

Opracowano na podstawie:

„Małe elektrownie wodne - poradnik” wyd. II Nabba Sp. z o.o. Warszawa 1992–
redakcja Marian Hoffmann

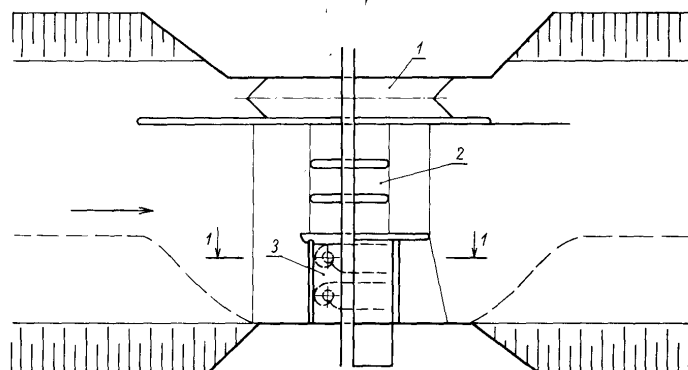
HYDROTECHNICZNE ROZWIĄZANIA MEW

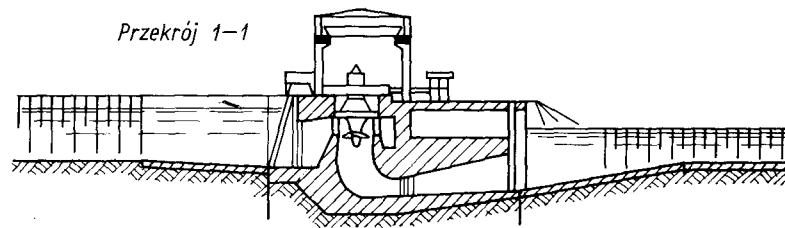
Hydrotechniczne rozwiązania MEW zależą od usytuowania budynku elektrowni względem budowli piętrzących i ich rodzaju oraz sposobu doprowadzenia wody do elektrowni. Rozróżniamy elektrownie: przyjazdowe, derywacyjne i przyzaporowe.

Elektrownie przyjazdowe

Elektrownie przyjazdowe są zwykle budowane obok jazu i stanowią element piętrzący (rys. 1). Najczęściej spotyka się je na rzekach nizinnych. Zaleca się, aby były usytuowane przy brzegu (prawym lub lewym) rzeki, dojazd zaś do płaszczyzny montażowej winien odbywać się od strony dolnej wody lub od ściany szczytowej budynku. Dzięki takiemu rozwiązaniu ułatwia się transport głównych urządzeń do elektrowni. Obok rozwiązań typowych (budynek z normalną halą maszyn) spotyka się także rozwiązania z obniżoną halą maszyn. Tutaj, do montażu urządzeń, w miejsce suwnicy, wykorzystuje się dźwig poruszający się po torach, który obsługuje jednocześnie górne i dolne zamknięcia remontowe elektrowni oraz jazu. Turbiny wodne w elektrowniach przyjazdowych są czasami instalowane w filarach jazowych (tzw. elektrownie filarowe). Takie rozwiązanie pozwala na pewne oszczędności betonu oraz zapewnia korzystny, pod względem hydraulicznym, rozkład strug wody dopływającej do turbiny. Są one budowane rzadko, mimo swych zalet.

Rys. 1. Elektrownia przyjazdowa. 1 - śluza, 2 - jaz, 3 - elektrownia





Zasadniczą wadą tego typu elektrowni jest rozdzielenie turbozespołów na poszczególne filary jazowe powodujące uciążliwości w eksploatacji. Z innych rozwiązań należy wymienić elektrownie wbudowane w konstrukcję jazu - wówczas instalowane są turbozespoły rurowe o osi poziomej. Taki układ technologiczny został przyjęty w MEW na zbiorniku Sulejów na rzece Pilicy (moc instalowana - 2 x 1,8 MW). Urządzenia elektryczne związane z eksploatacją turbozespołów są umieszczone w prawym przyczółku jazu, z wyjątkiem transformatorów, które znajdują się na terenie rozdzielni napowietrznej 15 kV. Wyprowadzenie mocy z generatorów do transformatorów rozwiązano przy użyciu kabli. Powoduje to duże trudności oraz znaczne koszty wynikające z długości tras kablowych i mostów szynowych.

Elektrownie z derywacją kanałową

Rozwiązania z derywacją kanałową są stosowane na tych odcinkach rzeki, na których występują zakola. Wówczas budowa kanału skraca naturalny bieg rzeki, pozwalając na uzyskanie większego spadku niż wynosi spiętrzenie na jazie.

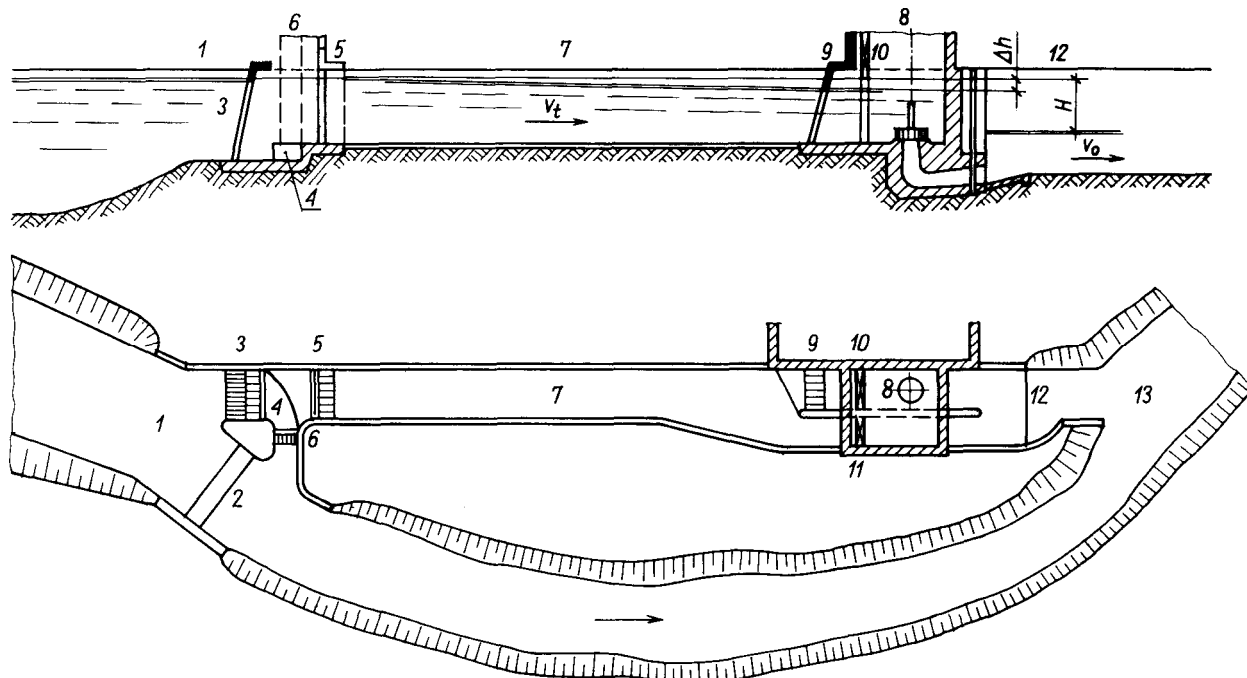
W odróżnieniu od elektrowni przyjazowej, w skład układu technologicznego wchodzi tutaj, prócz budynku elektrowni, kanał dopływowy górny z ujęciem wody i kanał odpływowy odprowadzający wodę z elektrowni do koryta rzeki.

Ujęcie wody stanowi początkową budowlę derywacji kanałowej. Umożliwia ono pobór wody ze zbiornika i skierowanie jej do derywacji (kanału).

W celu niedopuszczenia do przenikania większych ilości rumowiska w obszar ujęcia stosuje się często urządzenia do jego zatrzymania i usuwania, np.:

- progi zatrzymujące rumowisko wleczone,
- urządzenia płuczące (kanały płuczące z zamknięciami). Ochronę przed pływającymi zanieczyszczeniami stanowi krata rzadka, do zatrzymania napływu lodu służy zaś ściana fartuchowa, zagłębiona poniżej minimalnego poziomu wody. Schemat układu technologicznego elektrowni z derywacją kanałową przedstawiono na rys. 2.

Rys. 2. Elektrownia wodna z derywacją kanałową, 1 - wlot do kanału, 2 - jaz piętrzący, 3 - kraty rzadkie, 4 - kanał płuczający, 5 - zasuwa na wlocie do kanału, 6 - upust płuczający, 7 - kanał derywacyjny, 8 - budynek elektrowni, 9 - kraty gęste, 10 - zasuwy na wlocie do turbin, 11 - zasuwa na upuście ulgi, 12 - kanały odpływowe, 13 - wylot kanału do rzeki, v_t, v_0 - prędkości w kanale dopływowym i odpływowym, H - spad statyczny, Δh - straty hydrauliczne w kanale



Elektrownie z derywacją rurociągową

Elektrownie z rurociągami ciśnieniowymi są stosowane wówczas, gdy spad przekracza 20 — 30 m i gdy budynek elektrowni jest oddalony od ujęcia wody. Istotny wpływ na układ technologiczny tego rozwiązania mają warunki regulacji turbozespołów. Ograniczają one bowiem długość rurociągu.

Wstępnie można przyjąć, że warunek regulacji jest spełniony wówczas, gdy suma iloczynów długości i prędkości przepływu wody w rurociągach, spirali i rurze ssącej jest mniejsza lub równa dwudziesto-pięciokrotnej wartości spadku (H) elektrowni wg zależności

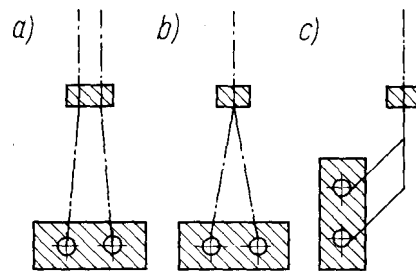
$$\sum LV < 25 H$$

W skład układu technologicznego wchodzi:

- ujęcie wody ze zbiornika lub kanału,
- rurociąg ciśnieniowy,
- budynek elektrowni,
- kanał odpływowy.

Usytuowanie elektrowni z derywacją rurociągową przyjmuje się zwykle prostopadle do trasy rurociągu. W elektrowniach z rurociągami wysokociśnieniowymi umieszcza się je równoległe do trasy ze względu na ochronę przed zniszczeniem budynku w przypadku awarii (pęknięcia) rurociągu, w wyjątkowych zaś przypadkach lokalizuje się budynek na drugim brzegu rzeki. Doprowadzenie wody do elektrowni może odbywać się do każdego turbozespołu osobnym rurociągiem lub jednym rurociągiem z rozgałęzieniem do każdej turbiny, rys. 3. Indywidualne doprowadzenie wody jest korzystne ze względów eksploatacyjnych, gdyż zmniejsza to możliwość przestoju elektrowni w przypadku remontu lub awarii rurociągu.

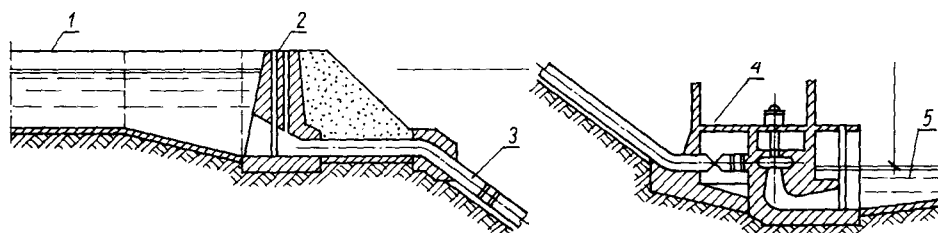
Rys. 3. Doprowadzania rurociągów do turbin: a) czołowe indywidualne, b) z rozgałęzieniem, c) boczne z rozgałęzieniem



Elektrownie z derywacją mieszaną kanałowo-rurociągową

Układ elektrowni kanałowo-rurociągowej jest stosowany wówczas, gdy trasa derywacji jest bardzo długa, a warunki terenowe pozwalają na częściowe jej wykonanie w postaci kanału otwartego, rys. 6.4. Kanał otwarty doprowadza wodę do ujęcia wody skąd, dalej, rurociągiem ciśnieniowym do elektrowni. Przed ujęciem wody, względów hydraulicznych, kanał jest poszerzony i pogłębiony.

Rys. 4. Elektrownia z derywacją mieszaną, 1 - kanał doprowadzający, 2 - ujęcie wody, 3 - rurociąg, 4 - elektrownia, 5 - kanał odpływowy



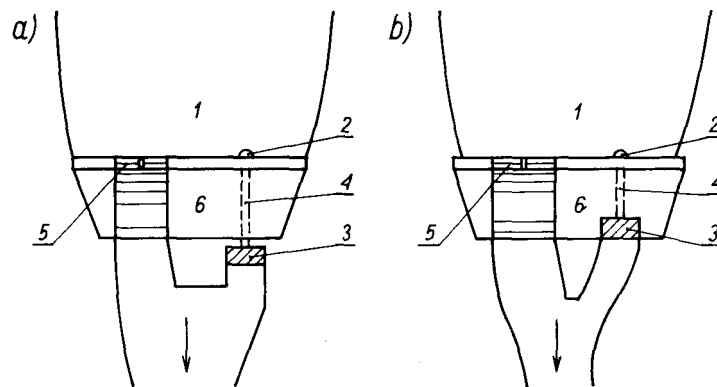
Elektrownie przyzaporowe

Elektrownie przyzaporowe są budowane przy spadach $30 \div 100$ m. Pod względem konstrukcyjnym mogą być zupełnie oddzielone od zapór, posadowione na fundamencie wspólnym z zaporama lub wkomponowane w profil zapory i tworzące z nią jedną całość. Elektrownia jest połączona ze zbiornikiem rurociągami umieszczonymi w korpusie zapory. Wloty do rurociągów są zaopatrzone w urządzenia zamykające.

Usytuowanie elektrowni pokazano na rys. 5. Układ przedstawiony na rys. 5 a jest układem klasycznym, najczęściej stosowanym.

Względy terenowe (brak miejsca u stóp wysokich zapór w wąskich dolinach górskich), jak również względy architektoniczne wymagają zastosowania innych rozwiązań, np. wbudowanie budynku elektrowni w sekcje zapory, rys. 6.5b (elektrownia Rożnów) lub korpus zapory pod przelewami (elektrownia Ślapy w Czechosłowacji).

Rys. 5 Usytuowanie elektrowni przy zaporach betonowych: a) układ klasyczny, b) układ z elektrownią w sekcji zapory, 1 - zbiornik, 2 - ujęcie wody, 3 - elektrownia, 4 - rurociąg, 5 - przelew, 6 - zapora



Elektrownie przy zaporach ziemnych pokazano na rys. 6.a i rys. 6b. W obu układach występują:

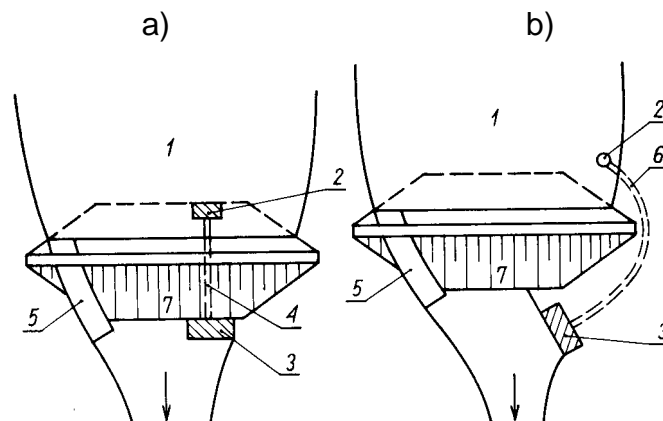
- ujęcie wody,
- doprowadzenie wody do elektrowni,
- budynek elektrowni.

W układzie jak na rys. 6.6a rurociąg ciśnieniowy jest przeprowadzony przez korpus zapory ziemnej i może być zalecany dla niższych spadów (do 30 m) i zapór

jednorodnych. Zaletą tego rozwiązania jest krótki odcinek derywacji - zjawiska uderzenia hydraulicznego nie są tu groźne. Do trudności natomiast należy zaliczyć możliwość nierównomiernych osiadań korpusu zapory, co ujemnie wpływa na posadowienie rurociągu.

Prowadzenie rurociągów stalowych bezpośrednio w korpusie zapory stwarza niebezpieczeństwo jej uszkodzenia w przypadku awarii rurociągu. Dlatego też rurociągi te albo układa się w galerii żelbetowej, umożliwiającej kontrolę bieżącą, albo obetonowuje. Rozwiązanie takie zostało przyjęte w Elektrowni Jeziorsko. Ujęcie wody jest wkomponowane w korpus zapory ziemnej. Jest to ujęcie dwuwłotowe typu wieżowego, wyposażone w kraty, zastawki remontowe i zasuwawy awaryjne z napędem hydraulicznym. Włoty przechodzą w dwa rurociągi stalowe w obudowie żelbetowej biegnące pod korpusem zapory.

Rys. 6. Usytuowanie elektrowni przy zaporach ziemnych: a) układ z doprowadzeniem rurociągiem ciśnieniowym, b) układ z doprowadzeniem wody sztolnią obiegową, 1 - zbiornik, 2 - ujęcie wody, 3 - elektrownia, 4 - rurociągi ciśnieniowe, 5 - przelew powierzchniowy, 6 - sztolnia ciśnieniowa, 7 - zapora ziemna



Średnica rurociągu wynosi 2,8 m, długość pojedynczej nitki ok. 70 m. Rurociągi stanowią konstrukcję zespoloną. Współpracę pancernia stalowego z obudową żelbetową zapewnia system kotew. Spad statyczny ok. 10 m, przełyk turbin 2 x 35 m³/s.

W MEW Klimówka na rzece Ropie (N, \approx 1 MW, $H_{max} = 33$ m) woda w ilości max 4 m³/s jest doprowadzona do turbiny rurociągiem stalowym ułożonym w galerii

betonowej, umożliwiającej dostęp do konserwacji i remontu przewodu ciśnieniowego. Galeria przecina korpus zapory ziemnej i jest prowadzona równolegle do spustu dennego służącego do odprowadzania wody powodziowej i opróżnienia zbiornika.

W układzie jak na rysunku 6b woda jest doprowadzona do turbin wodnych sztolnią ciśnieniową, usytuowaną w obszarze przyczółka zapory. Rozwiązanie takie jest stosowane przy budowie zbiorników w rejonach górskich, gdy w podłożu i w brzegach doliny zalegają skały. Trasa sztolni nie przecina korpusu zapory, co nie stwarza zagrożenia dla bezpieczeństwa zapory w przypadku nieszczelności doprowadzenia. Taki sposób doprowadzenia wody został przyjęty w projekcie MEW Dobczyce na rzece Rapie. Składa się z następujących obiektów:

- ujęcia wody typu wieżowego,
- sztolni ciśnieniowej o średnicy 2,4 m,
- krótkiego odcinka rurociągu stalowego,
- budynku elektrowni o mocy 3,5 MW (2 turbozespołów),
- kanału odpływowego.

Maksymalny spadek wynosi 28 m. Długość sztolni ok. 130 m obudowa wewnętrzna żelbetowa o grubości śr. 40 cm. Sztolnię z siłownią łączy rurociąg stalowy obetonowany o długości ok. 30 m, w pochyleniu max. 75° do poziomu. Komora wyrównawcza przy zastosowanych parametrach sztolni ciśnieniowej ($\Sigma L = 150$ m; $V_{max} = 3,3$ m/s; $H_{max} = 30$ m) nie jest potrzebna.