



Politechnika Wroclawska

Zakład Miernictwa i Ochrony Atmosfery, W-9/I-20

Siłownie ciepłe – laboratorium

Urządzenia pomocnicze bloków ciepłowniczych

Instrukcja do ćwiczenia nr 4

Opracował: dr inż. Andrzej Tatarek

Wrocław, październik 2008 r.

1. Urządzenia i instalacje pomocnicze bloku BC-50 – zagadnienia ogólne

Praca urządzeń podstawowych: kotła OP-230 i turbiny 13P-55-0-3 jest uzależniona od działania szeregu urządzeń i instalacji pomocniczych, których część nosi nazwę urządzeń potrzeb własnych.

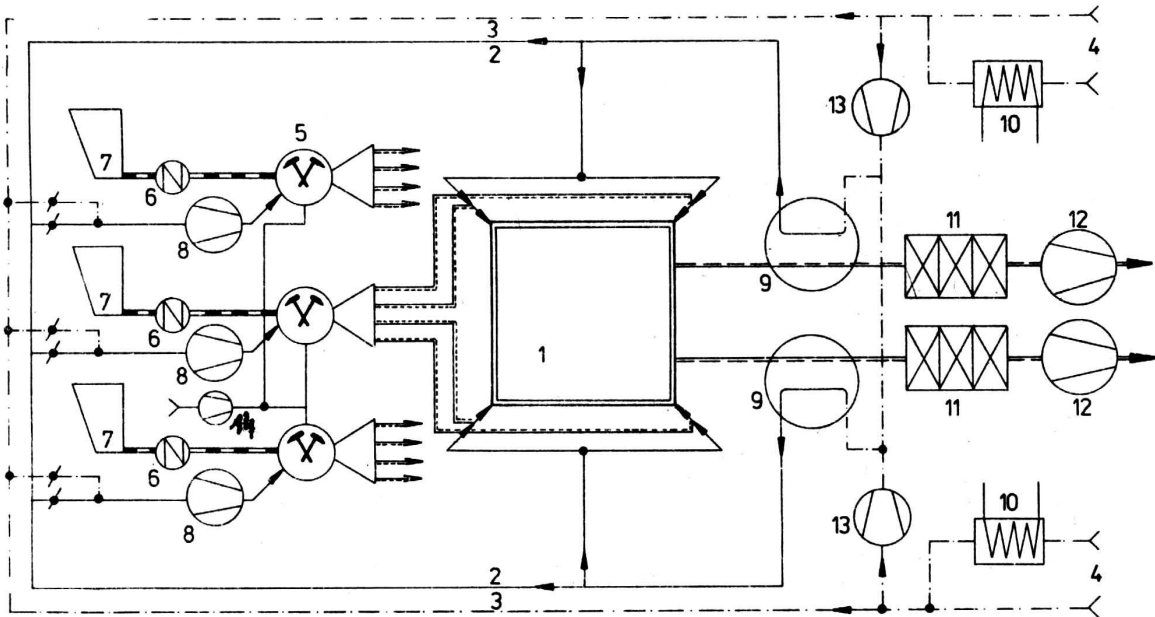
Tematem ćwiczenia są następujące urządzenia i instalacje pomocnicze bloku BC-50: układ przygotowania i podawania pyłu do kotła (w tym młyny i wentylatory), ciągi podgrzewania powietrza i usuwania spalin, pompy zasilające, podgrzewacze regeneracyjne oraz układy: olejowy, turbozespołu, wodorowy i chłodzenia stojana generatora oraz chłodzenia wodoru.

2. Instalacja przygotowania i podawania pyłu do kotła OP-230

Schemat instalacji przedstawiono na rysunku 1. Węgiel surowy z zasobników 7 dozownikami zgrzeblowymi 6 jest podawany do średniobieżnych młynów pierścieniowo-kulowych 5. Wentylatory młynowe 8 tłocząc mieszaninę powietrza gorącego i zimnego wentylują młyny, z których mieszanka podsuszonego pyłu węglowego i powietrza nośnego (pierwszego) jest podawana do każdego z palników umieszczonych w narożnikach komory paleniskowej kotła. Każdy z młynów zasila odpowiednie piętro palnika. Spaliny z kotła po przejściu przez obrotowe podgrzewacze powietrza 9 i elektrofiltry 11 są odsysane przez wentylatory ciągu 12 i tłoczone do komina.

Powietrze do spalania gorące i zimne jest zasysane z otoczenia poprzez czerpnie 4 (zimną poprzez podgrzewacze parowe 10) wentylatorami podmuchu 13 i wentylatorami młynowymi 8. Wentylatory młynowe 8 czerpią powietrze pierwsze z kanałów gorącego powietrza 2 i kanałów zimnego powietrza 3. Wentylatory podmuchu 13 tłoczą powietrze pierwsze i drugie do kanałów gorącego powietrza 2 i dalej do układów młynowych i palników. Numerem 14 oznaczono na schemacie dmuchawę uszczelniającą młynów, chroniącą układy smarowania i przekładnie młynów 7 przed wnikaniem pyłu węglowego.

W przypadku paliwa gwarancyjnego dla osiągnięcia pełnej wydajności kotła wystarcza praca dwóch młynów, trzeci jest zainstalowany jako rezerwowy. Szkic konstrukcyjna mlyna EM-70 przedstawiono na rys. 2. Elementami mielącymi mlyna są bieżnie pierścieni i 9 kul \varnothing 530 mm dociskanych pierścieniem i sprężynami.

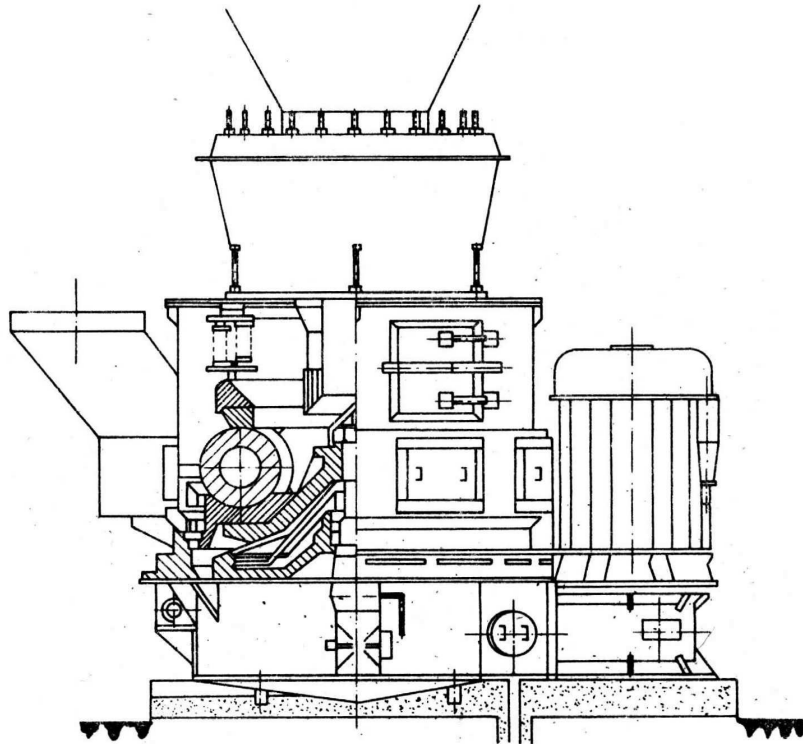


Rys. 1. Schemat układów przygotowania pyłu, podgrzewania powietrza i odprowadzania spalin z kotła OP-230

1 - kocioł, 2 - kanały gorącego powietrza, 3 - kanały zimnego powietrza, 4 - czerpnie, 5 - młyny, 6 - dozowniki, 7 - zasobniki węgla surowego, 8 - wentylatory młynowe, 9 - podgrzewacze powietrza, 10 - kaloryfery parowe, 11 - elektrofiltry, 12 - wentylatory ciągu, 13 - wentylatory podmuchu, 14 - dmuchawa uszczelniająca

Dane techniczne urządzeń:

- młyn węglowy pierścieniowo-kulowy
- typ średniobieżny EM-70
- wydajność dla węgla umownego 3,9 kg/s (14 Mg/h)
- rodzaj węgla kamienny
- maksymalna ziarnistość 0-20 mm
- maksymalna wilgotność 12%
- ciężar młyna bez silnika 48 Mg
- obroty młyna 48,7 obr/min
- moc silnika 160 kW
- obroty silnika 740 obr/min
- napięcie 6 kV
- wymiary gabarytowe 5000x3000x5000 mm (dł. x szer. x wys.)



Rys. 2. Młyn pierścieniowo-kulowy EM-70

Węgiel do młyna jest podawany dozownikiem zgrzeblowym napędzonym silnikiem elektrycznym przez przekładnię bezstopniową. Układ olejowy młyna jest chroniony przed wnikaniem pyłu przez utrzymywanie nadciśnienia powietrza w misce olejowej.

Nadciśnienie jest wytwarzane przez jedną, wspólną dla trzech młynów dmuchawę (druga dmuchawa stanowi rezerwę).

Dmuchawa młynowa:

- wydajność 0,007 m³/s
- całkowity przyrost ciśnienia 11,2 kPa
- obroty 2940 obr/min.

Wentylator młynowy:

- typ promieniowy, jednostrumieniowy
- wydajność 13,6 m³/s
- całkowity przyrost ciśnienia 7,85 kPa
- moc silnika 200 kW.

Każdy młyn współpracuje z własnym wentylatorem.

Obrotowy podgrzewacz powietrza:

- typ regeneracyjny podgrzewacz Ljungströma
- powierzchnia ogrzewalna 8400 m²
- średnica wirnika 4600 mm
- wysokość wirnika 1500 mm
- obroty wirnika 4,52 obr/min.

Kocioł OP-230 wyposażony jest w dwa podgrzewacze powietrza.

Wentylator spalin (ciagu):

- typ promieniowy, dwustrumieniowy
- wydajność ($T=503$ K) 72,3 m³/s
- całkowity przyrost ciśnienia 38,8 hPa
- obroty 735 obr/min
- moc silnika elektrycznego 320 kW.

Kocioł wyposażony jest w dwa wentylatory spalin.

Wentylator powietrza (podmuchu):

- typ promieniowy, jednostrumieniowy
- wydajność ($T=293$ K) 36,1 m³/s
- całkowity przyrost ciśnienia 2,25 kPa
- obroty 593 obr/min
- moc silnika 160 kW.

Kocioł jest wyposażony w dwa wentylatory powietrza.

3. Urządzenia ciepne - dane techniczne

Układ połączeń podgrzewaczy regeneracyjnych i pomp z kotłem i turbiną przedstawiono na schemacie układu ciepłego bloku BC-50 (rys. 3 w instrukcji nr 3), w tej części pozostaje zatem omówienie ich danych technicznych.

Podgrzewacz regeneracyjny niskopięny:

- typ podgrzewacza PK 180
- rodzaj powierzchniowy, pionowy, jednostrefowy
- powierzchnia przekazywania ciepła 180 m²

- parametry przestrzeni parowej:
 - ciśnienie 1,08 MPa
 - temperatura 250°C (523 K)
 - pojemność 1,6 m³
- parametry przestrzeni wodnej:
 - ciśnienie 270 kPa,
 - temperatura 111°C (384 K)
- pojemność 1,1 m³
- moc cieplna 8,15 MW

Podgrzewacz regeneracyjny wysokopreżny - pierwszy stopień:

- rodzaj powierzchniowy, pionowy, trójstrefowy
- powierzchnia przekazywania ciepła 210 m²
- parametry przestrzeni parowej
 - ciśnienie 1,47 MPa
 - temperatura 250°C (523 K)
 - pojemność 3,6 m³
- parametry przestrzeni wodnej
 - ciśnienie 20,7 MPa
 - temperatura 200°C (473 K)
 - pojemność 1,0 m³
- moc cieplna 9,08 MW

Podgrzewacz regeneracyjny wysokopreżny - drugi stopień:

- rodzaj powierzchniowy, pionowy, trójstrefowy
- powierzchni przekazywania ciepła 210 m²
- parametry przestrzeni parowej
 - ciśnienie 2,54 MPa
 - temperatura 350°C (623 K)
 - pojemność 3,1 m³
- parametry przestrzeni wodnej
 - ciśnienie 20,7 MPa
 - temperatura 225 °C

- pojemność 1,0 m³
- moc cieplna 9,28 MW

Pompa zasilająca:

- typ 200 CHP350-18/12 UC-OOF
- rodzaj wysokociśnieniowa, odśrodkowa
- wydajność ~71 kg/s
- maksymalna temperatura wody 158°C (431 K)
- ciśnienie na tłoczeniu 17,1 MPa
- sprawność pompy 0,78
- moc napędowa (zużywana) 1630 kW
- moc silnika 2000 kW

Blok BC-50 jest wyposażony w dwie pompy zasilające z jednakową regulacją obrotów sprzęgłem hydraulicznym. Zakres regulacji obrotów 2400-2900 obr/min. Regulacja zasilania jest dokonywana przez zmianę obrotów pompy przy wydajnościach 64-44,5 kg/s, poniżej 39 kg/s - regulacja dławieniowa. Jedna z pomp jest przeznaczona do pracy, a druga stanowi rezerwę.

4. Układ olejowy turbozespołu

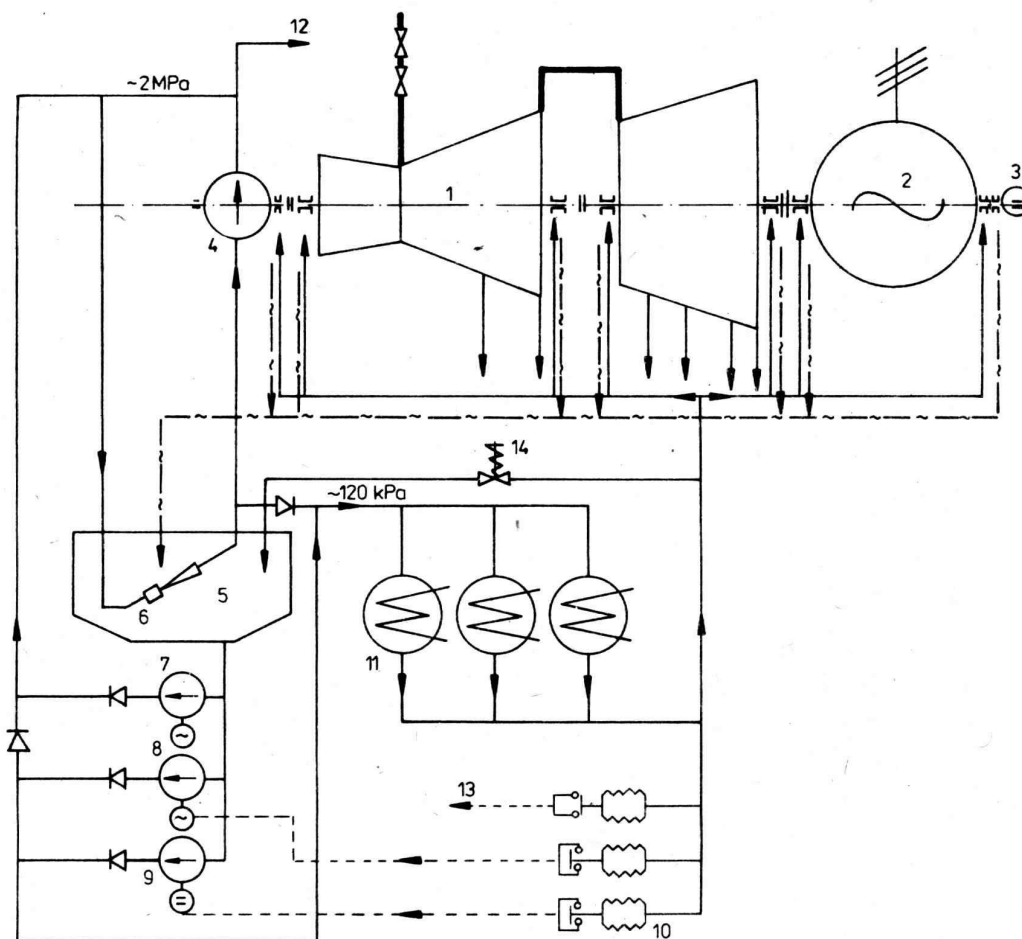
Zadania układu olejowego turbozespołu są zróżnicowane. Olej turbinowy służy do smarowania i chłodzenia łożysk turbozespołu, do napędów serwomotorów układu regulacji turbiny (serwomotory zaworów szybkozamykających, zaworów regulacyjnych) oraz do uszczelnienia wyprowadzeń wału turbogeneratorskiego chłodzonego wodorem. Schematy głównego układu olejowego i olejowego uszczelniania generatora przedstawiono na rysunkach 3 i 4.

Podstawowe zadania układu olejowego: smarowanie i napęd serwomotorów układu regulacji spełnia układ główny przedstawiony na rysunku 3.

W warunkach normalnej pracy główna pompa olejowa 4 napędzana przez turbinę tłoczy olej pod ciśnieniem 2 MPa do układu regulacji 12 oraz do smarowania i chłodzenia łożysk. Pompa tłoczy olej przez smoczek 6 zainstalowany w głównym zbiorniku olejowym 5 mieszczącym ok. 14 Mg oleju. Główny zbiornik olejowy jest węzłem łączącym układy smarowania, regulacji i uszczelniania we wspólnie działającą całość. Smoczek olejowy 6 spełnia funkcje: urządzenia redukującego ciśnienie oleju ~2 MPa do 120 kPa (smarowanie łożysk) i urządzenia wspomagającego pompę główną (zwiększenie ciśnienia na ssaniu). Olej smarny jest

podawany przez smoczek do chłodnic oleju 11, z których odpływa pod ciśnieniem do łożysk. Dopływy oleju do łożysk są kryzowane dla zapewnienia właściwego ich zasilania. Po przejściu przez łożyska olej spływa rurociągami do głównego zbiornika olejowego 5.

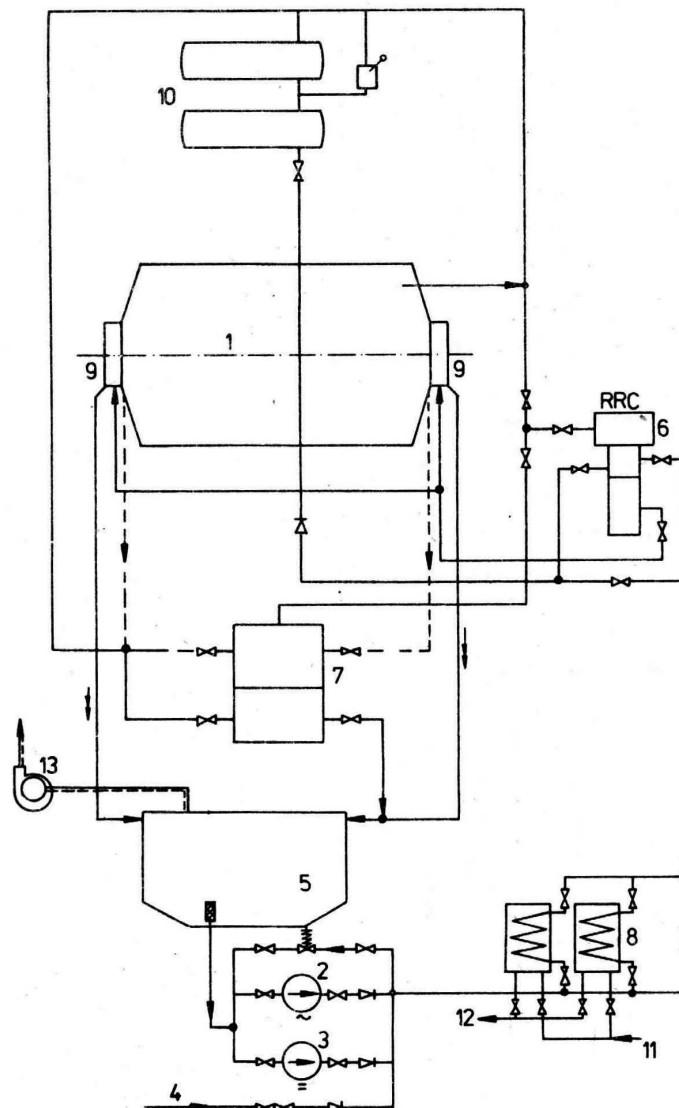
W celu zapewnienia właściwego smarowania łożysk w czasie rozruchu lub na wybiegu turbiny oraz do napędu układu regulacji zainstalowano w układzie olejowym 3 pompy elektryczne i zespół manostatów 10 służących do ich sterowania. Pompa rozruchowa 7 służy do wytwarzania pełnego ciśnienia niezbędnego do działania układu regulacji przed uruchomieniem turbiny oraz do zasilania układu smarowania łożysk. Pompa jest uruchamiana przez personel z nastawni blokowej.



Rys. 3. Schemat układu olejowego turbozespołu

1 - turbina, 2 - generator, 3 - wzбудnica, 4 - główna pompa olejowa, 5 - główny zbiornik olejowy, 6 - smoczek olejowy, 7 - pompa rozruchowa (2 MPa, 0,028 m³/s), 8 - pompa pomocnicza (232 kPa, 0,025 m³/s), 9 - pompa awaryjna (232 kPa, 0,025 m³/s), 10 - manostaty, 11 - chłodnica oleju, 12 - wysokociśnieniowy rurociąg oleju do układu regulacji, 13 - sygnał wyłączający obracarkę wału, 14 - zawór przelewowy ~ 130 kPa

Pompa pomocnicza 8 służy do podtrzymywania ciśnienia w układzie smarowania na wybiegu turbiny (gdy maleją obroty spada ciśnienie na tłoczeniu pompy głównej 4), pompa pomocnicza jest uruchamiana automatycznie przez monostat, gdy ciśnienie oleju spadnie poniżej 70 kPa. Pompa awaryjna 9 napędzana silnikiem prądu stałego (zasilana z akumulatorni) jest włączana automatycznie, gdy z powodu braku prądu przemiennego ciśnienie oleju spadnie poniżej 50 kPa. Trzeci monostat podaje sygnał 13 wyłączający obracarkę wału, gdy ciśnienie oleju smarnego przekroczy 30 kPa.



Rys. 4. Schemat układu olejowego uszczelnienia generatora.

1 - generator, 2,3 - pompy cyrkulacyjne, 4 - dopływ oleju z układu smarowania, 5 - główny odbiornik oleju, 6 - regulator różnicy ciśnienia, 7 - zbiornik podwójny – odgazowywacz, 8 - chłodnice oleju, 9 - uszczelnienia wału, 10 - zbiorniki wyrównawcze, 11,12 - dopływ i odpływ wody chłodzącej, 13 - wentylator

Układ olejowego uszczelnienia wału generatora (rys. 4) służy do zapewnienia wymaganej szczelności generatora chłodzonego wodorem pod ciśnieniem. Ze względu na wysokie ciśnienie wodoru w generatorze ~ 300 kPa uszczelnienie ma konstrukcję czołową. Czynnikiem uszczelniającym wał generatora jest film olejowy, tworzący się przy obrotach wirnika na styku powierzchni trących.

Układ uszczelniania wału generatora jest wyposażony w dwie pompy olejowe, podstawową 2 i awaryjną 3 (napędzaną silnikiem prądu stałego) podające olej do uszczelnień przez jedną z dwóch chłodnic 8.

Po schłodzeniu olej odplywa do automatycznego regulatora różnicy ciśnienia (RRC) 6, którego funkcja polega na utrzymywaniu stałego nadciśnienia oleju względem wodoru w wysokości ~ 70 kPa. Z regulatora RRC olej odplywa do uszczelnień wału. Przy obracającym się wirniku na styku pierścienia oporowego wału i wkładu uszczelniającego tworzy się film olejowy, który zapobiega ucieczce wodoru, a jednocześnie chłodzi i smaruje współpracujące powierzchnie. Większa część oleju przechodzi na stronę powietrza, skąd razem z olejem spływającym z łożysk jest odprowadzane rurociągami do głównego zbiornika olejowego 5. Około 5% oleju przedostaje się do wnętrza generatora, na stronę wodoru, skąd specjalnym układem drenazowym i rurociągami jest odprowadzana do tzw. zbiornika podwójnego 7, w którym olej ulega odgazowaniu. Po odgazowaniu olej spływa do głównego zbiornika oleju 5. Dla bezpieczeństwa pracy opary z głównego zbiornika oleju odsysane są wentylatorem 13 i wydmuchiwane do atmosfery ponad dachem maszynowni. Na wypadek awarii obu pomp elektrycznych lub układów ich zasilania w budynku głównym na poziomie zbiornika wody zasilającej zainstalowano dwa zbiorniki wyrównawcze 10 powalające na grawitacyjne zasilanie uszczelnień przez 30 min, tj. dłużej niż trwa wybieg turbozespołu.

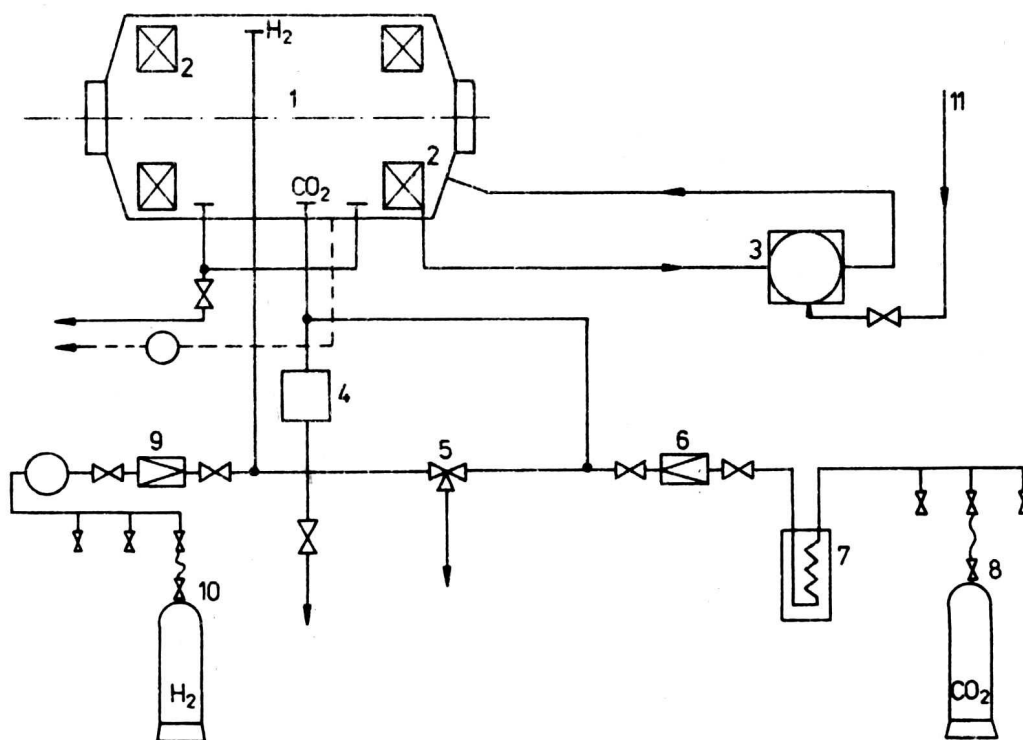
5. Układ gazowy generatora

Układ gazowy generatora spełnia następujące funkcje:

- umożliwia wymianę gazu chłodzącego,
- automatycznie utrzymuje ciśnienie wodoru w zadanych granicach,
- utrzymuje czystość wodoru większą lub równą wymaganej,
- automatycznie kontroluje czystość i ciśnienie wodoru.

Schemat układu gazowego generatora przedstawiono na rysunku 5. W obudowie generatora 1 są zainstalowane cztery chłodnice wodoru, na zewnątrz znajduje się osuszacz wodoru 3, którego zadanie polega na utrzymaniu maksymalnej suchości wodoru (stojan generatora i wódór w chłodnicach są chłodzone wodą, co stwarza możliwość zawilgocenia gazu).

Przełącznik "ciecz w generatorze" 4 służy do automatycznego opróżniania generatora w przypadku przecieków wody chłodzącej lub oleju do jego wnętrza.



Rys.5. Schemat układu gazowego generatora

1 - generator, 2 - chłodnice wodoru, 3 - osuszacz wodoru, 4 - przełącznik „ciecz w generatorze”, 5 - zawór wielodrożny, 6,9 - reduktor ciśnienia, 7 - podgrzewacz, 8,10 - stanowiska gazowe, 11 - doprowadzenie sprężonego powietrza

W eksploatacji systemów gazowych do opróżniania generatora do przeglądu lub naprawy oraz do napełniania generatora wodorem stosuje się gaz obojętny, najczęściej CO₂, aby nie dopuścić do powstania mieszaniny wybuchowej. Przy opróżnianiu generatora wypiera się wodór za pomocą dwutlenku węgla pobieranego z butli 8 poprzez podgrzewacz 7 i urządzenia redukujące ciśnienie 6. Wodór usuwa się do atmosfery (ponad dach maszynowni) przez zawór wielodrożny 5. Przed otwarciem generatora dwutlenek węgla wypiera się sprężonym powietrzem.

Przed napełnieniem generatora wodorem, powietrze usuwamy wtłaczając na jego miejsce CO₂. Po całkowitym napełnieniu generatora dwutlenkiem węgla (stałe analizuje się odpływający gaz) w miejsce CO₂ wprowadza się wodór z butli 10 poprzez urządzenia redukujące ciśnienie 9.

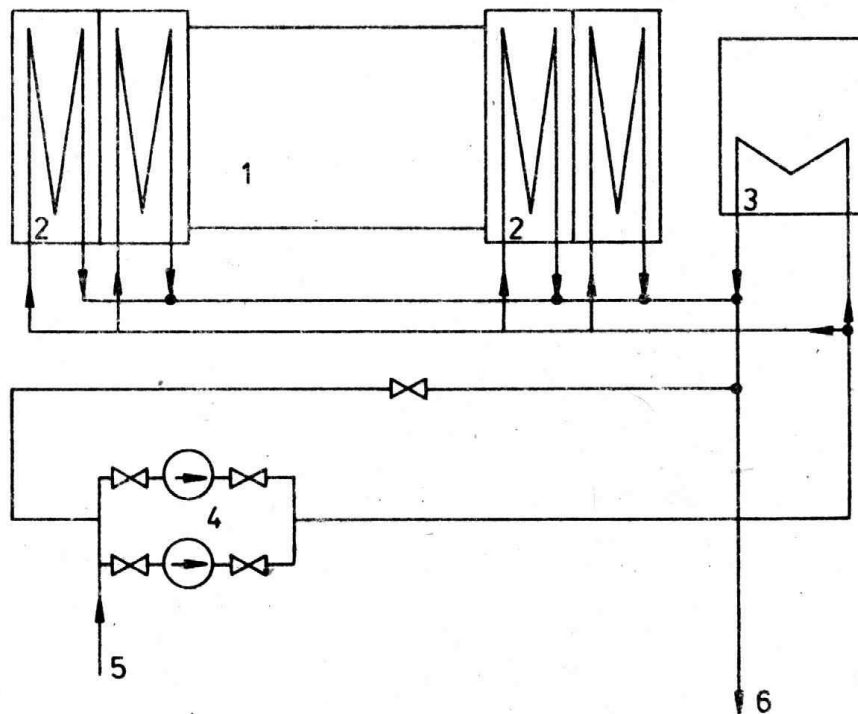
W celu kontroli pracy urządzeń gospodarki wodorowej układy smarowania uszczelnień oraz układy gazowe są fabrycznie oprzyrządowane odpowiednią aparaturą kontrolno-pomiarową i sygnalizacyjną. Ciśnienie wodoru w generatorze powinno być utrzymywana w granicach

wartości znamionowej, a zawartość wodoru w mieszaninie gazów chłodzących nie powinna być objętościowo mniejsza niż 95%.

6. Układy chłodzenia generatora

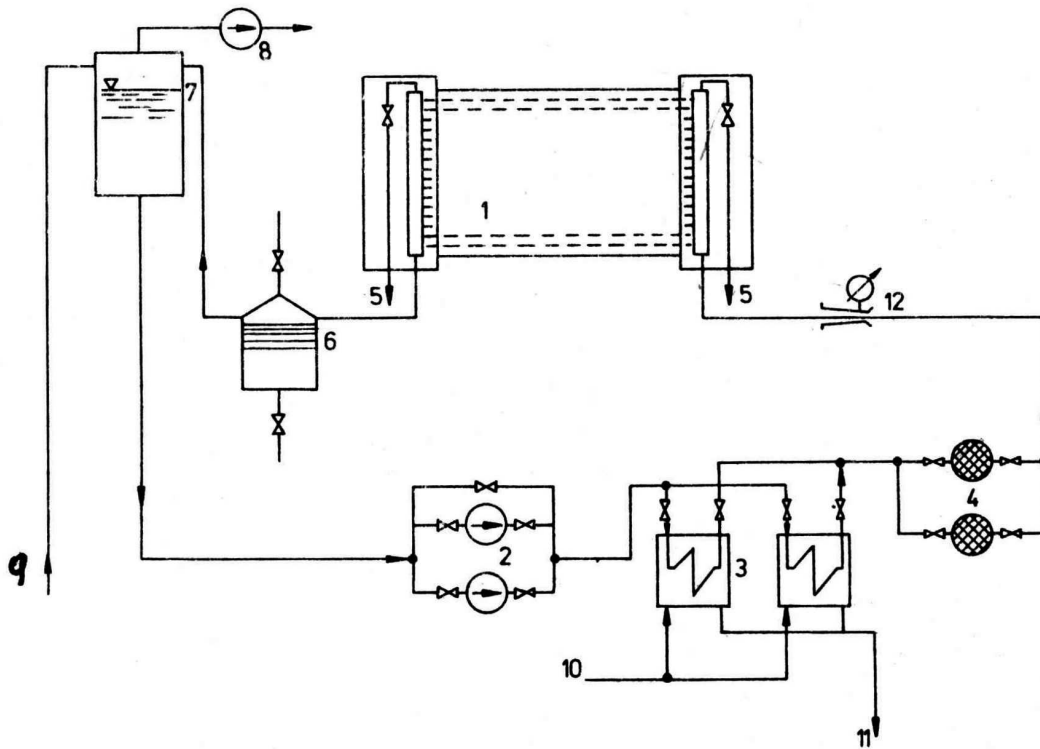
Dla zapewnienia właściwej sprawności generatora i utrzymania wymaganej wytrzymałości elektrycznej izolacji konieczne jest ciągle chłodzenie wodoru ochładzającego wirnik oraz wody zdemineralizowanej chłodzącej stojan.

Instalacje spełniające te funkcje przedstawiono na schematach na rysunkach 6 i 7. Układy te są na tyle proste, że ich działanie nie będzie tu objaśniane. Instalacja wodnego chłodzenia stojana jest wyposażona w przepływomierz z przekaźnikiem wyłączającym generator gdy natężenie przepływu spadnie poniżej wartości dopuszczalnej.



Rys. 6. Schemat układu chłodzenia wodoru

1 - generator, 2 - chłodnice wodoru, 3 - chłodnica powietrza chłodzącego wzbudnicę, 4 - pompy wody chłodzącej, 5 - dopływ wody chłodzącej, 6 - odpływ wody chłodzącej



Rys. 7. Schemat układu chłodzenia stojana generatora

1 - generator, 2 - pompy cyrkulacyjne, 3 - chłodnica woda/woda, 4 - filtry, 5 - odpowietrzenia, 6 - zbiornik wyrównawczy, 7 - zbiornik-odgazowywacz, 8 - pompa próżniowa, 9 - dopływ zdejonizowanej wody uzupełniającej, 10,11 - dopływ i odpływ wody chłodzącej (zewnętrznej), 12 - przepływomierz

Przy opracowaniu instrukcji korzystano z „Laboratorium procesów termoenergetycznych”, praca zbiorowa, t. 2, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1983.