w ruch przy pomocy turbiny, poruszającej się z kolei dzięki energii kinetycznej spadającej wody.



Generator w elektrowni wodnej

Linie przesyłowe

Energię elektryczną, która została wyprodukowana w elektrowni wodnej, transmitują na miejsce odbioru. Elektryczność nie trafia bezpośrednio do domów i zakładów pracy z miejsca produkcji, ponieważ prąd ma niekiedy zbyt niskie napięcie, by można go było efektywnie przesyłać na dalekie dystanse. Podczas transmisji część energii elektrycznej przekształca się w ciepło i jest tym samym tracona, straty są zaś tym większe, im większy jest ładunek elektryczny prądu. By zminimalizować straty energii, elektryczność kieruje się najpierw do stacji transformatorów, które odpowiednio zwiększają jej napięcie.

Ponieważ moc jest wynikiem pomnożenia napięcia przez ładunek elektryczny (a straty energii związane są właśnie z ładunkiem) opłaca się transmitować prąd o niższym ładunku i o wyższym napięciu. Taki prąd nie nadaje się jednak do użytku i dlatego nim zostanie rozdystrybuowany, jego napięcie musi zostać odpowiednio obniżone w stacjach przekąźnikowych.

Ruch obrotowy- podstawowe wielkości.

- Prędkość kątowna-zmiana kąta w czasie obrotu

$$\omega = \frac{\Delta\alpha}{\Delta t}$$

(jednostka SI: radiany na sekundę, 1 rad/s, w skrócie często 1/s)

360°- 2π rad

180°- π rad

90°- $\frac{\pi}{2}$ rad;

- Prędkość liniowa

$$v = \omega r = \frac{2\pi r}{T}$$

(wyraża się w m/s);

- Okres obrotu jest równy T (wyraża się go w s);
- Częstość obrotów

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{T}$$

(jednostką częstości obrotów jest 1/s, czyli 1 obr/s, co odpowiada 2π rad/s; 1obr/min odpowiada $\frac{1}{60}$ obr/s,

czyli $\frac{\pi}{30} = 0,1047$ rad/s

- Przyspieszenie kątowne charakteryzuje zmiany prędkości kątownej w czasie

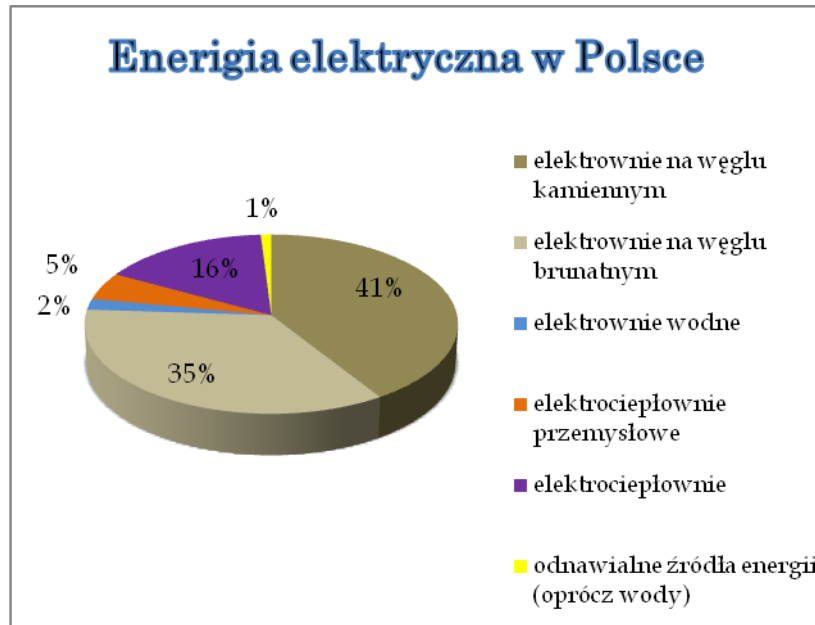
$$\gamma = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

- Siła dośrodkowa to taka siła skierowana ku środkowi obrotu, którą trzeba przyłożyć do ciała, by utrzymać je w ruchu po okręgu:

$$F_{\text{dośr}} = \frac{mv^2}{r} = m\omega^2 r = \frac{4\pi^2 mr}{T^2}$$

Działanie różnych rodzajów elektrowni wodnych w Polsce.

Wstęp



Energia elektryczna wytwarzana w Polsce w zupełności zaspokaja potrzeby naszego kraju, dlatego też jej produkcja nie ulega poważniejszym zmianom. Większość energii w Polsce produkują elektrownie ciepłe opalane węglem kamiennym i brunatnym, ze względu na bogate zasoby naturalne tych surowców. Rodzaj paliwa wykorzystywanego do produkcji energii wpływa na lokalizację elektrowni. Węgiel brunatny jako paliwo niskokaloryczne, którego transport byłby nieopłacalny, przetwarza się w miejscach jego wydobycia. Elektrownie spalające węgiel kamienny zazwyczaj usytuowane są w pobliżu największych odbiorców energii- wielkich zakładów przemysłowych i miast. W wypadku lokalizacji elektrowni jest również położenie w pobliżu dużych zbiorników wodnych, bardzo ważnej w procesie produkcyjnym. Nad dużymi rzekami zbudowane są elektrownie wykorzystujące węgiel kamienny: „Kozienice” (województwo mazowieckie), i elektrownia w Połańcu (województwo świętokrzyskie). Oprócz elektrowni ciepłych opalanych węglem w Polsce działa około 30 ciepłowni opalanych innymi surowcami takimi jak słoma, wierzba energetyczna, niektóre asortymenty śmieci. Pewna

liczba elektrowni opalana jest mazutem¹. Przykładem może być elektrociepłownia w Gdyni.

Niewielki udział w produkcji elektrycznej w naszym kraju mają elektrownie wodne, ze względu na nieurozmaiconą rzeźbę terenu oraz mały spadek rzek. Większość elektrowni wodnych w Polsce powstała jako inwestycje towarzyszące budowie zapór i zbiorników wodnych.

W związku z zagrożeniami ekologicznymi ze strony elektrowni ciepłych coraz częściej wprowadza się alternatywne źródła energii, przede wszystkim ciepłownie geotermalne i elektrownie wiatrowe (więcej w rozdziale: elektrownie wodne a inne metody pozyskiwania energii odnawialnej).

Duże korzyści może przynieść rolnictwu i energetyce wierzba, zwana „**zielonym węglem**”. Można z niej otrzymać energię tańszą niż uzyskiwaną z węgla kamiennego, ropy naftowej, czy gazu. Otrzymywane z niej paliwo jest czyste ekologiczne i odnawialne.

Wierzba energetyczna, raz posadzona, plonuje przez 25- 30 lat, dając co roku do 25 ton biomasy 1 ha. Już po trzech latach w założeniu plantacji, wierzba nadaje się na paliwo. Najbardziej przydatne pod uprawę są gleby nawodnione, które występują między innymi w dolinach rzek.

¹Mazut- oleista ciecz, będąca pozostałością po destylacji niskogatunkowej ropy naftowej w warunkach atmosferycznych(ciśnienie normalne 1013hPa), do 350 °

Ważniejsze elektrownie wodne występujące w Polsce

◆ Elektrownia Wodna Gałąźnia Mała

Elektrownia położona jest w najpiękniejszej części zlewni rzeki Słupi. Rzeka wygięta w łuk o długości 26 kilometrów została przecięta 13-kilometrową cieżwą budowli wodnej. Pracę w pierwszym etapie budowy elektrowni wykonano w latach 1912-1914. W 1920 roku wykonano drugi etap budowy. Wówczas była to największa elektrownia wodna w północnej Europie, a jej rozwiązania techniczne (nowe metody umacniania skarp kanału, budowa żelbetowych rurociągów i sztolni¹) były wzorcowe dla całej Europy. Prąd wytwarzany w tej elektrowni był przesyłany do centrali w Szczecinie. Pięć turbin typu Francis i pięć generatorów pracuje od czasu ich zainstalowania (lata 1913 - 1924) do dnia dzisiejszego. Moc każdej turbiny wynosi 700 kW.



Elektrownia wodna w Gałęzi Małej[9]

¹ Sztolnia- poziome lub lekko nachylone wyrobisko korytarzowe, mające wlot na powierzchni terenu; wykonane w stoku góry

◆ Elektrownia Szczytowo- Pompowa Żydowo

Koncepcję tej elektrowni opracowano już w 1932 roku, zaś dziewięć lat później gotowy był projekt, który zakładał docelowo elektrownię o mocy 45 MW, wyposażoną w dwie pompy po 16 MW każda. Prace została podjęta ponownie w latach pięćdziesiątych. Według założeń z 1957 r. elektrownia miała być wyposażona w turbiny, pompy, jaz czołowy. Dopiero w 1961 r. gotowy był projekt wstępny. Uruchomienie elektrowni nastąpiło w 1971 r. Jej obiekty to: zapora filtracyjna na rzece Radew (długość 50 m, wysokość 6,3 m), komora wlotowa do rurociągów dosyłowych wysokości 18,5 m. Górnym zbiornikiem jest jezioro Kamienne, zaś dolnym zbiornikiem jest położone 80 m niżej jezioro Kwiecko. Wodę ze zbiornika górnego doprowadza się betonowym korytem o długości 1316 metrów, szerokości dna 12 metrów i głębokości 9 metrów.

Czy wiesz, że...

W elektrowni wodnej w Żydowie w ciągu sekundy na łopatki kierowanych jest 240 m³ wody i dlatego elektrownia ta może osiągać moc 156 MW.

Inne elektrownie szczytowo-pompowe występujące w Polsce:

- Elektrownia Żarnowiec 716 MW
- Elektrownia Porąbka- Żar 500 MW
- Elektrownia Solina - 172 MW
- Elektrownia Żydowo - 150 MW
- Elektrownia Czorsztyn-Sromowce Wyżne - 94,6 MW
- Elektrownia Dychów - 9,3 MW

Elektrownie szczytowo-pompowe w sprzyjających warunkach geograficznych i geologicznych bardzo efektywnie magazynują energię elektryczną, po przez wykorzystanie nadmiaru mocy w okresach jej małego zapotrzebowania do przepompowywania wody z niższego poziomu na wyższy, a w okresach maksymalnego zapotrzebowania po przez wytwarzanie ponownie energii elektrycznej. Stosowane są do tego zespoły, które składają się z turbin i sprzęgniętych z nimi prądnic (zwane inaczej turbogeneratorami odwracalnymi). Prądnice pracują w przeciwnym kierunku i jako silniki napędzają sprzężone z nimi turbiny, które służą jako pompy do podnoszenia wody na wyższy poziom. Gdy woda jest uwalniana i napędza turbiny, prądnice wytwarzają energię elektryczną.

◆ Elektrownia Wodna Żarnowiec

Jest to elektrownia szczytowo-pompowa największa w Polsce oraz jedna z największych w Europie. Elektrownia ta została wyposażona w cztery jednakowe hydrozespoły (turbiny typu Francisca), każda o mocy 179 MW. Elektrownia jest położona w miejscowości Czymanowo nad jeziorem Żarnowiec. Budowę jej rozpoczęto w 1976 roku. Została uruchomiona w 1983 roku.

Elementy EW Żarnowiec :

➤ Zbiornik górny

Pojemność użytkowa: 13 600 000 m³ wody. Zbiornik stanowi "akumulator" energii elektrycznej w ilości 3 600 000 kWh.

Ta ilość wody pozwala na zasilanie przez około 5.5 godziny systemu elektroenergetycznego mocą 716 MW. Szczytowe zapotrzebowanie mocy w województwie pomorskim osiąga wielkość 600 MW (zimowy szczyt wieczorny). Powtórne uzupełnienie wody w zbiorniku górnym wymaga około 6.5 godziny pracy czterech hydrozespołów w ruchu pompowym.

➤ Rurociągi derywacyjne

Cztery stalowe rurociągi derywacyjne doprowadzają wodę do pompoturbin. Każdy ma długość 1100 m. Podzielone są na osiem odcinków. Maksymalny przepływ wody czterema rurociągami wynosi 700 m³/s, czyli tyle, ile wynosi średni roczny przepływ Wisły w okolicach Warszawy.

➤ Siłownia elektrowni

Siłownia elektrowni to budynek o wysokości ponad 60 m, a 2/3 z niego znajduje się pod ziemią. Tam również, na poziomie 17 metrów poniżej poziomu morza, znajdują się cztery turbiny Francisca o średnicy

wirników 6 m. Aby posadzić wirnik turbiny należało wykonać wykop, którego dno osiągnęło poziom 33 m poniżej poziomu morza(była to w czasie budowy największa depresja w Polsce. Na Żuławach Wiślanych najgłębsza depresja osiąga 1.8 m poniżej poziomu morza).

Łącznie rocznie hydrozespoły pracują około 18 000 godzin, a w ciągu doby każdy z hydrozespołów uruchamia się średnio dwukrotnie, co w skali rocznej daje łączną ilość rozruchów około 3000 razy.

➤ Kanał odpływowy

Kanał wylotowy jest tworem sztucznym i łączy elektrownię z Jeziorem Żarnowieckim. Woda po przejściu przez turbinę wypływa poprzez luki zastawek remontowych i krat do kanału odpływowego. Kanał ma długość 835 m. Największa jego głębokość wynosi 13 m - przy siłowni elektrowni, a szerokość dna 250 m przy wlocie do Jeziora Żarnowieckiego. Przy pracy czterech turbin prędkość wody w kanale nie przekracza 1 m/s.

➤ Zbiornik dolny

Naturalnym zbiornikiem dolnym elektrowni jest Jezioro Żarnowieckie. Całkowita powierzchnia jeziora wynosi 1470 ha, a jego pojemność -121 mln m³. Przez całą 7,5 km długość jeziora, z południa na północ, przepływa rzeka Piaśnica. Wpływa ona u jego południowego brzegu jako Piaśnica Górna, aby przez regulowany jaz na północnym krańcu wypłynąć jako Piaśnica Dolna. Od strony zachodniej wpływa do jeziora Struga Bychowska. W sumie, średniorocznie obie te rzeki zasilają jezioro w ilości ok. 2,4 m³/s wody. Największa głębokość jeziora wynosi 19,4m.



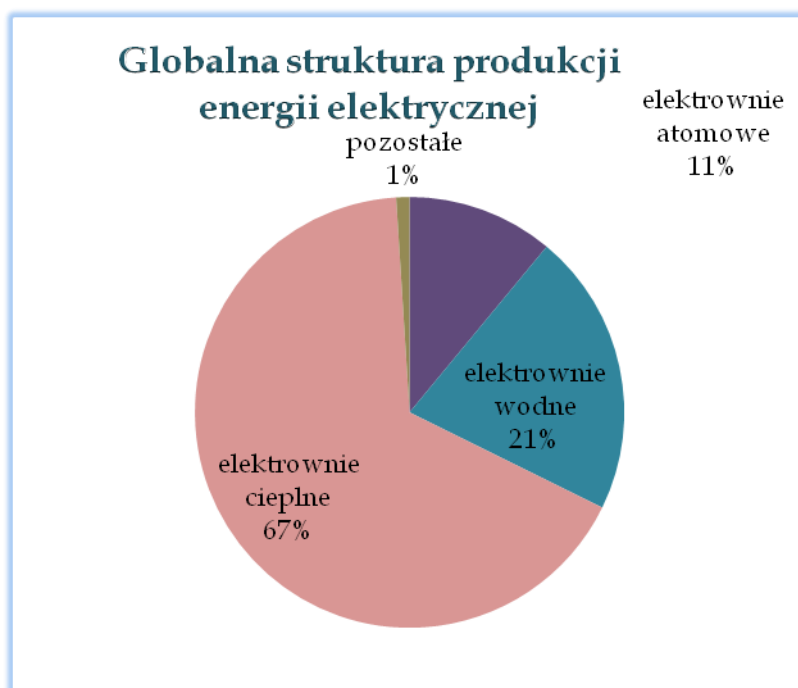
[10]

Większe elektrownie wodne występujące w Polsce



[11]

Elektrownie wodne na świecie i ich udział w ogólnej produkcji energii.

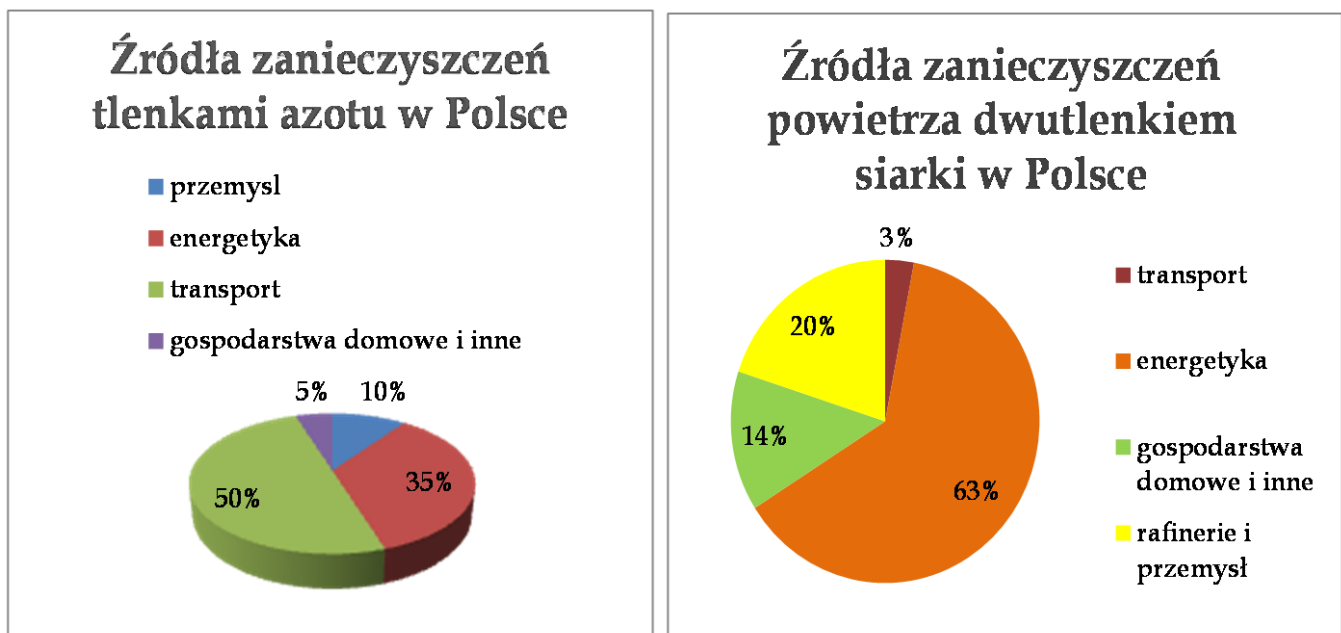


Większość światowej produkcji energii elektrycznej pochodzi z elektrowni ciepłych przetwarzających ropę naftową, węgiel kamienny (niekiedy także węgiel brunatny oraz torf) i coraz częściej gaz ziemny, czyli mineralne nośniki energii.

Elektrownie te poza energią wytwarzają w procesie produkcji wiele szkodliwych związków chemicznych i pyłów zatruwających powietrze atmosferyczne i zanieczyszczających środowisko. Coraz częściej wykorzystuje się też odnawialne źródła energii ciepłej, jakimi są na przykład słoma, odpady drzewne i specjalnie uprawiana wierzba energetyczna. W Stanach Zjednoczonych, Meksyku, Japonii, Nowej Zelandii, Islandii, Polsce i we Włoszech powstały elektrownie geotermiczne (geotermalne), wykorzystujące źródło gorącej wody i naturalne lub sztucznie udostępnione emisje gorącej pary wodnej, najczęściej związane z obszarami wulkanicznymi. Uran i tor są paliwem wykorzystywanym w elektrowniach jądrowych (atomowych). Na świecie znajduje się około 500 elektrowni jądrowych. W niektórych krajach produkują one ponad połowę wytwarzanej energii elektrycznej (Litwa- 76%, Francja- 73%, Belgia- 60%). Bardzo często stosuje się energię wiatru w elektrowniach wiatrowych i energię promienia w elektrowniach słonecznych.

Niestety, te odnawialne źródła energii stosuje się w niewielkim stopniu, ponieważ uzyskiwana z nich energia jest jeszcze znacznie droższa niż, gdy wytwarzana jest w tradycyjny sposób. Elektrownie wodne obecnie dostarczają około 25% światowej produkcji elektrycznej. Pozyskiwanie energii z tej metody najczęściej stosują kraje skandynawskie (w Norwegii prawie 100%) i alpejskie oraz Kanada i Nowa Zelandia. Największe elektrownie wodne z ogromnymi sztucznymi jeziorami zbudowano w krajach rozwijających się (w Egipcie, Wenezueli, na granicy brazylijsko-paragwajskiej).

Skutki stosowania energetyki w Polsce i na świecie.



Zanieczyszczenia powietrza stanowią gazy, ciecze, ciała stałe, które nie są naturalnymi składnikami powietrza (78%- tlen, 21%- azot, 1%-argon, dwutlenek węgla, neon, hel, krypton, ksenon, wodór), lub są to substancje występujące wyraźnie w zwiększonych ilościach w porównaniu z naturalnym składem powietrza.

Elektrownie i elektrociepłownie (elektrownia oddająca na zewnątrz duże ilości ciepła) mają znaczący wpływ na atmosferę, glebę oraz wodę, co znaczy, że również na rośliny, zwierzęta i ludzi.

Negatywny wpływ na nasze środowisko ma spalanie różnego rodzaju paliw pochodzącego z obiegu paliwowego elektrowni. Głównymi zanieczyszczeniami powietrza są:

☼ Dwutlenek siarki (SO₂)

bezbardwy, silnie toksyczny gaz o duszącym zapachu. Wolno rozprzestrzenia się w atmosferze ze względu na duży ciężar właściwy (2,93 kG/m³, gęstość względna 2,26). Powstaje głównie w wyniku spalania zanieczyszczonych siarką paliw stałych i płynnych (węgla, ropy naftowej), w elektrociepłowniach, elektrowniach ciepłych. Największy udział w emisji SO₂ ma przemysł paliwowo-energetyczny. elektrownia o mocy 1000 MW , która opalana jest węglem emituje do atmosfery w ciągu roku 140000 ton siarki(przed wszystkim w postaci SO₂). Dwutlenek siarki utrzymuje się w powietrzu do 4 dni i przez ten czas może przenosić się na duże odległości. W powietrzu SO₂ utlenia się do SO₃, a ten z kolei łatwo reaguje z wodą (z parą wodną zawartą w powietrzu) tworząc kwas siarkowy - H₂SO₄, jeden ze składników kwaśnych deszczów.



☼ Związki azotu

W atmosferze występują związki azotu: tlenek azotu (NO), dwutlenek azotu (NO₂), podtlenek azotu (N₂O), nadtlenuk azotu (NO₃), trójtlenek azotu (N₂O₃, pięciotlenek azotu (N₂O₅), amoniak (NH₃) i kwasy: azotowy (HNO₂ i HNO₃). Wiele z nich, (przed wszystkim tlenki azotu) to naturalne składniki atmosfery, które tworzą się w efekcie takich jak wybuchy wulkanów. W niewielkich ilościach nie są to substancje toksyczne, ale ich nadmiar, który powstaje podczas procesów produkcyjnych (obróbka wysokotermiczna, komory paleniskowe elektrowni) i w silnikach spalinowych powoduje, że stają się niebezpiecznymi zanieczyszczeniami atmosfery. Bardzo groźne są: bezbarwny i bezwonny tlenek azotu oraz brunatny o duszącej woni dwutlenek azotu. Mogą się one kolejno utleniać do pięciotlenku azotu, który w obecności pary wodnej tworzy kwas azotowy - HNO₃, jeden ze składników kwaśnych deszczy.

W 2003 roku przez hydroelektrownie wyprodukowano 2650 TWh i stanowiło 16% produkcji elektrycznej na świecie. Państwo, które wytwarza najwięcej energii z elektrowni wodnej to Brazylia. Produkuje ona co roku około 304 TWh (tera wato godzin). W Kanadzie hydroelektrownie stanowią najważniejsze źródło energii. Potencjał hydroenergetyczny Kanady szacuje się na 118000 Wh. W Rosji działa największa elektrownia wodna w Europie, która leży na najdłuższej rzece w Europie Wołdze. Rosja zajmuje piąte miejsce pod względem produkcji energii elektrycznej z elektrowni wodnej, wyprzedza ją USA z produkcją na poziomie 269 TWh. W krajach Unii Europejskiej prócz Francji (65, 2 TWh) najwięcej energii w elektrowniach wodnych w 2003 roku wyprodukowano w: Szwecji (53, 5 TWh), Włochy (44, 2 TWh), Hiszpania (43, 8 TWh), Niemcy (25 TWh).

Stopień wykorzystania energetycznego rzek w Europie

- Szwajcaria 92%
- Francja 82%
- Hiszpania 79%
- Norwegia 63%
- Szwecja 63%
- Austria 49%
- Polska 14%

Przedrostki		
Nazwa przedrostka	Skrót przedrostka	Mnożnik
Eksa	E	10 ¹⁸
Peta	P	10 ¹⁵
Tera	T	10 ¹²
Giga	G	10 ⁹
Mega	M	10 ⁶
Kilo	k	10 ³
Hekto	h	10 ²
Deka	da	10 ¹
Jednostka	-	10 ⁰ =1
Decy	d	10 ⁻¹
Centy	c	10 ⁻²
Mili	m	10 ⁻³
Mikro	u	10 ⁻⁶
Nano	n	10 ⁻⁹
Piko	p	10 ⁻¹²
Femto	f	10 ⁻¹⁵
Atto	a	10 ⁻¹⁸

Największą hydroelektrownią na świecie jest Zapora Trzech Przełomów na rzece Jangcy w Chinach. Jej budowę rozpoczęto w 1993 roku i trwała 13 lat. Ma 2,3 tys. m długości, 185 m wysokości, a powierzchnia jej zbiornika to 60 tys. ha. 26 generatorów (ma być 32) o łącznej mocy 18,2 tys. megawatów (a ma być 22,5 tys) będzie produkować 84,7 TWh energii rocznie. Odpowiada to możliwościom dziesięciu wielkich elektrowni węglowych i 20 atomowych. Ograniczy to zużycie węgla o 31 mln ton rocznie i emisję gazów cieplarnianych o 100 milionów ton[12].

Oddziaływanie elektrowni wodnych na środowisko

Opinia Europejskiego Komitetu Ekonomiczno- Społecznego w sprawie odnawialnych źródeł energii (2006/C 65/20):

*3.1.5 Oddziaływanie na środowisko. Małe elektrownie wodne stanowią ekologiczne źródło energii i nie wiążą się ze spalaniem, nie powodują zatem emisji szkodliwych substancji. Jednakże **stanowią one obciążenie dla środowiska na obszarze, na którym są położone**, w szczególności z uwagi na budowę obiektu oraz zmianę ekologii wód (np. uniemożliwienie migracji ryb poprzez budowę tam). Istnieją jednak dostępne i stosowalne środki redukujące bądź eliminujące to oddziaływanie.*

Elektrownie budowane na rzece bardzo często szkodzą naszemu środowisku . Bardzo znanym przykładem, który ukazuje jak negatywny wpływ na środowisko, mogłaby mieć elektrownia wodna, były plany budowy 36 piętrzeń z małymi elektrowniami wodnymi na Dunajcu. Gdyby je zrealizowano, ta górską rzeką będącą symbolem piękna polskiej przyrody i chroniona w europejskiej sieci ekologicznej Natura 2000, zostałaby przekształcona w ciąg zamulonych bajor.

Według Przemysława Nawrockiego i Piotra Nieznańskiego z WWF¹ Polska:

„Mała elektrownia wodna zlokalizowana na rzece jest zawsze szkodliwa dla środowiska. Elektrownia wodna wymaga bowiem budowy piętrzenia przegradzającego koryto rzeki, a każde piętrzenie wpływa negatywnie na ekosystem rzeki. Nawet MEW(małe elektrownie wodne) o niewielkiej mocy powodują śmiertelność ryb podczas ich spływu w dół rzeki – ryby są ranione lub zabijane podczas przepływania przez komorę turbiny.”

¹WWF (kiedyś World Wildlife Fund)- powstał w 1961 roku jako organizacja ekologiczna o charakterze międzynarodowym. Misją organizacji jest powstrzymanie degradacji środowiska naturalnego naszej planety i stworzenie przyszłości, w której ludzie będą żyli w harmonii z przyrodą.

Do niedawna panował powszechny pogląd, że elektrownie wodne są najmniej szkodliwe dla środowiska naturalnego. Podczas wytwarzania energii przez elektrownię wodną do atmosfery nie dostają się żadne zanieczyszczenia, a poziom hałasu w małych elektrowniach wodnych jest niski. Niestety budowa elektrowni zmienia ekosystem i krajobraz otoczenia. Powstały w rzece zbiornik zawiera wodę stojącą, co sprawia, że rozwijają się tam zupełnie inne organizmy niż przed powstaniem zapory, a kumulacja glonów pobierających tlen może prowadzić do masowego śnięcia ryb, gromadzenia się osadów dennych. Co więcej duży zbiornik charakteryzuje się większym parowaniem i zmienia wilgotność powietrza na stosunkowo dużym obszarze. Podczas podniesienia poziomu wody może wystąpić erozja brzegów oraz zatapianie nadbrzeżnych siedlisk lęgowych ptaków.

Najważniejszą zaletą elektrowni wodnych jest produkowanie "czystej" energii elektrycznej. Podczas wykorzystania tej metody pozyskiwania energii nie występują jakiegokolwiek gazy, ścieki, które w znacznym stopniu zanieczyściłyby środowisko. Elektrownie wodne charakteryzują się również niewielką pracochłonnością - do ich obsługi wystarcza sporadyczny nadzór techniczny. Co więcej stanowią awaryjne źródło energii w przypadku uszkodzenia sieci przesyłowej oraz regulują stosunki wodne w najbliższej okolicy. Co wpływa głównie na obszary rolnicze; budowa budowli piętrzącej powoduje powstanie zbiornika wodnego, który decyduje o rozwoju turystyki i rekreacji w danym regionie. Zmniejsza się bezrobocie, gdyż powstają nowe miejsca do pracy.

Zalety MEW:

- nie zanieczyszczają środowiska i mogą być instalowane w licznych miejscach na małych ciekach wodnych
- mogą być zaprojektowane i wybudowane w ciągu 1-2 lat, wyposażenie jest dostępne powszechnie, a technologia dobrze opanowana
- prostota techniczna powoduje wysoką niezawodność i długą żywotność
- wymagają nielicznego personelu i mogą być sterowane zdalnie
- rozproszenia w terenie skraca odległości przesyłu energii i zmniejsza związane z tym koszty

Kolejnym argumentem zwolenników małej elektrowni wodnej jest fakt, że zapory zwiększają bezpieczeństwo okolicznych terenów w razie powodzi (zbiornik może pełnić m.in. funkcję przeciwpowodziową przez magazynowanie nadmiaru wody). Przeciwstawia się temu Przemysław Nawrocki i Piotr Nieznański, mówiąc: *„Regulacje rzek i zapory na rzekach zwiększają zagrożenie powodzią. Wynika to z tego, że regulacje i zapory zmniejszają tzw. zdolność retencyjną dolin – mniej wody powodziowej może się zmieścić w uregulowanej, poprzegradzanej zaporami rzece i w jej dolinie niż w korycie i w dolinie rzeki naturalnej. W związku z tym w nowoczesnej ochronie przeciwpowodziowej odchodzi się od regulacji i grodzenia rzek na rzecz renaturyzacji¹ rzek i przywracania ich dolinom naturalnej zdolności retencyjnej – rzeka po prostu musi się gdzieś rozlać. Małe elektrownie wodne nie mogą być traktowane jako skuteczne narzędzie zmniejszania ryzyka powodzi. Wręcz przeciwnie, budowa MEW je zwiększa.”*

¹Renaturyzacja- jest to proces przywrócenia środowisku stanu naturalnego, możliwie bliskiego stanowi pierwotnemu sprzed wprowadzenia w nim zmian przez człowieka.

Przemiana energii w MEW

1. Energia strumienia wody

W rzecznych elektrowniach wodnych energię elektryczną uzyskuje się z energii kinetycznej a zwłaszcza z energii potencjalnej wody - po przez wykorzystanie równania Bernoulliego:

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

gdzie:

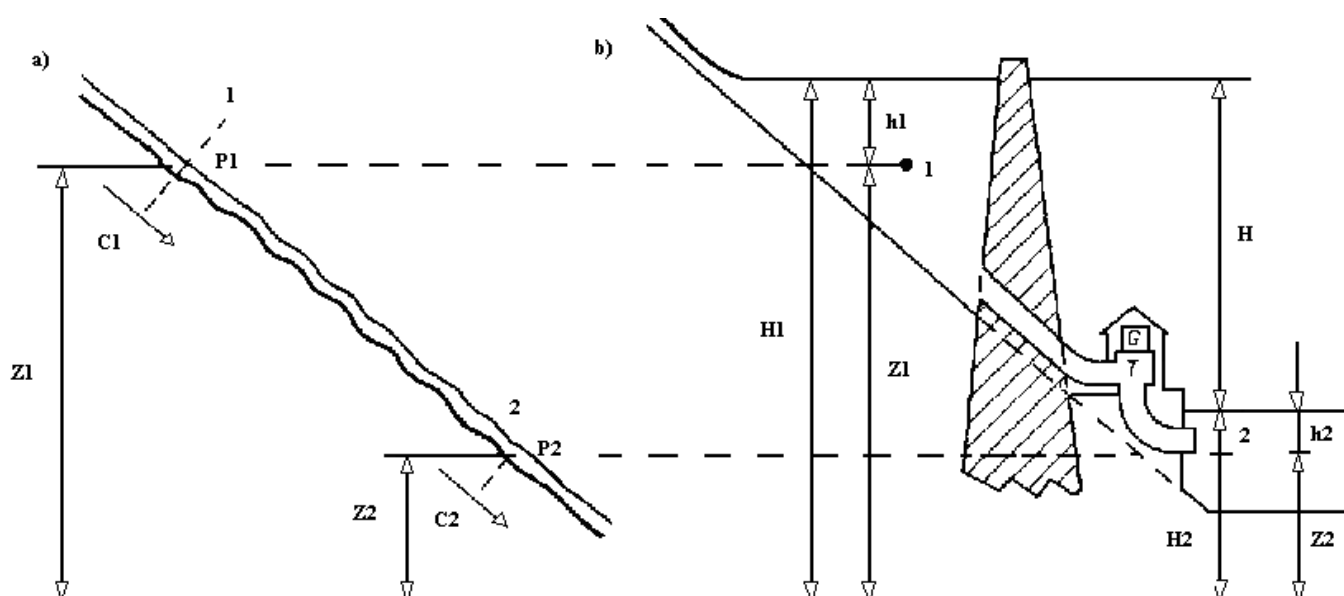
c - prędkość wody [m/s]

g - przyspieszenie ziemskie [m/s²]

h - wysokość [m]

p - ciśnienie [Pa]

ρ - gęstość wody [kg/m³]



Przekrój koryta rzeki: a) w stanie naturalnym, b) po wybudowaniu zapory [14]

Można wyznaczyć teoretyczną ilość energii A zawartej w płynącej wodzie pomiędzy dwoma punktami A i B rozpatrywanego odcinka rzeki, czy innego ciek. Oznaczając w dwu wybranych przekrojach rzeki, odpowiednio (patrz przekrój koryta rzeki):

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 wody w korycie rzeki w każdym z przekrojów wynosi :

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

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

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 dwoma przekrojami wynosi:

$$A_{12} = A_1 - A_2 = \left[g \left(Z_1 - Z_2 \right) + \frac{p_1 - p_2}{\rho} + \frac{c_1^2 - c_2^2}{2} \right] \rho \cdot V \quad [J]$$

2. Energia przekazywana turbinie

Po wybudowaniu zapory uzyskuje się koncentrację spadku i możliwość wykorzystania energii strumienia wody w turbinach wodnych. Zakłada się, że środki ciężkości mas wody na górnym i dolnym poziomie znajdują się na poziomach Z_1 i Z_2 . Ponadto przyjmuje się 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:

$$H = H_1 - H_2$$

$$H_1 = Z_1 + h_1$$

$$H_2 = Z_2 + h_2$$

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

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

i dokonaniu przekształceń, otrzymano wyrażenie określające wartość energii, jaką turbina może przejąć od strumienia wody:

$$A_{12} = \left[g \cdot H + \frac{c_1^2}{2} - \frac{c_2^2}{2} - g \sum h_{str} \right] \rho \cdot V \quad [\text{J}]$$

Wyrażenie w nawiasach jest jednostkową energią użyteczną A_u :

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

gdzie:

$g \cdot H$ - energia potencjalna wody w zbiorniku górnym

$\frac{c_1^2}{2}$ - energia kinetyczna związana z ruchem wody w górnym zbiorniku z prędkością c_1

$\frac{c_2^2}{2}$ - energia kinetyczna wody odpływającej na dolnym poziomie z prędkością c_2

$g \sum h_{str}$ - strata energii związana z oporami przepływu wody w doprowadzeniach i odprowadzeniach z turbiny

3. Energia zamieniana na elektryczną

Przy wyznaczaniu energii transformowanej na elektryczną, trzeba 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. 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. Zatem wyrażenie jednostkowej energii użytecznej A_u można uprościć do postaci:

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

Moc elektrowni wodnej:

$$P_{el} = \frac{A_{el}}{t} \quad [\text{W}]$$

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

gdzie:

Q - przepływ turbiny, czyli objętość strumienia wody przepływającego przez turbinę w ciągu sekundy [m^3/s]

Moc wytwarzana w elektrowni wodnej wykorzystującej energię rzeki między jej przekrojami A i B zależy od wysokości spadku wody (różnicy

poziomów przed i za turbiną), wielkości przepływu Q oraz sprawności turbiny wodnej, przekładni i generatora.

Moc elektrowni wodnej to moc czynna oddawana do sieci energetycznej. W obliczeniach mocy należy zatem uwzględnić także sprawność układu wyprowadzenia mocy (czyli straty, jakie powstają na drodze przesyłu wytworzonej energii, od generatora aż do sieci, powodowane przez kable, szyny, przełączniki, transformatory itp.).

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

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

gdzie:

η_s - sprawność układu wyprowadzającego moc do systemu elektroenergetycznego

W obliczeniach mocy czynnej oddawanej przez elektrownię wodną często stosowana jest nieco przekształcona postać powyższego wzoru:

$$P = 9,81 \cdot Q \cdot H \cdot \eta \quad [\text{kW}]$$

gdzie:

η - współczynnik sprawności elektrowni wodnej

W projektowaniu 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 układu wyprowadzenia mocy $\eta_s = 0,98 - 0,99$
- dla elektrowni $\eta = 0,84 - 0,90$

Obliczenia

1) Dane obiektu

W celu wyznaczenia parametrów małej elektrowni wodnej przyjmuje się następujące dane:

- strumień wody zostanie rozdzielony na 3 jednakowe turbiny Kaplana
- spad $H = 1,5m$
- przepływ maksymalny $Q = 6,6m^3 / s$
- przepływ maksymalny każdej z turbin $Q_t = 2,2m^3 / s$
- obroty nominalne turbiny $n_t = 240obr / min$
- sprawność turbiny $\eta_t = 90\%$
- sprawność przekładni $\eta_p = 95\%$
- sprawność generatora $\eta_g = 94\%$
- sprawność układu wyprowadzenia mocy $\eta_s = 98\%$
- moc potrzeb własnych elektrowni $\Delta P_{pot.w.} = 2\% \text{ mocy}$

2) Obliczanie mocy

Maksymalna moc na wale jednej turbiny (odpowiadająca maksymalnemu przepływowi):

$$P = 9,81 \cdot H \cdot Q_t \cdot \eta_t = 9,81 \cdot 1,5 \cdot 2,2 \cdot 0,90 = 29,1 \text{ kW}$$

Moc maksymalna osiągnięta przez 3 turbozespoły przy przepływie łącznym $Q = 6,6 \text{ m}^3/\text{s}$:

$$P_3 = 3P \cdot \alpha = 3 \cdot 29,1 \cdot 0,964 = 84,2 \text{ kW}$$

gdzie:

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

Moc na zaciskach każdego z turbogeneratorów powinna wynosić:

$$P_g = \frac{1}{3} P_3 \cdot \eta_p \cdot \eta_g = \frac{1}{3} 84,2 \cdot 0,95 \cdot 0,94 = 24,8 \text{ kW}$$

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

$$P_{el} = (P_g - \Delta P_{pot.w.}) \cdot \eta_s = (3 \cdot 24,8 - 0,02 \cdot 3 \cdot 24,8) \cdot 0,98 = 71,5 \text{ kW}$$

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

3) Dobór wymiarów turbiny

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

$$n_1 = \frac{n_t}{\sqrt{H}} = \frac{240}{\sqrt{1,5}} = 196,7 \quad \frac{\text{obr}}{\text{min} \sqrt{m}}$$

Przełyk zredukowany do spadu jednego metra dla jednej turbiny wynosi:

$$Q_1 = \frac{Q}{\sqrt{H}} = \frac{2,2}{\sqrt{1,5}} = 1,80 \quad \frac{m^3}{s \sqrt{m}}$$

Przybliżona wartość maksymalnej mocy zredukowanej do spadu jednego metra:

$$N_1 = 8,5 \cdot Q_1 = 8,5 \cdot 1,80 = 15,3 \quad \text{kW}$$

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

$$n_{SN} = n_1 \cdot \sqrt{\frac{N_1}{0,736}} = 196,7 \cdot \sqrt{\frac{15,3}{0,736}} = 896,8 \quad \text{obr/min}$$

Wyróżnik szybkobieżności można wyznaczyć także z innej zależności:

$$n_{SN} = n_t \cdot \frac{\sqrt{\frac{P}{0,736}}}{\sqrt[4]{H^5}} = 240 \cdot \frac{\sqrt{\frac{29,1}{0,736}}}{\sqrt[4]{1,5^5}} = 879,6 \quad \text{obr/min}$$

Uzyskane wyniki są podobne, turbina posiada wysoki współczynnik szybkoobrotowości. 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 Kaplana jest szybkoobrotowa – zawiera się w przedziale 750÷900 obr/min. Z powyższych danych obliczono średnicę charakterystyczną wirnika:

$$D = \left(\frac{40}{n_{SN}} + 0,16 \right) \cdot \sqrt{\frac{N_1}{0,736}} = \left(\frac{40}{896,8} + 0,16 \right) \cdot \sqrt{\frac{15,3}{0,736}} = 0,91 \text{ m}$$

Powyższy wzór obowiązuje dla spadów poniżej 10m. Zalecana ilość łopatek wynosi 3. Dla trzech łopatek, zalecana wartość stosunku średnicy piasty¹ wirnika do średnicy charakterystycznej $d_w/D=0,35$. W związku z tym średnica piasty wirnika powinna wynosić:

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

Można byłoby rozważyć zastąpienie turbiny Kaplana turbiną kielichową, która również charakteryzuje się wysokim wyróżnikiem szybkoobrotowości, czyli ma stosunkowo małą średnicę i wysokie obroty.

¹Piasta- w budowie maszyn część koła napędowego, w której instaluje się łożyska ,umożliwiają obrót koła.

Najnowsze rozwiązania stosowane w MEW

1. Hydrozespół „ECOBulb

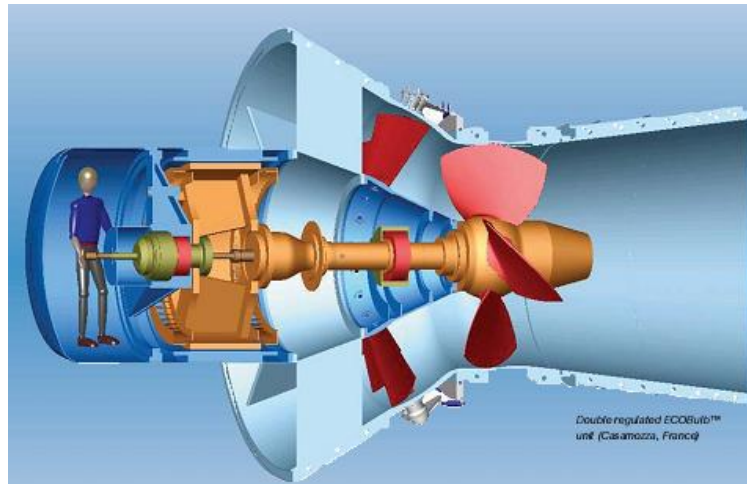
Kanadyjska firma „VA Tech Hydro” opracowała hydrozespół o nazwie „ECOBulb”.

Najważniejszymi cechami są:

- ✓ brak przekładni mechanicznej między turbiną i generatorem;
- ✓ zdecydowane zmniejszenie zagrożeń ekologicznych;
- ✓ większa sprawność hydrogeneratora.

Hydrozespół „ECOBulb” został przewidziany dla MEW o mocy od 0,5 do 5MW i wysokości naporu wody 3-15m. Jego pierwsza przemysłowa aplikacja (310kW, 380V przy naporze 3,2m) została zrealizowana we francuskiej elektrowni Aubas w końcu 2002 roku i jak dotychczas potwierdziła wszystkie zalety tej uproszczonej konstrukcji. Konstruktorzy wyeliminowali bardzo kłopotliwą w eksploatacji przekładnię mechaniczną, zwiększając prędkość obrotową generatora. Sprawilo to, że zostały wprowadzone zmiany konstrukcyjne w układach elektrycznych, mechanicznych i hydraulicznych MEW. Wielką zaletą nowej konstrukcji jest minimalizacja zagrożenia ekologicznego wywołanego przez użycie dużej ilości oleju smarowego i chłodzącego przekładnię mechaniczną.

W „ECOBulb” wykorzystuje się zaledwie kilka procent dotychczasowej ilości oleju. Całkowite zanurzenie hydrozespołu zdecydowanie obniża poziom emitowanego hałasu i wibracji. Mniejsza jest też zewnętrzna wielkość obiekt, co prowadzi do znacznie mniejszej ingerencji elektrowni w estetykę i naturalny charakter otoczenia. Wreszcie eliminacja przekładni wyraźnie obniża nakłady na remonty i konserwację zespołu, zwiększając zarazem jego dyspozycyjność.



Hydrozespół „ECOBulb” – przekrój [15]

2. Hydrozespół „Mini-Aqua”

Konstrukcja hydrozespołu o nazwie „Mini-Aqua” może być stosowana w szerokim zakresie warunków środowiskowych (przy naporze 2-1000m i przepływie 0,2-200m³) dla mocy powyżej 0,3MW. W tym rozwiązaniu turbiny są sprzęgnięte bezpośrednio lub przez przekładnię mechaniczną z generatorem standardowej wielkości, zaprojektowanym specjalnie dla tego celu.

Kompaktowy układ sterowania realizuje wszystkie funkcje regulacji, zabezpieczeń i nadzoru. Dla niższych wysokości naporu (6-30m) w zespole „Mini-Aqua” używa się turbin Kaplana, dobrze dostosowanych do zmiennych warunków wodnych. W przedziale 20-300m zastosowano turbiny Francisa, napędzające bezpośrednio generator. Natomiast przy naporze od 150 do 1000m wykorzystano turbiny Peltona, sprzęgnięte bez przekładni z wysokoobrotowym generatorem. Obie ostatnie opcje umożliwiają zarówno pionowe, jak i poziome usytuowanie wału.

3. Hydrozespół „Hydromatrix”

Największe perspektywy zdaniem wielu specjalistów ma rozwiązanie o nazwie „Hydromatrix” opracowane przez kanadyjską firmę „VA Tech Hydro”. Technologia ta odznacza się znaczną redukcją kosztów, nie wymaga przygotowania specjalnej zapory dla zainstalowania

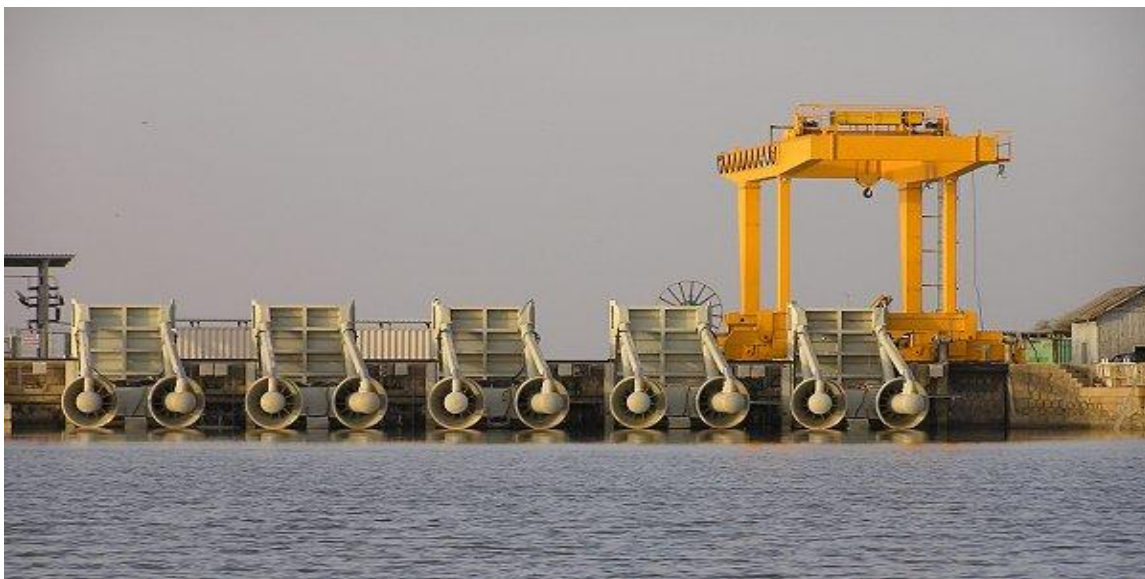
hydrozespołu. Pozwala to na energetyczne wykorzystanie obiektów, które zbudowano w zupełnie innym celu na przykład śluz, wież ujęć wodnych.

Warunki niezbędne dla wdrożenia tej technologii nie są wygórowane:

- ✓ przepływ strugi co najmniej $100\text{m}^3/\text{s}$;
- ✓ wysokość naporu 3 do 30m;
- ✓ minimalna głębokość zanurzenia 1,5m.

Hydrozespół według technologii „Hydromatrix” składa się z pierścienia ze stałymi kierownicami, zabudowanego w prefabrykowanej konstrukcji modułu. Do tego pierścienia przymocowany jest stojan generatora, który tworzy wodoszczelną stalową obudowę zespołu. Jego wirnik jest bezpośrednio połączony z wirnikiem turbiny wodnej, wykonanym ze stopu aluminium lub brązu. Średnica tego wirnika osiowej turbiny napędowej zawiera się w granicach 0,9-1,3m. Wał turbozespołu wyposażono w dwa lub trzy łożyska oraz niezbędne mechaniczne uszczelnienia, usytuowane również wewnątrz korpusu stojana. Z uzwojeń stojana prądnicy moc jest wyprowadzona podwodnym kablem do pobliskiej rozdzielni, która w standardowym wykonaniu mieści się w specjalnym kontenerze.

Bardzo istotną cechą tego wynalazku jest, że składa się z zintegrowanych standardowych hydrozespołów w jednej prefabrykowanej konstrukcji stalowej, o kształcie rozległej prostokątnej płyty. Brzeży ramy, umieszczonej w torze przepływu wody, zostały uszczelnione gumą. Do tego modułu - zespołu hydrogeneratorów - woda dopływa i odpływa stalowymi rurami o odpowiednio dużym przekroju i kształcie, które zapewniają maksymalną sprawność turbin. Nieodłącznym wyposażeniem elektrowni systemu „Hydromatrix” jest suwnica (dźwig) do podnoszenia i wyjmowania modułów do naprawy lub przeglądu, ewentualnie w celu zwiększenia przepływu przez zapórę w stanach alarmowych.



Hydrozespół „Hydromatrix” z suwnicą na tamie Jebel Julia na Białym Nilu

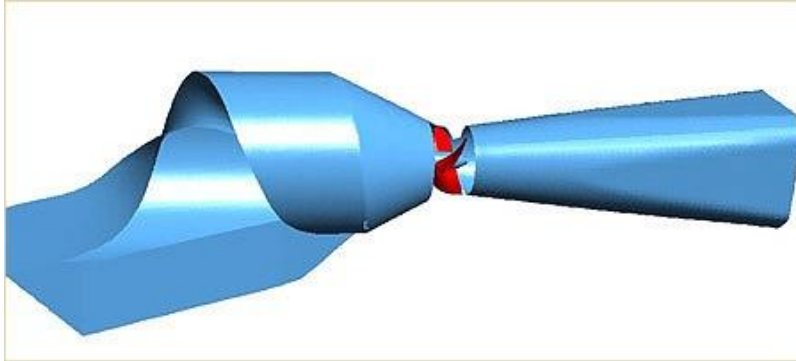
4. Ekologiczne turbiny

Obecnie trwają intensywne prace nad nowymi lub udoskonalonymi formami silników wodnych, które mniej szkodząby środowisku.

W przypadku klasycznych rozwiązań śmiertelność niektórych gatunków została oceniona na 5-20% populacji, zaś w szczególnych przypadkach może sięgać nawet do 30% wraz ze śmiertelnością wtórną. Obecnie stosowane zabezpieczenia wraz z unowocześnionymi turbinami zapewniają bezpieczeństwo na poziomie 99,5%. Niestety skutki widziane są spadkiem sprawności turbozespołu o około 4%.

Inne urządzenia, które odstraszaają lub nakierowują ryby zmniejszają znacząco odsetek wpływania w turbiny ryb. Kraty, które chronią turbinę przed fizycznymi uszkodzeniami od przedmiotów niesionych z prądem, również nakierowują ryby na bezpieczne dla nich tory wodne. Bazując na amerykańskich badaniach „EPRI” i „NREC” można zauważyć korzystne zmiany w postrzeganiu szeroko rozumianej ekologii przez producentów turbin. Ewoluuja również przepławki dla ryb z prostych konstrukcji komorowych przekształciły się w zaawansowane technicznie koryta przypominające naturalny ciek wodny. Innym przyjaznym rozwiązaniem przepławki z zastawami „pędzłowymi”, które skutecznie zmieniają prędkość wody nie zatrzymując i nie powodując uszkodzeń

fizycznych u ryb. Takie rozwiązania powodują że elektrownie wodne stają się w rzeczywistości stałym elementem nie tylko niezauważalnym dla ryb ale przyjaznym siedliskiem.



Ekologiczna turbina Kaplana

Turbina Kaplana, przeprojektowana tak aby nie powodowała wielu obrażeń u ryb przepływających przez zespół. Łopatkierownicy są wyokrąglone i przesunięte na zewnątrz kierownicy, po to aby przy maksymalnym wychyleniu nie były wychylone poza krawędź. Część wejściowa gniazda została wyokrąglona i pozbawiona krawędzi wejściowej tunelu. Turbina z kanałem zostały spasowane w odpowiedni sposób z minimalną tolerancją. Taka konfiguracja zapewnia bezpieczeństwo przy krawędzi łopat, przy każdym kącie natarcia[16]

Zakończenie

Mamy nadzieję, że przedstawione przez nas informacje choć w małym stopniu przybliżyły nie tylko funkcjonowanie i rozwój elektrowni wodnej, lecz także poszerzyło wiedzę na temat odnawialnych źródeł energii.

Jak wiadomo, coraz częściej wykorzystujemy odnawialne źródła energii, niestety często nie dostrzegamy ich negatywnego wpływu na najbliższe środowisko. Niestety, nie wynaleziono jeszcze takiego sposobu wydobywania energii, które nie wykazywałoby żadnych wad.

Naukowcy przypuszczają, że dotychczas znane złoża ropy naftowej przy obecnym wydobyciu, wyczerpią się w przeciągu 30 lat! Złoża gazu ziemnego powinny wystarczyć na eksploatację ich przez najbliższe 100 lat. Oba te surowce jak i węgiel powstały przed wieloma milionami lat w ściśle określonych warunkach jakże już się nie powtórzą[17], dlatego tak ważne jest pozyskiwanie energii z innych źródeł. Jak wiadomo nieodnawialne źródła energii powodują przede wszystkim ogromne zanieczyszczenia powietrza oraz powodują degradację środowiska przyrodniczego. Dlatego powinniśmy wybierać metody, które jak najmniej dostarczają szkód naszemu środowisku, a za razem i nam.

Unia Europejska przywiązuje dużą wagę do promocji wykorzystania odnawialnych źródeł energii. Pierwsze uregulowania prawne w tym zakresie pojawiły się w 1997 roku w opublikowanym dokumencie Biała Księga Energia dla przyszłości – odnawialne źródła energii. W zapisach Białej Księgi postawiono cel, jakim jest podwojenie udziału energii odnawialnej z 6% obecnie do 12% krajowego zużycia energii brutto w 2010 roku. Poszerzona do 25 państw Unia Europejska nie jest w stanie osiągnąć tego celu. Dla nowych

krajów członkowskich cele zostały zapisane w traktatach akcesyjnych. Polska została zobowiązana do osiągnięcia w 2010 roku poziomu 7,5% udziału energii odnawialnej w całkowitym zużyciu energii elektrycznej[18].

W dniu dzisiejszym Polska nie może się pochwalić zadowalającymi wynikami w dziedzinie energetyki wodnej jak Niemcy, Norwegia bądź Francja, które to wykorzystują swoje zasoby energii wodnej w ponad 80%. Polska wykorzystuje je jedynie w około 12-15%, przy czym udział energetyki wodnej w ogólnej produkcji energii wynosi zaledwie 1,5%.

Powinniśmy próbować odnajdywać sposoby, które jak najmniej zaszkodziłyby środowisku. Coraz więcej pomysłów rodzi się w głowach naukowców i próbują oni odnajdywać różne sposoby pozyskiwania energii. Ale to my powinniśmy sami zadbać o jak najmniejsze zużycie energii.



[19]

Etapy powstawania książki:

28. 12. 2009r.- początek pracy nad książką- kilka słów od autorów, wstęp (3,5 godziny);

29.12. 2009r.- pisanie pierwszego rozdziału o historii elektrowni wodnej (około 4,5 godziny);

30. 12. 2009 r.- utworzenie początku drugiego rozdziału (około 4 godzin);

31.12.2009 r.- zakończenie pisania drugiego rozdziału (około 3 godzin);

04. 01. 2010r- początek opracowywania tematu związanego z budową elektrowni wodnej (około 4 godzin);

16. 01. 2010 r.- zakończenie rozdziału z budową elektrowni wodnej (5 godzin);

17.01. 2010 r.- praca nad kolejnymi dwoma rozdziałami (8 godzin);

23.01. 2010 r.- stworzenie rozdziału o wpływie elektrowni wodnych na środowisko, przemiana w MEW, poprawa książki (około 8 godzin);

24.01.2010r.- stworzenie rozdziału „Najnowsze rozwiązania stosowane w MEW” (5 godzin);

29.01.2010r.- zakończenie oraz poprawa książki (ok. 5 godzin);

30.01.2010- uzupełnienie bibliografii(około 1 godziny).

Łączny czas pracy nad książką: około 51 godzin

Bibliografia:

Internet:

<http://energiack.w.interia.pl/page5.html>

<http://www.uwm.edu.pl/kolektory/hydroenerget/mala/rys.hist..htm>

<http://pl.wikipedia.org/wiki/Pneumatyka>

http://pl.wikipedia.org/wiki/Ko%C5%82o_wodne

<http://www.biomasa.org/index.php?d=artykul&kat=31&art=24>

<http://www.agroenergetyka.pl/?a=article&id=119>

<http://biznes.ekologia.pl/artykuly/Male-elektrownie-wodne-ekologia-czy-destrukcja,11268.html>

<http://www.ewzeneris.pl/index.php?site=mew>

<http://www.hydropower.com.pl/?a=article&id=4>

[1] <http://energiack.w.interia.pl/page5.html>

[2] tabelka opracowana ze strony: <http://www.ewzeneris.pl/index.php?site=turbiny>

[3] <http://www.kaszuby.pl/pic/item,26,11,x.jpg>

[4] <http://www.agroenergetyka.pl/?a=article&id=116>

[5] <http://www.pelamiswave.com/>

[6] <http://www.agroenergetyka.pl/?a=article&id=119>

[7] http://www.uwm.edu.pl/kolektory/turbiny-wodne/turbiny_deriaza.html

[8] http://www.uwm.edu.pl/kolektory/turbiny-wodne/turbiny_banki_michella.html

[9] <http://www.elektrowniewodne.com.pl/Galaznia.htm>

[10] <http://ewz.home.pl/>

[11] http://www.imgw.pl/wl/internet/otkz/elektr_w/mapa1.htm

[12] <http://www.focus.pl/jak-to-dziala/zobacz/publikacje/elektrownia-wodna/>

[14] Karolewski B., Ligocki P.: Układy automatyki małej elektrowni wodnej. Wyznaczanie parametrów małej elektrowni wodnej. Prace IMNIPE, Wrocław 2004

[15] <http://www.andritz.com/hydro-products-and-services-compact-hydro-eco-bulb-sheme.jpg>

[16] <http://www.baza-oze.pl/enodn.php?action=show&id=26>

[17] http://www.atmenergetics.eu/oze_-_co_to.html

[18] http://www.elektroenergetyka.pl/646/elektroenergetyka_nr_08_04_e1.pdf

[19] <http://www.gazetka.be/gazetka/UserFiles/Image/obrazki%20do%20artykulow/ekologia.jpg>

Książki:

Encyklopedia popularna PWN- Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2003;

Maria i Ryszard Rozenbajgier, Fizyka dla gimnazjum część 3- Zamkor, Kraków 2007;

Witold Mizerski, Tablice szkolne. Fizyka i astronomia- Adamantan, Łódź 2008;

Jan Mordawski, Wojciech Wiecki, Geografia 3-Operon, Gdynia 2003

Jarosław Korba, Jan Mordawski, Wojciech Wiecki, Geografia i człowiek, Gdynia 2003