

**INSTYTUT ELEKTROENERGETYKI
POLITECHNIKI ŁÓDZKIEJ
ZAKŁAD ELEKTROWNI**

LABORATORIUM POMIARÓW I AUTOMATYKI W ELEKTROWNIACH

MODEL BLOKU ENERGETYCZNEGO

Instrukcja do ćwiczenia

Łódź 1996

1. CEL ĆWICZENIA

Celem ćwiczenia jest poznanie podstawowych zasad dokonywania operacji łączeniowych w rozdzielniach.

2. PODSTAWOWE OKREŚLENIA

Wyprodukowana w turbozespołach energia elektryczna jest przekazywana przez układ wyprowadzenia mocy do systemu elektroenergetycznego. Układ elektryczny winien być tak skonstruowany, aby zapewnić jak największą niezawodność pracy, w sensie bezprzerwowego wyprowadzenia mocy z rozdzielni oraz ciągłego zasilania urządzeń potrzeb własnych. Zwykle jest to związane z prostotą układu i wynikającą stąd prostotą i wygodą obsługi, niezawodnością pracy poszczególnych elementów układu i łatwością przeprowadzania napraw i remontów. W układzie tym bardzo ważną rolę spełnia rozdzielnia główna elektrowni

Rozdzielnię stanowi zespół urządzeń służących do rozdzielania energii elektrycznej, przystosowany do jednego napięcia znamionowego. Rozdzielnia składa się z następujących elementów: aparatów rozdzielczych, szyn zbiorczych, elementów izolacyjnych i wsporczych, układów zabezpieczeń, sterownia i sygnalizacji. Elementy biorące bezpośredni udział w rozdziale energii tworzą **obwody pierwotne** natomiast pozostałe - **obwody wtórne** rozdzielni

Stacja elektroenergetyczna jest węzłem sieci elektroenergetycznej, który przyjmuje energię elektryczną i rozdziela ją na tym samym napięciu oraz transformuje ją na inne napięcie i rozdziela na tym innym napięciu. Można również określić stację jako obiekt, w którym znajdują się najczęściej dwie, a czasem trzy rozdzielnie (np. stacja 400/220/110 kV), przy czym powiązania między rozdzielniami różnych napięć stanowią autotransformatory.

Jedną z funkcji stacji jest wyłączanie i załączanie elementów sieci (linii, generatorów) Zależnie od funkcji stacji w sieci można wyróżnić stacje elektrowniane (węzły wytwórcze) oraz stacje sieciowe (węzły rozdzielcze i odbiorcze).

3. ELEMENTY ROZDZIELNI

Szynami zbiorczymi nazywamy zespół szyn (przewodów) stanowiących podstawowe wyposażenia toru głównego i służący do rozprowadzenia energii elektrycznej z pól zasilających do odbiorczych. Do szyn zbiorczych dołączone są poszczególne pola rozdzielni

Pole rozdzielni stanowi jej część, która spełnia określoną funkcję: zasilania rozdzielni (w stacji elektrownianej - pole generatorowe), zasilania odbioru (pole liniowe), łączenia sekcji szyn (pola sprzęgłowe) itp. Pole rozdzielni obejmuje część obwodów pierwotnych stacji oraz obwodów wtórnych.

Do przeprowadzania operacji łączeniowych w układzie elektrycznym elektrowni stosuje się łączniki: wyłączniki, rozłączniki i odłączniki. Poszczególne odłączniki spełniają określone funkcje.

Wyłącznik służy do załączania i wyłączania prądów roboczych i zwarciovych.

Rozłącznik przeznaczony jest do wyłączania prądów roboczych, a w niektórych wykonaniach również do wyłączania prądów przeciążeniowych i niewielkich prądów zwarciovych.

Zarówno wyłączniki jak i rozłączniki posiadają komorę gaszeniową, w której następuje gaszenie łuku elektrycznego powstającego podczas oddzielania zestyków (w komorze olejowej, próżniowej, magnetowydmuchowej itd.).

Odłączniki służą głównie do otwierania i zamykania obwodów elektrycznych w stanie bezprądowym (brak jest urządzeń do gaszenia łuku, ale widoczny jest stan położenia zestyków). Ich celem jest wytworzenie widocznej przerwy izolacyjnej w obwodzie prądowym. Odłączniki włączane są w szereg z wyłącznikiem.

Zgodnie z przeznaczeniem łączników kolejność operacji łączeniowych jest następująca:

- przy zamykaniu - najpierw odłącznik a następnie wyłącznik,
- przy otwieraniu - najpierw wyłącznik a następnie odłącznik.

W polu generatorowym oprócz łączników znajduje się **transformator blokowy**. Transformatory blokowe podwyższają napięcie wytwarzane przez generatory synchroniczne, w Polsce 6,3 kV, 10,5 kV, 13,8 kV, 15,75 kV, 20 kV, 22 kV, na napięcie sieci przesyłowej 110 kV, 220 kV, 400 kV.

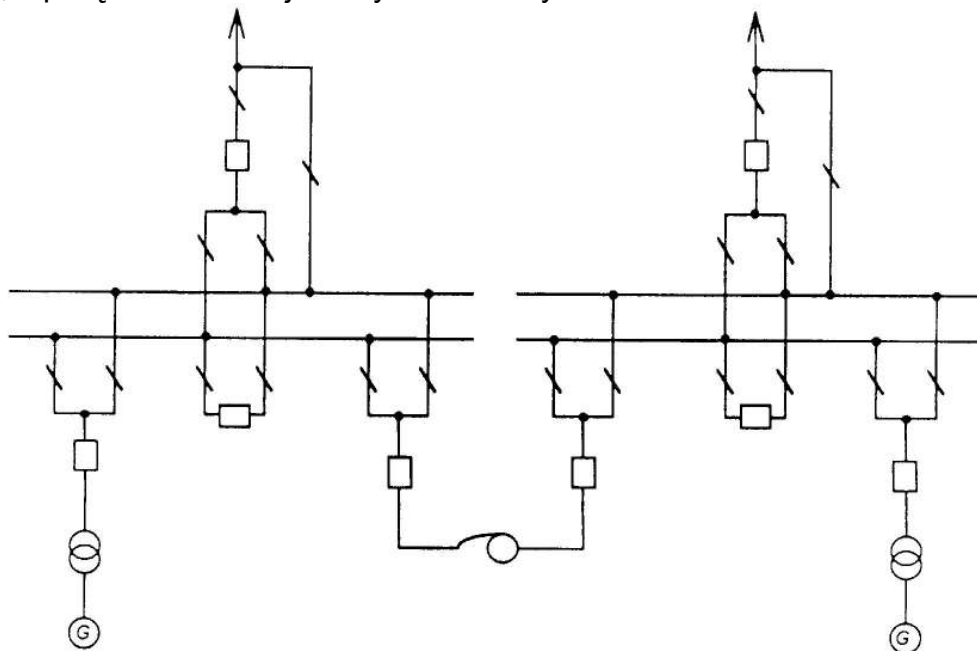
4. UKŁAD STACJI

Układy stacji są najczęściej określone układami szyn zbiorczych stacji i wyposażeniem w łączniki. Układ stacji winien spełniać następujące wymagania:

- duża niezawodność,
- korzystne walory ruchowe,
- jak najmniejsze koszty inwestycyjne,
- możliwość rozbudowy.

Zasadnicze układy stacji to: z pojedynczym systemem szyn zbiorczych, podwójnym systemem szyn zbiorczych, potrójnym systemem szyn zbiorczych, z szyną obejściową oraz bezszynowe.

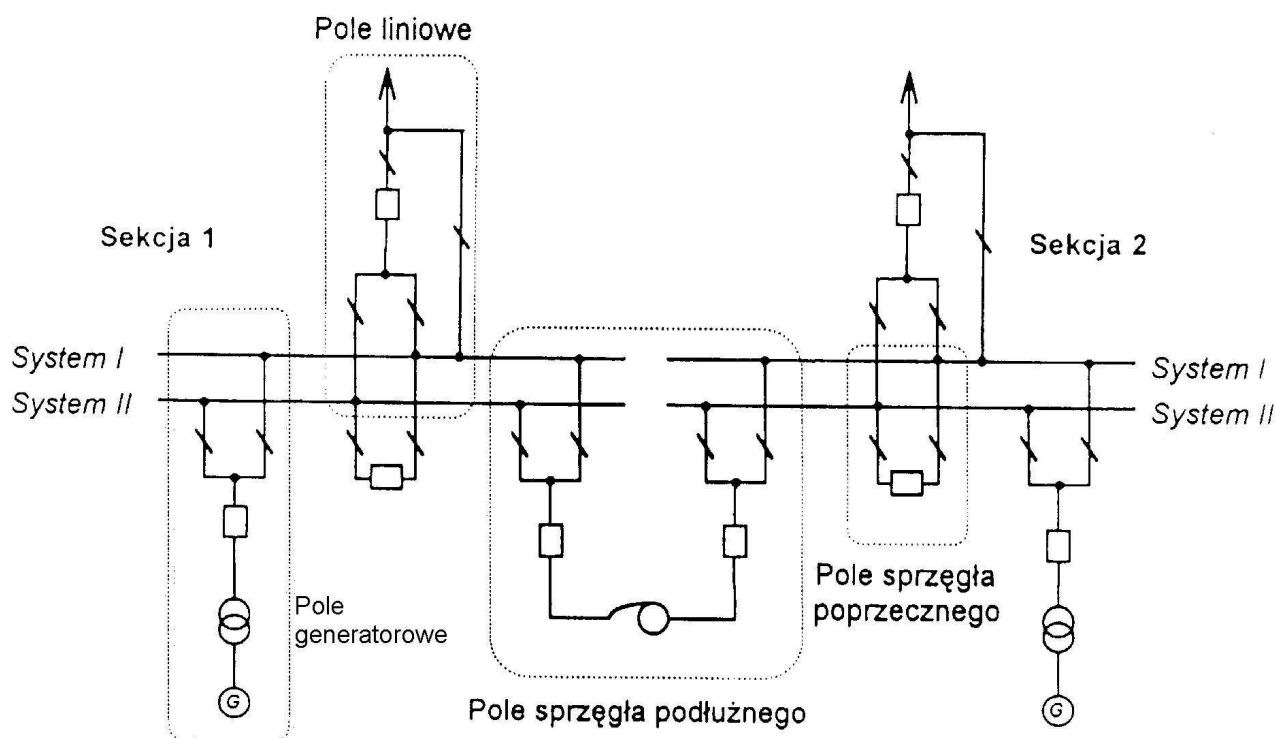
Na rysunku 1 przedstawiono układ rozdzielni z podwójnym systemem szyn zbiorczych, z połączeniem obejściowym od strony linii.



Rys. 1. Schemat rozdzielni

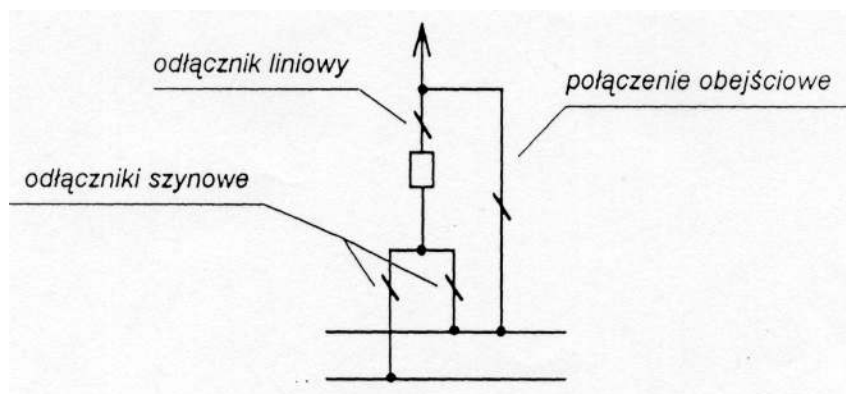
Podwójny system szyn zbiorczych umożliwia przełączanie obciążenia z jednego systemu szyn zbiorczych na drugi w przypadku uszkodzenia jednego z nich, dokonywanie prac konserwacyjnych na jednym z systemów podczas ruchu rozdzielni.

Na rysunku 2 zaznaczone zostały charakterystyczne pola rozdzielni oraz zilustrowane zostały pojęcia sekcji rozdzielni oraz systemu szyn zbiorczych.



Rys. 2. Schemat rozdzielni z charakterystycznymi polami

Na rysunku 3 pokazane zostały charakterystyczne elementy pola liniowego z szyną obejściową.



Rys. 3. Pole liniowe

Odłączniki szynowe w polu liniowym służą do odizolowania remontowanego wyłącznika od napięcia od strony szyn zbiorczych i utworzenie widocznej przerwy w obwodzie, zapewniającej bezpieczną pracę.

Otwarty odłącznik liniowy izoluje linię od napięcia od strony szyn zbiorczych w czasie wykonywania na niej prac remontowych, a także uniemożliwia pojawienie się napięcia od strony linii na aparatach pola. Napięcie to może pochodzić od stacji na drugim końcu linii albo przy wyłączonej linii - od przepięć atmosferycznych na trasie linii.

Ze wzrostem napięcia zwiększa się moc przesyłana linią oraz maleją możliwości dostarczenia mocy inną drogą. A zatem zachodzi potrzeba utrzymania w pracy linii podczas remontu wyłącznika i konieczność stosowania takiego schematu rozdzielni, który umożliwiałby pracę linii podczas remontu wyłącznika liniowego. Postulat ten w rozdzielniach szynowych spełnia połączenie obejściowe lub szyny obejściowe.

W przypadku potrzeby remontu wyłącznika liniowego wszystkie pracujące pola należy przyłączyć do systemu II (rys. 2) i zwolnić system I. Następnie należy zamknąć odłączniki i wyłącznik w sprzęgle poprzecznym oraz odłącznik w połączeniu obejściowym. Wówczas można otworzyć wyłącznik liniowy oraz wszystkie odłączniki w tym polu.

Linia jest przyłączona wówczas przez system I oraz wyłącznik w polu sprzęgła do systemu II. Wyłącznik w polu sprzęgła rezerwuje w ten sposób wyłącznik liniowy, a ewentualne zakłócenie od strony linii nie powinno spowodować wyłączenia generatora. Przygotowanie do remontu wyłącznika jest dość kłopotliwe, a liczne operacje łączeniowe stwarzają ryzyko pomyłek.

Czynności łączeniowe dokonywane są zdalnie przez obsługę stacji z budynku nastawni. Układ stacji oraz aktualny stan łączników odwzorowany jest na tablicy sterowniczej.

5. MODEL ROZDZIELNI

Ćwiczenia łączeniowe będą odbywać się na modelu rozdzielni, której schemat jest identyczny z rysunkiem 1. Ćwiczenie będzie w znacznym zakresie polegało na dokonywaniu typowych czynności łączeniowych, takich jak przygotowanie do synchronizacji generatora, przenoszenie obciążenia pomiędzy systemami I i II, łączenie sekcji 1 i 2 rozdzielni (synchronizacja sekcji), praca linii przez szynę obejściową. Dlatego wskazanym jest, aby odrabiający ćwiczenie przemyśleli wcześniej kolejność dokonywania czynności łączeniowych w wymienionych sytuacjach. Podczas dokonywania łączy należy przestrzegać zasady, aby zaplanowane czynności dokonywać przechodząc do kolejnych pól rozdzielni zamiast jednoczesnego manewrowania łącznikami w kilku polach, co stwarza możliwość pomyłki.

Czynności łączeniowych dokonuje się z tablicy sterowniczej. Położeniu łączników w schemacie elektrycznym rozdzielni odpowiadają pokrętła sterowników (kwitowników). Odłącznikom odpowiadają sterowniki z podstawką okrągłą, a wyłącznikom – z podstawką kwadratową.

W modelu zastosowano sygnalizację świetlną:

- światło ciągle oznacza zgodność położenia pokrętła sterownika i stanu łącznika,
- światło migające oznacza brak zgodności położenia pokrętła sterownika ze stanem łącznika.

W modelu zastosowane zostały blokady uniemożliwiające nieprawidłowe użycie odłączników. Blokady te można sklasyfikować następująco:

- blokada od każdego wyłącznika działająca na odłączniki w jego polu, uniemożliwia otwarcie i zamknięcie odłączników przy zamkniętym wyłączniku - blokada działa gdy wyłącznik jest zamknięty;
- blokada od sprzęgła poprzecznego (od wszystkich trzech łączników w sprzęgle) działająca na pary odłączników szynowych i uniemożliwia jednoczesne zamknięcie odłączników przy otwartym sprzęgle - blokada działa gdy sprzęgło jest otwarte,
- blokada działająca na odłącznik w połączeniu obejściowym pola liniowego, uniemożliwia zmianę stanu tego łącznika, gdy nie ma równoległej drogi przepływu prądu dla połączenia obejściowego; równoległa droga przepływu możliwa jest do osiągnięcia dwoma sposobami: poprzez pole liniowe oraz poprzez sprzęgło poprzeczne.

6. SPRAWOZDANIE Z ĆWICZENIA

W sprawozdaniu powinien znaleźć się krótki opis modelu rozdzielni wraz ze schematem elektrycznym. Następnie należy opisać wykonane w ćwiczeniu czynności łączeniowe i zilustrować je stosownymi rysunkami.

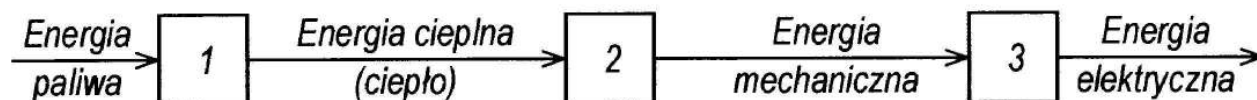
MODEL BLOKU ENERGETYCZNEGO

1. CEL ĆWICZENIA

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z pracą bloku energetycznego.

2. WPROWADZENIE

Elektrownią ciepłą nazywa się zakład produkujący energię elektryczną na skalę przemysłową i wykorzystujący do tego celu energię paliw organicznych (konwencjonalnych) lub jądrowych. Układ przemian energetycznych w większości elektrowni ciepłych jest trójstopniowy (Rys. 1). W rezultacie spalania paliwa organicznego (lub rozszczepienia paliwa jądrowego) wywiązuje się energia cieplna, która jest przekazywana czynnikowi roboczemu wykonującemu pracę w silniku cieplnym. W prądnicie napędzanej przez silnik cieplny następuje zamiana energii mechanicznej na energię elektryczną.



Rys. 1. Ideowy schemat przemian energii w elektrowni ciepłej;

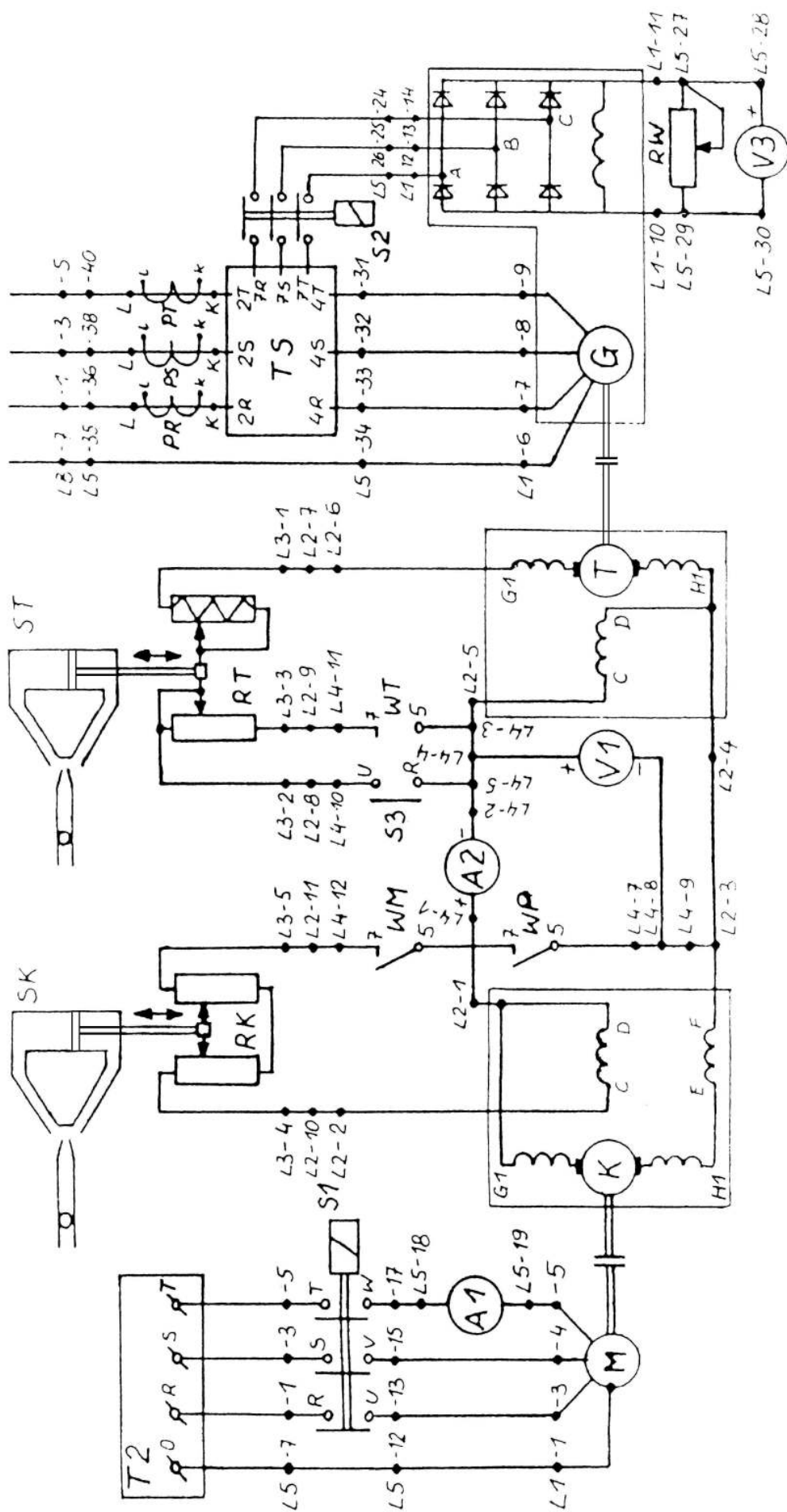
1 - kocioł parowy (komora spalania, reaktor), 2 - silnik cieplny (turbina parowa lub gazowa, tłokowy silnik spalinowy), 3 – prądnicą

W zależności od rodzaju silnika cieplnego elektrownie ciepłe dzielą się na:

- elektrownie parowe klasyczne (konwencjonalne), w których czynnikiem roboczym jest wytworzona w kotle para wodna, wykonująca pracę w turbinie parowej,
- elektrownie parowe jądrowe, w których energii cieplnej dostarcza czynnikowi roboczemu proces rozszczepiania paliw jądrowych w reaktorze,
- elektrownie gazowe, w których czynnikiem roboczym jest gaz będący produktem spalania paliwa i wykonujący pracę w turbinie gazowej,
- elektrownie spalinowe, z silnikami spalinowymi tłokowymi (najczęściej Diesla).

Stosowane są także układy gazowo-parowe, stanowiące kombinację elektrowni gazowej i parowej.

Do elektrowni ciepłych zaliczyć można także elektrownie wyposażone w generatory magnetohydrodynamiczne, termoelektryczne i termojonowe, w których jest realizowany prostszy, dwustopniowy układ przemian, oraz elektrownie z ogniwami paliwowymi, w których występuje jednostopniowy (bezpośredni) układ przemian. Elektrownie te znajdują się ciągle w stadium rozwoju i nie mają istotnego znaczenia dla produkcji energii elektrycznej na skalę przemysłową.



3. KONSTRUKCJA MODELU

Podczas wykonywania ćwiczenia należy zapoznać się z maszynowym modelem bloku energetycznego. W modelu tym starano się o wykorzystanie w maksymalnie możliwy sposób rzeczywistych elementów występujących w elektrowniach oraz taką konstrukcję, aby praca modelu w możliwie wierny sposób odzwierciedlała pracę obiektu rzeczywistego (bloku energetycznego).

Model składa się z dwóch zasadniczych części: części elektrycznej i części hydraulicznej (Rys.2). Poszczególne elementy rzeczywistego bloku zostały odtworzone poprzez zespoły maszyn elektrycznych i układ hydrauliczny.

W modelu rolę podajnika węgla spełnia obwód wzbudzenia szeregowo-bocznikowej prądnicy prądu stałego **K**, będącej z kolei odpowiednikiem kotła. Młyn węglowy imitowany jest przez silnik asynchroniczny **M** napędzający prądnicę prądu stałego. Wykonana jest również, występująca w układach rzeczywistych, blokada napędu młyna i podajnika. Podajnik węgla (wzbudzenie prądnicy **K**) zostaje uruchomiony dopiero wtedy, gdy pracuje młyn węglowy (silnik asynchroniczny **M**). W wypadku przerwy w pracy młyna następuje automatyczne zatrzymanie podajnika (przerwa obwodu wzbudzenia prądnicy prądu stałego). Celem tej blokady jest niedopuszczenie do zasypania młyna.

Modelowym odpowiednikiem turbiny jest zasilany przez prądnicę szeregowo-bocznikową (kocioł) **K** - silnik bocznikowy prądu stałego **T**, który z kolei napędza synchroniczny generator trójfazowy **G**.

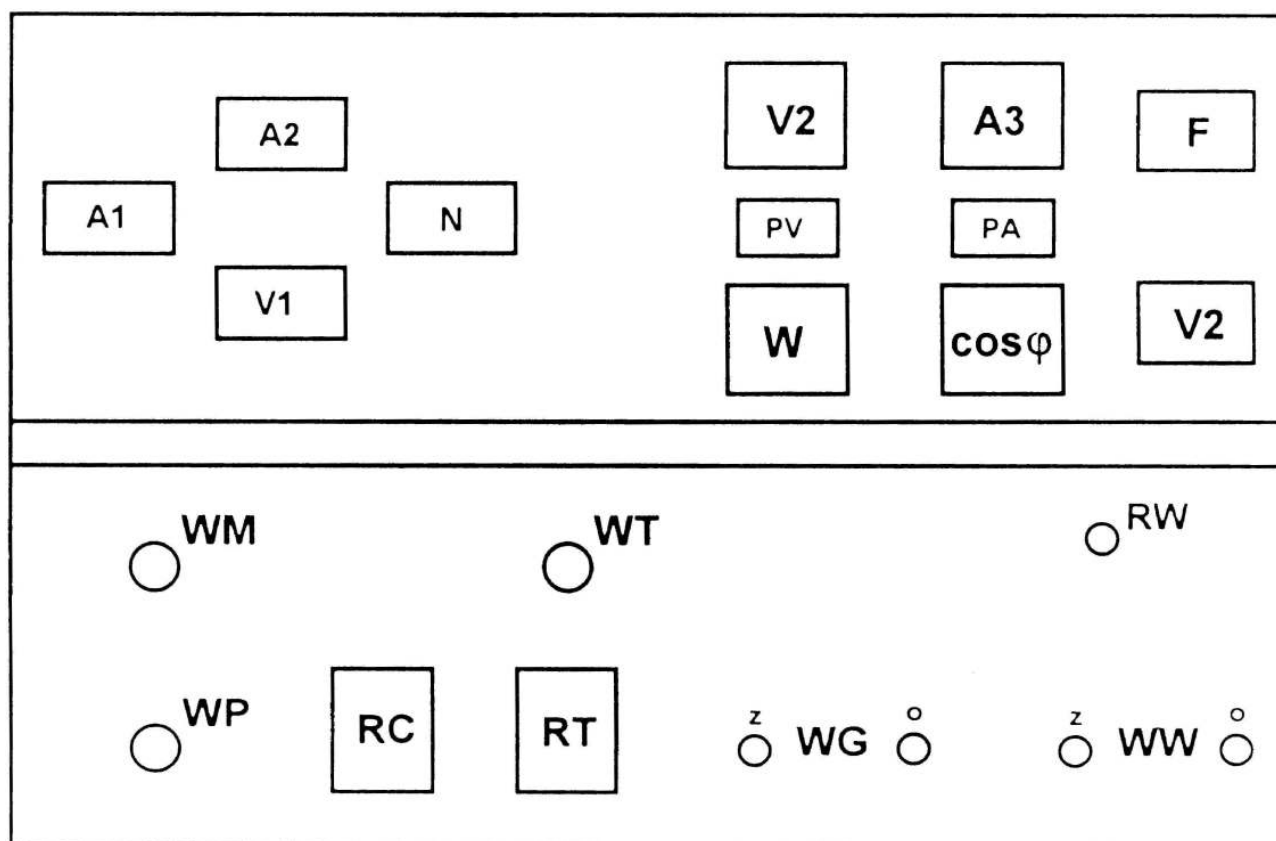
Z układem maszynowym współpracuje układ hydrauliczny, co umożliwia lepsze odtworzenie właściwości dynamicznych rzeczywistego bloku energetycznego. W układzie tym występują dwa liniowe siłowniki hydrauliczne wraz ze sterownikami energii pomocniczej typu rurka strumieniowa sterowane regulatorami ciągłymi. Jeden z siłowników (**SK**) powoduje, poprzez zmianę oporności **RK** w obwodzie wzbudzenia prądnicy **K**, zmianę generowanego przez nią napięcia, co odpowiada zmianie ciśnienia pary w kotle. Tak więc zmiana oporności **RK** odpowiada zmianie strumienia paliwa dostarczonego do kotła. Za pomocą drugiego siłownika **ST** dokonuje się rozruchu silnika **T** (turbiny) oraz po synchronizacji generatora **G** z siecią energetyczną, zmian jego obciążenia. Tak więc opór **RT** stanowi odpowiednik zaworu regulacyjnego turbiny występującego w układzie rzeczywistym. Prąd płynący do silnika **T** odpowiada strumieniowi pary płynącemu do turbiny.

Sterowanie oraz kontrola pracy modelu odbywa się z pulpitu sterowniczego zaopatrzonego w niezbędną aparaturę kontrolno-pomiarową, której rozmieszczenie przedstawiono na rys.3.

4. PROGRAM ĆWICZENIA

4.1. *Uruchomienie układu nawęglania, kotła oraz turbiny*

Wyłącznikiem młyna należy załączyć silnik asynchroniczny napędzający prądnicę prądu stałego. Po załączeniu wyłącznika podajnika następuje wzbudzenie prądnicy prądu stałego oraz uruchomienie turbiny (silnika prądu stałego). Za pomocą przycisków - regulacja prędkości obrotowej - należy dokonać całkowitego rozruchu turbiny (sprowadzenie oporu **RT** do zera).



Rys. 3. Schemat pulpitu sterowniczego

- A1 - pomiar prądu fazowego silnika **M** (odpowiednik strumienia paliwa dostarczonego do kotła);
- V1 - pomiar napięcia prądnicy **K** (odpowiednik ciśnienia pary w kotle);
- A2 - pomiar natężenia prądu obciążenia prądnicy - płynącego do silnika **T** (odpowiednik strumienia pary dopływającego do turbiny);
- N - pomiar prędkości obrotowej silnika bocznikowego prądu stałego **T** (turbiny) i prądnicy trójfazowej **G** (generatora);
- V2 - pomiar napięć fazowych i międzyfazowych generatora **G**;
- PV - przełącznik woltomierza V2;
- A3 - pomiar prądów fazowych generatora **G**;
- PA - przełącznik amperomierza A3;
- W - pomiar mocy czynnej generatora **G**;
- $\cos \varphi$ - pomiar współczynnika mocy generatora **G**;
- f - pomiar częstotliwości napięcia generatora **G**;
- V3 - pomiar napięcia wzbudzenia generatora **G**;
- WP - wyłącznik napięcia wzbudzenia prądnicy **K** (podajnika węgla);
- WM - wyłącznik silnika **M** (młyna węglowego);
- RC - regulacja napięcia prądnicy **K** (ciśnienia pary w kotle);
- WT - wyłącznik silnika **T** (turbiny);
- RT - regulacja prędkości obrotowej i mocy silnika **T** (turbiny);
- WG - wyłącznik generatora **G**;
- WW - wyłącznik wzbudzenia generatora **G**;
- RW - regulacja napięcia wzbudzenia generatora **G**.

4.2. Wzbudzenie generatora synchronicznego

Przyciskami - regulacja strumienia paliwa - należy doprowadzić generator do prędkości obrotowej zbliżonej do 3000 obr/min, a następnie wyłącznikiem wzbudzenia dokonać wzbudzenia generatora.

4.3. Synchronizacja generatora z siecią

Synchronizacji dokonuje się za pomocą kolumny synchronizacyjnej. Aby móc dokonać synchronizacji należy spełnić cztery warunki:

- zgodność kolejności następowania po sobie faz napięcia generatora i sieci - warunek ten jest w modelu trwale spełniony;
- zgodność fazy generowanego napięcia z fazą napięcia sieci - warunek ten sprawdza się bezpośrednio za pomocą kolumny synchronizacyjnej;
- równość częstotliwości wytworzonego przez generator napięcia z częstotliwością napięcia sieci - dokonuje się tego zmieniając prędkość obrotową generatora za pomocą przycisków - regulacja strumienia paliwa;
- równość wartości napięcia generatora z wartością napięcia sieci - za pomocą pokrętki - regulacja napięcia - zrównuje się wartość generowanego napięcia z napięciem sieci.

4.4. Obciążenie generatora

Obciążenie generatora dokonuje się za pomocą przycisków - regulacja prędkości obrotowej, poprzez zmniejszenie wartości oporu RT (otwarcie zaworu regulacyjnego).

Dla podanego, przez prowadzącego ćwiczenie, obciążenia należy odczytać następujące wartości: napięcia, prądu oraz mocy czynnej wytworzonej przez generator, a następnie obliczyć współczynnik mocy $\cos\phi$.

5. WYKONANIE SPRAWOZDANIA

W sprawozdaniu należy zamieścić:

- krótki opis wykonywanych czynności,
- wyniki pomiarów i obliczeń,
- uwagi i wnioski.