

3. Podgórski A.: Niektóre zagadnienia techniki pomiarowej przy próbach zwarciovych. Przegląd Elektrotechniczny 1953, z.11/12.
4. Podgórski A.: Pomiar wielkich prądów zmiennych przy pomocy boczników oraz przekładników prądowych. Prace Instytutu Elektrotechniki 1955, z.13.
5. Szpor S.: Wytrzymałość elektryczna i technika izolacyjna. PWN, W-wa 1960.
6. Winarski W.: Boczniki wielkoprądowe w zwarciozni KWN i PR Politechniki Gdańskiej. Przegląd Elektrotechniczny 1955, z.6, s.391-396.

#### 1.6. Opis laboratorium zwarcioowego Katedry Aparatów Elektrycznych Politechniki Warszawskiej

W roku 1954 rozpoczęto budowę, a w latach 1959-1960 uruchomiono w Katedrze Aparatów Elektrycznych P.W. laboratorium zwarcioowe małej mocy składające się z dwóch zasadniczych układów probierczych:

- układ zwarcioowy prądu stałego umożliwiający przeprowadzenie badań przy napięciu do 720 V i prądzie do 30 kA,

- układ zwarcioowy wielkoprądowy prądu zmiennego umożliwiający przeprowadzanie badań wielkoprądowych w zakresie do ~150 kA przy napięciu 110 V.

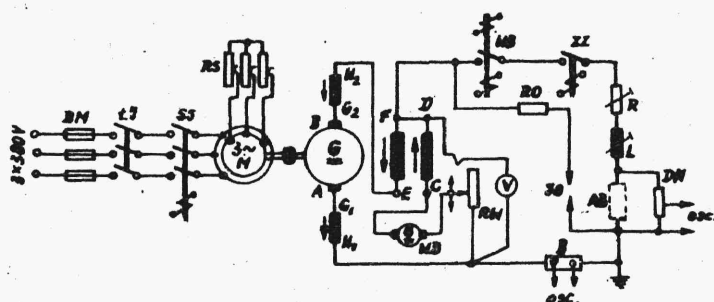
Dodatkowo w zakresie mocy zwarcioowych do ~10 MVA układ ten umożliwia przeprowadzanie jednofazowych badań łączeniowych przy napięciach 110, 220, 440, 880 V  $\pm$  15%.

Niżej podany jest krótki opis powyższych układów, traktowany jako wprowadzenie do wykonywanych w laboratorium zwarcioowym ćwiczeń.

##### 1.6.1. Główny schemat elektryczny układu zwarcioowego prądu stałego (rys.42).

Źródłem energii dla obwodu probierczego jest przystosowana do prób zwarcioowych prądnica prądu stałego (produkcji Siemens-Schuckert Werke) o mocy znamionowej 1500 kW przy prądzie znamionowym 3000 A (G). Prądnicę tę charakteryzuje wysoki stopień stałości napięcia przy obciążeniu zwarcioowym, dzięki do-

datkowemu uzwojeniu wzbudzającemu, połączonemu szeregowo z twornikiem. Pracuje ona w układzie samowzbudnym z dodatkową



Rys.42. Schemat obwodów głównych układu zwarciowego prądu stałego: BM - bezpieczniki wielkiej mocy 225 A, LJ - łącznik izolacyjny 200 A, 500 V; SS - stycznik 350 A, 500 V; M - silnik napędowy, RS - rozrusznik olejowy; G - prądnica prądu stałego typu GMS 401/30, 2x250 V, 3000 A, 2x260 V, 2800 A, 1480 kW, 1000 obr/min, AB - zaciski twornika, CD - uzwojenie bocznikowe,  $G_1H_1$  i  $G_2H_2$  - uzwojenia komutacyjne,

EF - uzwojenie szeregowe biegunów głównych, RW - opornik nastawiania wzbudzenia, WD - wzbudnica dodawcza, WB - wyłącznik szybki, ZZ - wyłącznik zwarciowy, R - zestaw oporników żelaznych, L - dławik wielkopiętrowy (2,1-320 mΩ, 50 Hz), AB - aparat badany, B - bocznik do pomiaru prądu, DN - dzielnik napięcia, JO - iskiernik ochronny z iskiernikiem ograniczającym

wzbudnicą obciążoną o mocy 20 kW przy 220 V, włączaną w przypadku prób przy napięciach wyższych od 600 V.

Do napędu prądnicy zwarciowej użyto silnika asynchronicznego (M) 380 V o mocy znamionowej 80 kW z rozrusznikiem oporowym. Zastosowanie silnika o tej mocy zapewniło stosunkowo krótki czas (około 1 minuty)

rozruchu połączonego sprzęgłem sztywnym zespołu. Czas wybiegu zespołu wynosi około 5 min. Przy ruchu jałowym prądnicy wzbudzonej do napięcia znamionowego silnik napędowy jest obciążony w ~ 65% swej mocy znamionowej, skąd wynika pewien zapas mocy napędowej w granicach dopuszczalnej obciążalności silnika, zależnie od czasu trwania próby. Możliwość taka jest cenna w przypadku zapotrzebowania wyższego napięcia stałego niż to, które otrzymuje się z typowych źródeł prądu stałego.

Wyłącznikiem bezpieczeństwa (WB) jest odpowiednio przystosowany wyłącznik szybki typu WAB-2, 600 V, 3000 A. Ze względu na znaczne zużywanie się jego styków przy załączaniu, wyposażono obwód w dodatkowy łącznik, przeznaczony głównie do zamykania obwodu zwartego (ZZ). Do tego celu wykorzystano łącznik trakcyjny typu RPM-1000.

Do nastawiania prądu zwarcowego w obwodzie probierczym zastosowano zestaw oporników żeliwnych chłodzonych powietrzem (R). Zestaw ten składa się z sześciu oporników 12-segmentowych. Oporność każdego opornika wynosi ok.  $380 \text{ m}\Omega$  przy szeregowym połączeniu segmentów. Ponieważ segmenty jednego opornika mogą być łączone dowolnie, tak jak i oporniki między sobą, przeto nastawianie prądu probierczego jest - przy danym napięciu prądnicy - stosunkowo drobnostopniowe.

Nastawianie stałej czasowej obwodu probierczego (konieczną przy próbach prądu stałego) uzyskuje się wykorzystując bezrdzeniowy dławik wielkoprądowy (L), zbudowany z 35 cewek. Zakres nastawiania indukcyjności dławika wynosi od 6,8 do  $1020 \mu\text{H}$ , wytrzymałość dynamiczna  $\geq 50 \text{ kA}$ , a jednosekundowa wytrzymałość cieplna -  $30 \text{ kA}$ .

W przypadku badań prądami mniejszymi, np. przy wyznaczaniu wartości prądu krytycznego łącznika prądu stałego, zakres nastawiania oporności indukcyjnej i czynnej obwodu może okazać się niewystarczający. Wtedy używa się zestawów dodatkowych przenośnych dławików bezrdzeniowych i oporników drutowych, pozwalających na zachowanie praktycznie wszelkich wymagań probierczych, związanych z próbami łączników prądu stałego niskiego napięcia.

Wyposażenie obwodu probierczego uzupełniają: bocznik wielkoprądowy (B) i dzielnik (DN) napięcia. Bocznik wielkoprądowy, budowy prętowej, ma 1-sekundową wytrzymałość cieplną  $15 \text{ kA}$  i oporność odcinka pomiarowego  $31,2 \mu\Omega$ . W przypadku prób prądami mniejszymi używa się dodatkowe boczników przyrządowych, paskowych.

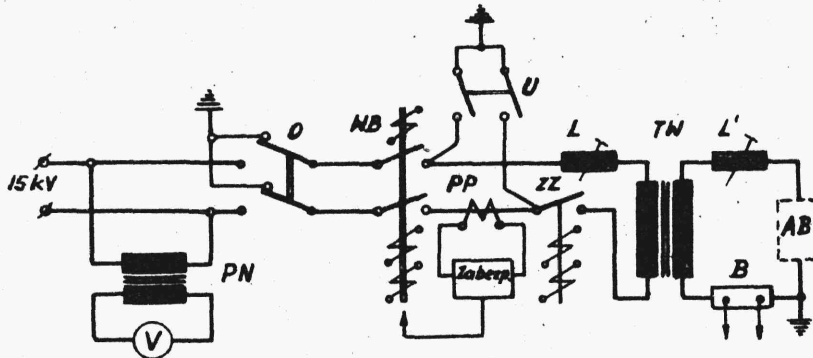
Do pomiaru napięcia używa się zestawu laboratoryjnych dzielników oporowych, przystosowanego do pracy ciągłej przy napięciu  $600 \text{ V}$ . Dzięki wielostopniowej przekładni tych dzielników uzyskuje się dogodnie i łatwe nastawianie napięcia wyjściowego. Zapis przebiegów napięciowych jest wykonywany oscylografem pętlicowym lub oscylo-synchroskopem.

Jako zabezpieczenia od przepięć łączeniowych mogących doprowadzić do uszkodzenia izolacji prądnicy zainstalowano iskier-  
nik ochronny (JO) o regulowanym odstępie na napięcie przebicia do  $2000 \text{ V}$ . Prowadzone dotąd obserwacje pracy prądnicy przy

próbach zwarciovych prądami do  $\sim 10$  kA nie wskazują na zagrożenie kumulatorem pasmem ognia.

### 1.6.2. Główny schemat elektryczny zwarciovego układu wielkoprądowego prądu zmiennego (rys.43)

Źródłem energii dla obwodu probierczego jest zasilany z sieci miejskiej 15 kV transformator zwarciov suchy (TW) o mocy znamionowej 0,5 MVA przy napięciu zwarcia równym 3,5%.



Rys.43. Schemat obwodów głównych probierczego układu wielkoprądowego prądu zmiennego: PN - przekładnik napięciowy 15000/100 V/V; PP - przekładnik prądowy 15 kV 100/5 A/A; O - odłącznik 2 biegunowy 15 kV, 400 A; WB - wyłącznik bezpieczeństwa typu CKL-20, 15 kV, 400 A, 250 MVA; U - uziemnik; ZZ - załącznik zwarciov 15 kV, 25 kA<sub>m</sub>; L - dławik nastawczy bezrdzeniowy 15 kV, 15 - 1500  $\Omega$ , 50 Hz; L' - zestaw dławików nastawczych bezrdzeniowych 500 V, 0,05 - 5  $\Omega$ , 50 Hz; TW - transformator wielkoprądowy zwarciov  $S_n=0,5$  MVA,  $\Delta U_z=3,5\%$ ,  $y = 15000/880, 440, 220, 110 \pm 15\%$  V/V

Bliższa charakterystyka tego transformatora podana została w punkcie 2.4.2.4. niniejszego opracowania.

Wyłącznikiem bezpieczeństwa (WB) jest wyłącznik gazujący typu CKL-20, odpowiedni do tego rodzaju pracy głównie z uwagi na widoczną w stanie otwarcia przerwę izolacyjną w powietrzu oraz łatwy dostęp do styków i komór gaszących. Wadą tego typu wyłączników w tym przypadku jest ich stosunkowo niska trwałość łączeniowa, zwłaszcza w zakresie prądów roboczych, jak również zbyt mała trwałość mechaniczna.

Załącznik zwarciov (ZZ) w wykonaniu jednobiegunowym, z przerwą izolacyjną w powietrzu i zamkiem magnetycznym koncep-