

TURBINA KAPLANA RTK 1600

Dokumentacja techniczno-ruchowa

Dostawa dla **Elektrowni Wodnej Kotowo**

Gdańsk 2010

GAJEK ENGINEERING
SPÓŁKA Z O.O.
ul. Fiszera 14, 80-231 Gdańsk
REGON 192305390, NIP 957-07-85-712 (2)

KIEROWNIK BUDOWY

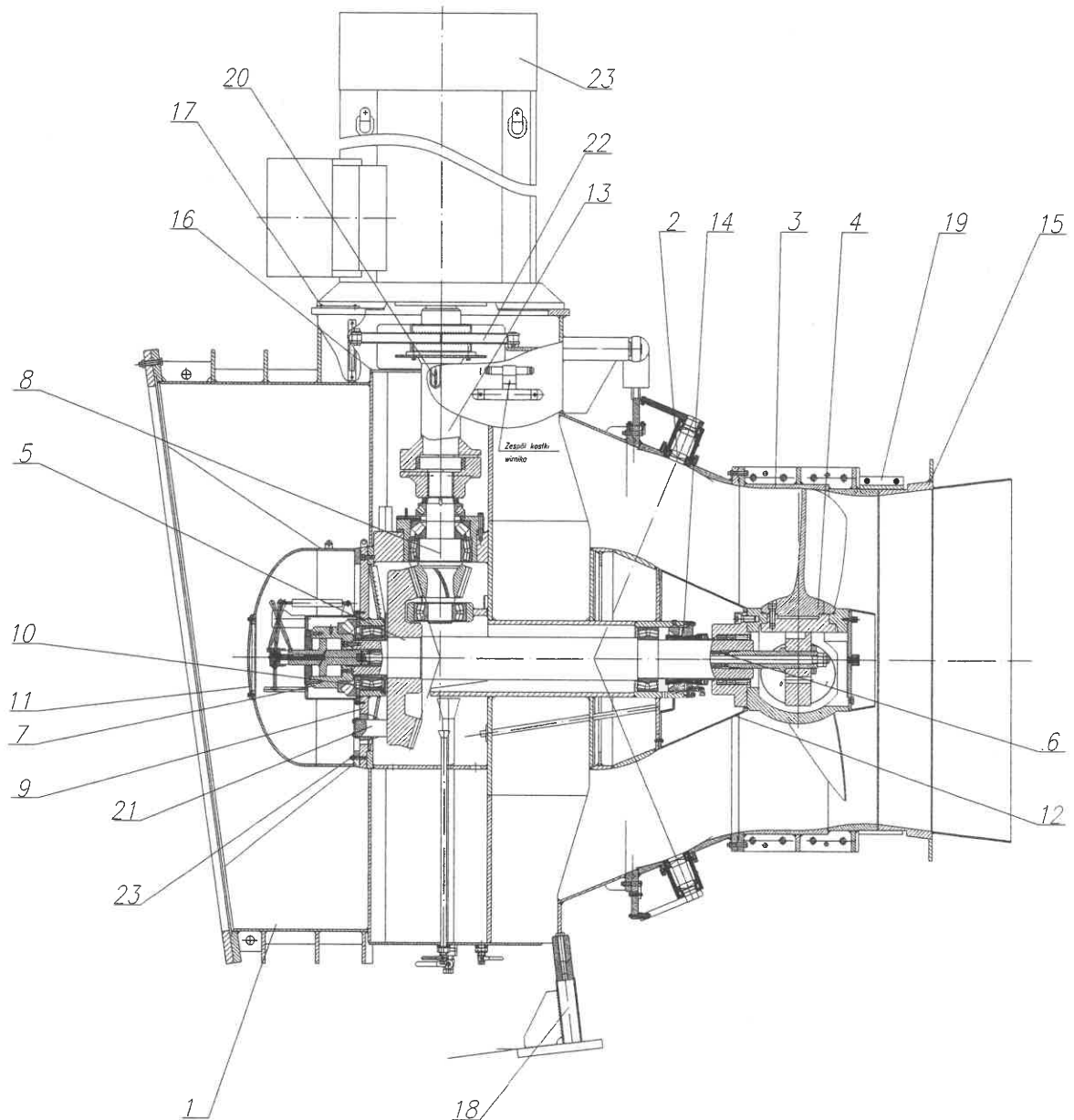
mgr inż. *Maciej Kicerman*
Upi. bud. KUP.0061/0W0S/04

SPIS TRESCI

Część I	- Charakterystyka ogólna
Część II	- Turbina
Część III	- Eksploatacja

CZĘŚĆ I

1. Charakterystyka ogólna turbozespołu.



Rys.1. Przekrój poprzeczny turbozespołu.

Opis zespołów: 1-korpus turbiny, 2-zespół kierownic, 3-korpus wirnika, 4-zespół piasty, 5-zespół wału turbiny, 6-zespół drąga przestawczego, 7-zespół sterowania, 8-zespół zębniaka, 9-pokrywa korpusu przekładni, 10-pokrywa tulei, 11-opływka przednia; 12-opływka tylna, 13-zespół sprzęgła generatora, 14-zespół uszczelnienia, 15-stożek wylotowy, 16-pokrywa owiewki, 17-pokrywa zbiornika, 18-podstawa turbiny, 19-opaska, 20-zespół pomiaru prędkości obrotowej, 21-zderzak, 22-zespół hamulca, 23-generator.

Producent turbiny:	Gajek Engineering Sp. z o.o.
Typ turbiny:	RTK-1600
Charakterystyka turbiny:	Szybkobieźna turbina pozioma z dopływem osiowym, zabudowa z pochyleniem 8° , z wbudowaną przekładnią kątową i hydrauliczną regulacją położenia łopat kierownic i wirnika;
Średnica wirnika:	$D = 1600 \text{ mm}$;
Spad nominalny:	$H_n = 4,2 \text{ m}$;
Przełyk maksymalny	$Q_{\max} = 14,5 \text{ m}^3/\text{s}$;
Prędkość obrotowa:	$n = 221 \text{ obr/min}$;
Kierunek obrotów	prawy;
Moc maksymalna na wale	$N_{\max} = 538 \text{ kW}$.

2. Układ regulacji i zabezpieczeń.

Układ regulacji przeznaczony jest do sterowania pracą pojedynczego turbozespołu z turbiną Kaplana w trybie ręcznym lub automatycznym. Układ sygnalizuje także nieprawidłowości pracy zespołu i w zależności od stopnia awarii przywołuje obsługę bądź odstawia turbinę i przywołuje obsługę.

Częścią układu regulacji jest zamontowana na turbinie kostka hydrauliczna, z niezbędną armaturą sterowniczą, zasilana olejem z agregatu pompowego umieszczonego pod turbiną oraz agregat hydrauliczny kierownic sterujący również hamulcem zamontowanym pod podstawą generatora.

Dokładny opis układu zawiera:

„Dokumentacja techniczno-ruchowa: Regulator Turbiny Kaplana RTK 1600”
--

CZEŚĆ II

1. TURBINA. Opis budowy.

Korpus turbiny

Korpus jest konstrukcją spawaną z blach 18G2A, uźebrowaną. Związany jest z króćcem dolotowym za pomocą prostokątnego kołnierza bez zamka centrującego, uszczelnionego przy pomocy sznura gumowego typu „o-ring”. Korpus wspiera się na dwóch podporach ustawionych na zabetonowanych płytach osadczych (markach).

Korpus stanowi konstrukcję nośną dla umieszczonego wewnątrz niego korpusu przekładni oraz dla umieszczonego nad nim generatora.

Korpus kierownic

Korpus kierownic jest stożkiem spawanym z blachy 18G2A, usztywnionym węzłownikami, mocowanym do korpusu turbiny za pomocą pierścieniowego kołnierza z zamkiem centrującym i uszczelnionym przy pomocy sznura gumowego typu „o-ring”. Do jego dużego kołnierza przymocowane są brązowe ślizgi, po których porusza się pierścień regulacyjny. Do drugiego, mniejszego kołnierza, również z zamkiem centrującym, mocowany jest korpus wirnika. Na poboczniczy stożka wykonanych jest 16 wytoczeń, do których przekrecone są obudowy łożysk łopat kierowniczych. Wewnątrz korpus kierownic jest stożkiem przechodzącym w kulę.

Korpus wirnika

Korpus wirnika wykonany jest ze stali 18G2A. Jest to korpus dzielony, z zamkami centrującymi wykonanymi tak, aby można było go zdemontować bez demontażu całej turbiny. Korpus w części obejmującej wirnik jest kulą. Korpus połączony jest ze stożkiem wylotowym za pomocą dzielonej opaski zaciskowej.

Wirnik turbiny

Wirnik trzyłopatowy, o przestawianych hydraulicznie podczas ruchu łopatach. Siłownik umieszczony jest w wale turbiny i za pośrednictwem drąga i mechanizmu przestawczego steruje łopatom. Piasta wykonana jest ze staliwa nierdzewnego, a łopaty z brązu aluminiowego. Uszczelnienie łopat od strony wody: pierścień typu „O-ring”.

Przestrzeń wewnętrzna piasty wirnika zawierająca mechanizm przestawiania łopat wypełniona jest olejem. W pokrywie piasty umieszczony jest zawór bezpieczeństwa zabezpieczający przed nadmiernym wzrostem ciśnienia wewnątrz piasty.

Zakres przestawiania łopat wirnika $0^\circ \div 37,5^\circ$.

Kierownica turbiny

Kierownica szczelna, umożliwiająca zamknięcie awaryjne, składa się z 16 przestawianych hydraulicznie podczas ruchu łopat. Łopatki wykonane są z staliwa nierdzewnego.

Łopatki są podparte jednostronnie w korpusie kierownicy. Czop łożyskowy jest w dwóch łożyskach stożkowych zabudowanych w układzie X. Czopy łopatek uszczelnia pierścień gumowy typu „o-ring” od strony wody i simmering od zewnątrz. Łożyskowanie łopat nie wymaga dosmarowywania w czasie eksploatacji.

Ruch łopatek wymuszany jest za pomocą dźwigni zaciśniętej na czopie łopatki.

Dźwignie połączone są z pierścieniem regulacyjnym cięgnami z przegubowymi uchami. Co drugie cięgno sztywne zastąpiono sprężyną gazową, spełniającą rolę bezpiecznika w układzie.

Pierścień regulacyjny prowadzony jest przy pomocy czterech par łożysk tocznych umieszczonych po jego obu stronach co 90° i jest przestawiany typowym siłownikiem hydraulicznym dwustronnego działania.

Zakres ruchu łopatki wynosi $2,5 \div 80^\circ$.

Wał turbiny

Wał turbiny jest równocześnie wałem wejściowym przekładni. Jest wykonany ze stali stopowej 40HM, drążony. Do wału przymocowany jest siłownik łopat wirnika. Wał łożyskowany jest na dwóch łożyskach baryłkowych. Piasta wirnika połączona jest z wałem za pomocą stożkowego zespołu zaciskowego typu clampex.

Przekładnia

Przekładnia przenosząca moc z poziomego wału turbiny na pionowy wał generatora asynchronicznego, zawiera również łożysko oporowe przejmujące siłę poosiową turbiny. Przełożenie przekładni wynosi 3.412, a nominalny moment na wale turbiny wynosi 23.2kN.

Przekładnia jest przekładnią jednostopniową z kołami stożkowymi o uzębieniu kołowo-lukowym, zamknięta smarowana olejem. Koła wykonane są ze stali stopowej 17CrNiMo6 nawęglane, hartowane i obrabiane wykańczająco. Klasa dokładności wykonania kół wynosi co najmniej 6. Wał przekładni będący równocześnie wałem turbiny, oraz zębnik łożyskowane są w łożyskach tocznych smarowanych olejem. Zębnik jest łożyskowany obustronnie. Koła zębate smarowane są zanurzeniowo.

Charakterystyka przekładni:

Moc maksymalna trwała:	524 kW
Obroty generatora	
- nominalne:	756 obr/min
- rozbiegowe:	1890 obr/min
Przełożenie:	3.412
Sprawność przekładni	min. 97,5%
Trwałość obliczeniowa kół i łożysk	min. 160 000 godz.
Olej smarujący	klasa lepkości ISO 150 lub 120 np. TRANSOL 150
Ilość oleju w przekładni	ok. 350 dm ³ .

Opis: Korpus przekładni spawany jest z blachy 18G2A i stanowi jedną, spawaną całość z korpusem turbiny, z którym jest związany poprzez dwie pionowe opływki i dwie poziome blachy. W opływie górnej znajduje się wałek wyjściowy przekładni wraz z elastycznym sprzęgłem turbina-generator.

Od strony napływu wody korpus zamknięty jest pokrywą stanowiącą płytę oporową dla łożyska wzdłużnego oraz opływką w kształcie dennicy elipsoidalnej. Wewnątrz opływki znajduje się głowica wprowadzania oleju do siłownika przestawiania łopat wirnika i układ sprzężenia zwrotnego od położenia tych łopat.

Od strony wirnika korpus zamknięty jest uszczelnieniem osiowym, a przestrzeń między korpusem przekładni, a piastą wirnika zamknięta jest dzieloną opływką tylną.

Powierzchnia zewnętrzna korpusu współpracująca z łopatkami kierownicy jest kulą.

2. Olejowy układ smarowania

Układ smarowania i sterowania wirnikiem turbiny stanowią jedną, spójną całość. Zasilane są z jednego zespołu pompowego, który pracuje w sposób ciągły. Pompa pobiera olej z wnętrza korpusu przekładni i podaje go do zbiornika oleju zabudowanego wewnątrz korpusu turbiny (pod podstawą generatora), skąd grawitacyjnie wprowadzany jest z powrotem do korpusu przekładni, smarując po drodze górne łożyska zębniaka.

W przypadku braku zasilania w elektrowni, kiedy pompa obiegowa nie pracuje, a turbina dalej się obraca (mimo zamknięcia aparatu kierowniczego), zmagazynowany w zbiorniku olej, podawany kroplowo, pozwala dosmarowywać łożyska przez co najmniej 12h.

Praca pompy monitorowana jest przez czujnik, który w przypadku wykrycia braku oleju smarującego w układzie odstawia awaryjnie turbozespół.

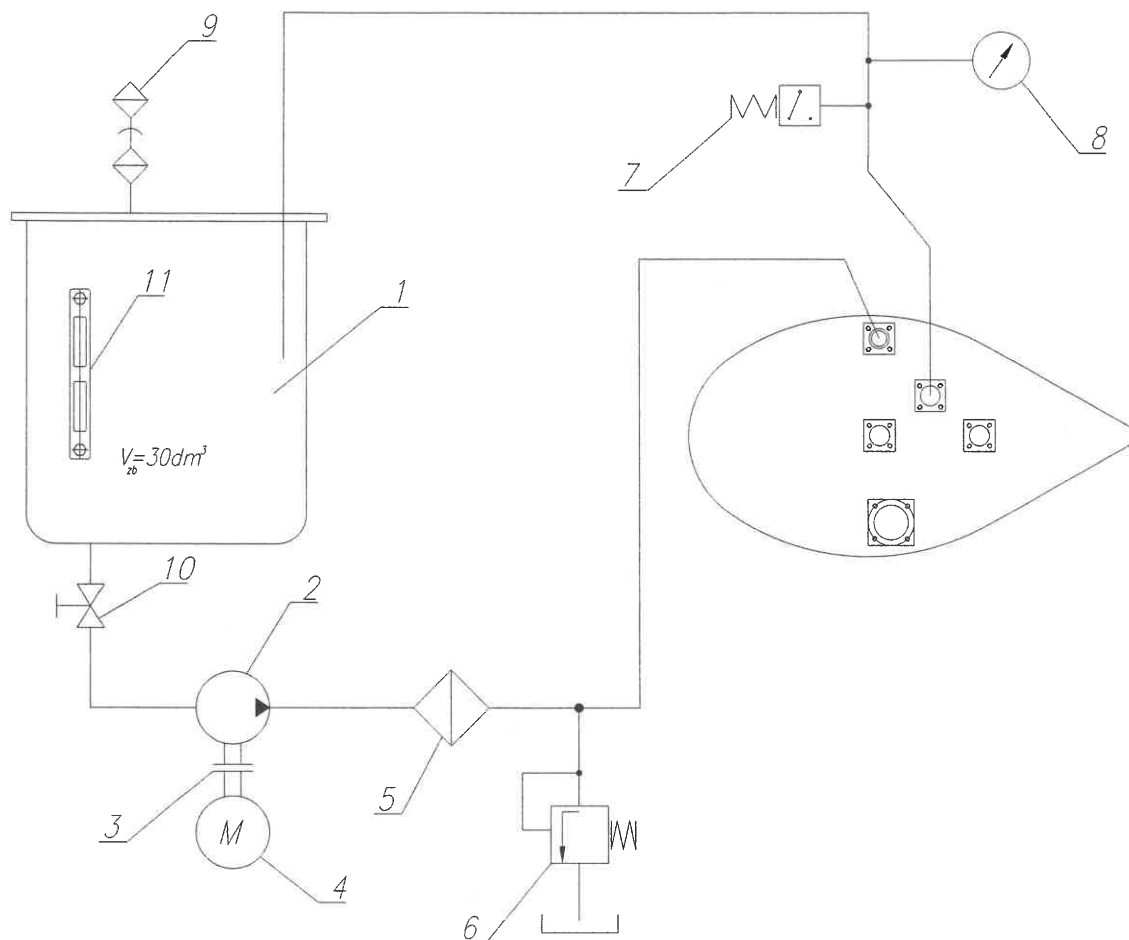
3. Układ oleju separującego uszczelnienia osiowego

Elementem izolującym olej smarujący (znajdujący się w przestrzeni korpusu przekładni) od wody (od strony wirnika turbiny) jest czołowe uszczelnienie firmy ANGA. Do uszczelnienia doprowadzany jest biodegradowalny olej (BIOHYDRAN TMP 46) spełniający funkcję separującą i chłodzącą. Przez uszczelnienie dopuszczalne są przecieki biodegradowalnego oleju separującego na zewnątrz turbiny na poziomie uzależnionym od mocy, z jaką pracuje turbina. Maksymalny poziom przecieków powinien kształtować się na poziomie 0,1 do 0,2 dm³/24 h.

Schemat układu hydraulicznego sterowania pokazano na rysunku 2.

Obieg oleju w uszczelnieniu zapewnia agregat uszczelnienia (fot.1) zaopatrzony w zbiornik (rys.2, poz.1), zespół pompowy (poz.2, 3, 4), filtr (poz.5), armaturę sterującą i kontrolną (poz.6,8,9,10) utrzymującą wewnątrz korpusu uszczelnienia nadciśnienie ~0.25MPa. Praca pompy monitorowana jest przez czujnik (poz.7), który w przypadku wykrycia braku oleju w układzie uszczelnienia odstawia awaryjnie turbozespół.

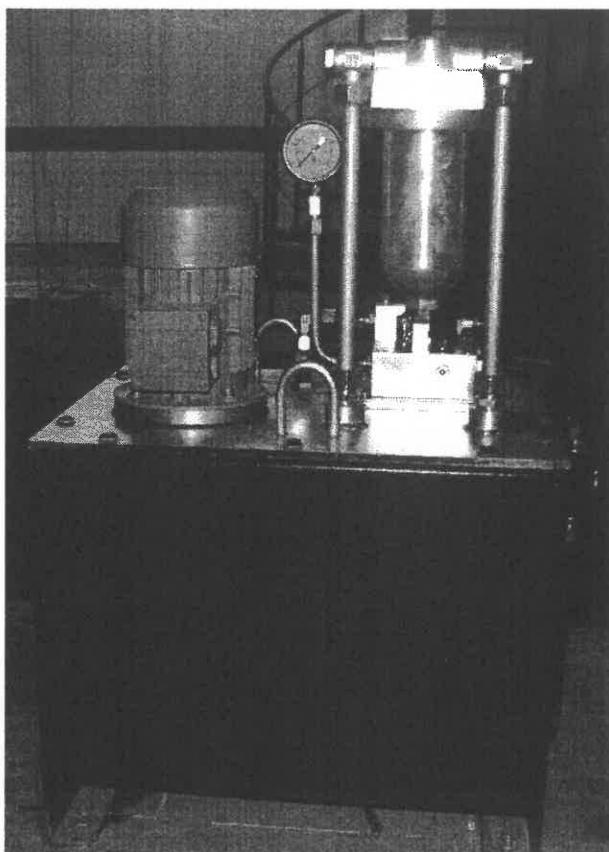
Agregat ustawiony jest na półce nad turbiną, a dopływ oleju do uszczelnienia zrealizowany jest za pomocą instalacji hydraulicznej zbudowanej z rurek stalowych i ciśnieniowej armatury hydraulicznej.



Rys.2. Układ oleju separującego uszczelnienia czołowego turbiny

Zestawienie elementów typowych układu hydraulicznego uszczelnienia:

- 1 – Zbiornik uszczelnienia, prod.KTR;
- 2 – Pompa zębata HPPZ1-4.2-E, Hydropress;
- 3 – Sprzęgło zębate HPSE-10-71-S, Hydropress;
- 4 – Silnik 1LA7073-4AB11, prod.Siemens;
- 5 – Filtr granulkowy FD2-160-25-25S, szt.1, prod.WF Sędziszów;
- 6 – Zawór RGFA-LEN, prod.Sun Hydraulics;
- 7 – Presostat DMM/N/1/F/1/5, prod.Megatron;
- 8 – Manometr M63-R, 0.6MPa, prod.KFM;
- 9 – Filtr wlewowy WW2-32S, prod.WF Sędziszów;
- 10 – Zawór kulowy G1/2”.



Fot.1. Agregat układu olejowego uszczelnienia

4. Układ sterowania kierownicami i hamulcem

Sterowanie kierownicami i hamulcem odbywa się z osobnego zasilacza hydraulicznego składającego się ze zbiornika ściekowego z nabudowaną armaturą hydrauliczną, zespołem pompowym i akumulatorem olejowo-gazowym. Agregat połączony jest z siłownikami hamulca i kierownic za pomocą przewodów hydraulicznych.

Opis budowy agregatu i schemat olejowy zamieszczono w DTR układu automatyki turbiny RTK-1600.

Widok i przekrój przez halę maszyn wraz z rozmieszczeniem urządzeń pokazano na rys. 4. dołączonym do niniejszej Dokumentacji Techniczno - Ruchowej

CZEŚĆ III - EKSPLOATACJA

1. Pierwsze uruchomienie

a) Obciążanie turbozespołu

Podczas pierwszego uruchomienia należy prowadzić stałą obserwację pracy turbozespołu. Po załączeniu generatora do sieci należy obciążać go stopniowo: 25%, 50%, 75% i 100% mocy maksymalnej, po minimum 3 godzinnej pracy na każdym zakresie. Należy kontrolować i rejestrować parametry pracy turbozespołu.

b) Zrzuty mocy

Próby dokonuje się zrzucając obciążenie ze wszystkich stanów wymienionych w podpunkcie (a). Podczas prób należy kontrolować i rejestrować parametry pracy turbozespołu.

c) 72-godzinny ruch próbny

Należy wykonać próbę 72 godzin pracy ciągłej turbozespołu pod pełnym obciążeniem. Z próby tej należy sporządzić protokół z akceptacją inwestora i wykonawcy.

2. Pierwsze 1000 godzin pracy

W czasie pierwszych 1000 godzin pracy turbiny **codziennie** należy:

- kontrolować ciśnienie oleju smarującego;
- kontrolować poziom oleju w zbiorniku turbiny (olejowskaz na turbinie);
- zwracać uwagę na głośność pracy pomp olejowych;
- kontrolować ciśnienie oleju w układzie akumulatora gazowo-olejowego kierownic oraz raz w tygodniu sprawdzić ciśnienie gazu w akumulatorze;
- kontrolować ciśnienie oleju separującego;
- obserwować poziom oleju w zbiorniku uszczelnienia, wyniki zapisywać. W przypadku dużego ubytku - olej uzupełnić;
- sprawdzać czy nie ma wycieków oleju ze wszystkich instalacji olejowych.

Po przepracowaniu 1000 godzin należy:

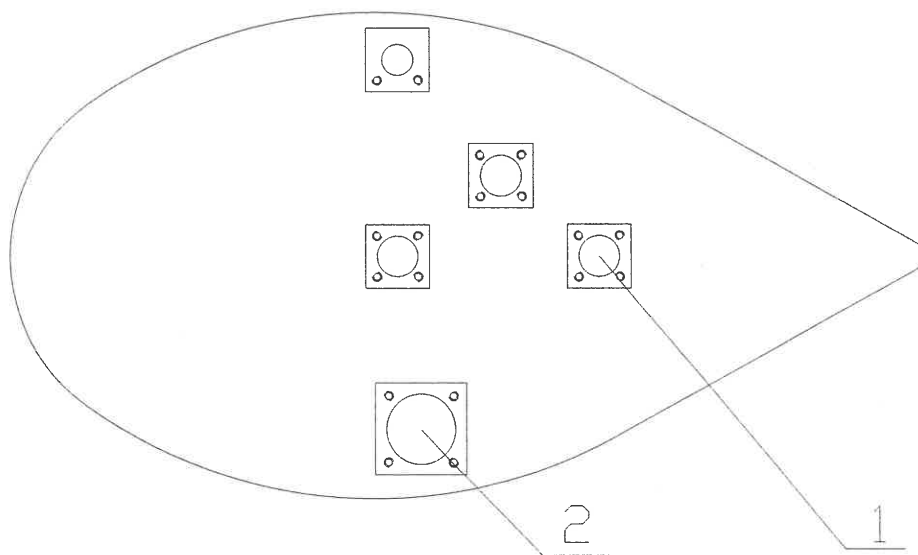
- wymienić olej w turbinie;
- wymyć filtr olejowy układu smarowania;

Wymiana oleju:

Olej należy wymieniać, gdy jest rozgrzany, czyli krótko po zatrzymaniu turbiny. Olej spuszczać poprzez zawór spustowy 1 (rys. 3) umieszczony w dolnej części korpusu, najbliższy nog turbiny, spuścić także olej zebrany w rurze przelewowej otwierając zawór 2.

Świeży olej należy wlewać przez filtr wlewowy, umieszczony na pokrywie zbiornika znajdującego się na podstawie generatora turbiny (rys. 1, poz.17). Przed wlewaniem filtr ten oczyścić. Po wlaniu ok. 200dm³ oleju, otworzyć zawór rury przelewowej 2 i spuścić olej zebrany w tej rurze. Zawór ten pozostawić otwarty. Wlewać dalej olej obserwując spływ z otwartego zaworu. Przerwać wlewanie, gdy z tego zaworu zacznie spływać ciągłym strumieniem olej. Zawór zamknąć, gdy spłynie cały nadmiar oleju z korpusu przekładni. Ilość oleju wlanego powinna być równa ilości oleju spuszczonego z przekładni.

Widok korpusu turbiny od dołu



Rys.3. Rozmieszczenie zaworów olejowych (widok od spodu turbiny)

Opis przyłączy: 1-spust oleju, 2-przelew oleju w korpusie przekładni.

3. Dalsza eksploatacja turbozespołu

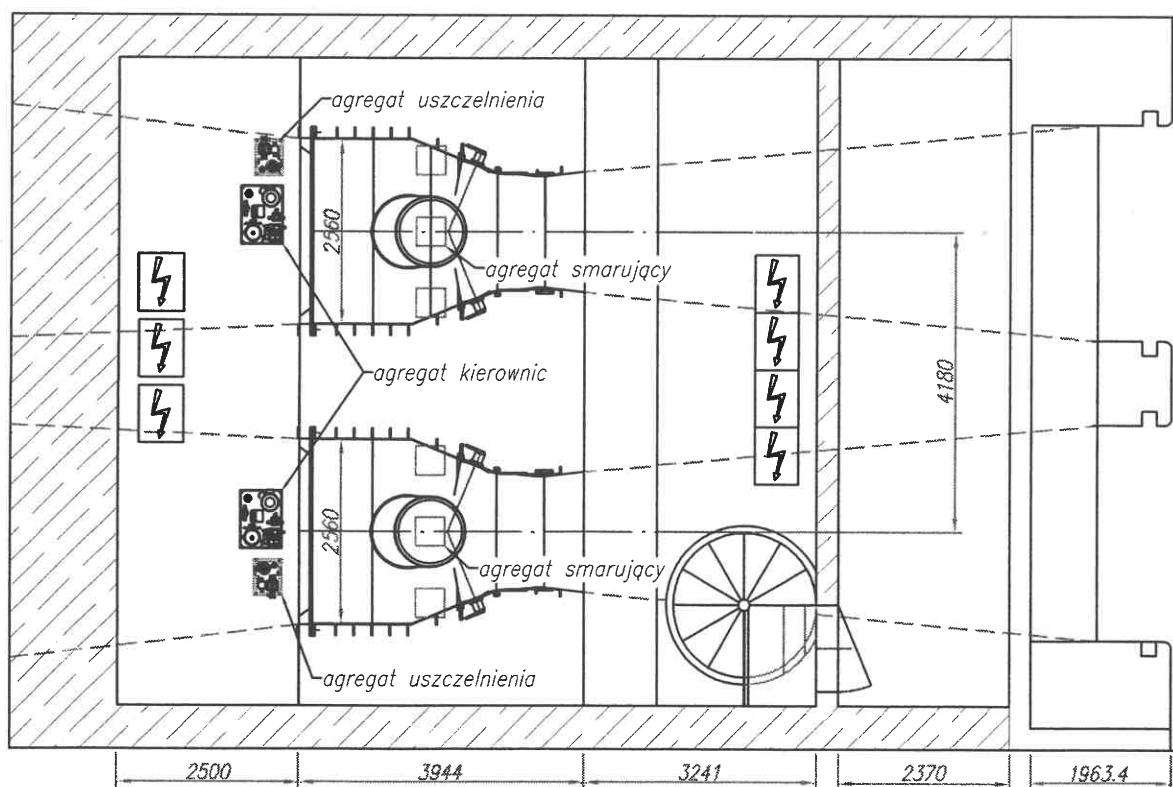
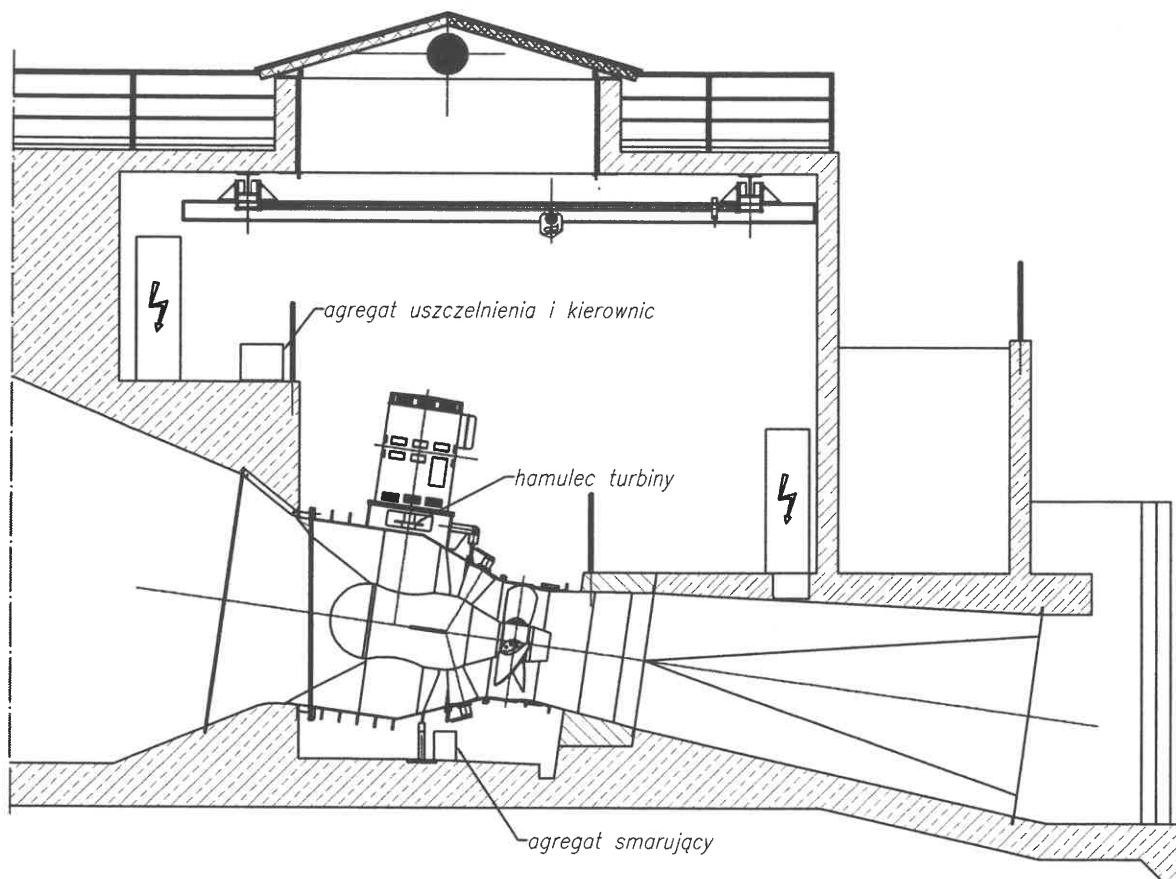
W trakcie dalszej eksploatacji należy

a) codziennie:

- sprawdzać, czy nie ma wycieków oleju z instalacji;
- zwracać uwagę na głośność pracy pomp olejowych.

b) raz w tygodniu:

- kontrolować stan zanieczyszczenia filtra olejowego na agregacie kierownic(wskaźnik na filtrze), w przypadku nadmiernego zanieczyszczenia wymienić wkład;
 - kontrolować ciśnienie oleju smarującego (manometr na rurce doprowadzającej olej do kostki sterującej łopatom wirnika);
 - kontrolować poziom i temperaturę oleju w zbiorniku agregatów hydraulicznych i turbiny;
 - kontrolować ciśnienie oleju w układzie akumulatora gazowo-olejowego agregatu kierownic;
 - kontrolować ciśnienie oleju w uszczelnieniu (manometr na agregacie uszczelnienia);
 - mierzyć poziom oleju w zbiorniku uszczelnienia, w przypadku zbyt dużego ubytku olej uzupełnić lub gdy ubytki będą bardzo częste, wymienić uszczelnienie na nowe
- c) raz na pół roku** (co 4 000 godz. pracy) skontrolować ciśnienie gazu w akumulatorze olejowo-gazowym;
- c) raz na półtora roku** (co 12 000 godz. pracy) wymienić olej w przekładni.
- d) po pięciu latach** (po 40 000 godz. pracy) dokonać przeglądu turbiny.
- W trakcie przeglądu sprawdzić stan uzębienia przekładni (prawidłowość śladu przylegania), stan mechanizmu przestawczego i uszczelnienia łopat wirnika, stan uszczelnień siłownika przestawiania łopat wirnika, stan wkładu elastycznego sprzęgła generatora, stan głowicy wprowadzania oleju, stan łopat kierownicy i wirnika. Wymienić uszczelnienie osiowe turbiny.
- e) po 10 latach** dokonać przeglądu akumulatora olejowo-gazowego;
- f) po 160 000 godzin** wyjąć turbinę, otworzyć przekładnię, sprawdzić stan uzębienia, jeżeli jest on dobry, profilaktycznie wymienić wszystkie łożyska przekładni. Nowe łożyska przed włożeniem na wał podgrzać w kąpeli olejowej do ok. 130°C. Wkładając na wał wywierać siłę tylko na pierścień wewnętrzny łożyska.



Rys. 4 Widok i przekrój przez halę maszyn.