

Tablica 3.15

DANE ZNAMIONOWE MAŁOOLEJOWYCH PRZEKŁADNIKÓW NAPIĘCIOWYCH [3.69]

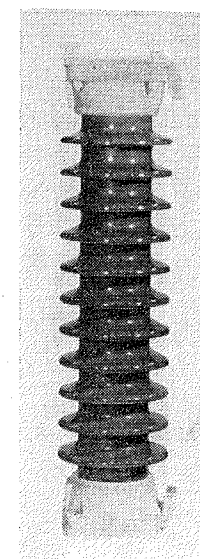
Napięcie znamionowe, w kV	Typ	Napięcie **) pierwotne, w kV	Moc/klasa	Ciężar, w kG
20	U20-IMO	$20:\sqrt{3}$	40/0,5 80/1 180/3	43
20	U20-MOa	15—20	60/0,5 120/1 320/3	66
30	U30-IMOa	$30:\sqrt{3}$	80/0,5 160/1 500/3	96
30	U30-MO	30	80/0,5 120/1 360/3	100
45	U45-IMOa	$45:\sqrt{3}$	120/0,5 240/1 500/3	155
60	U60-IMOa	$60:\sqrt{3}$	120/0,5 250/1 500/3	165
110	U110a	$110:\sqrt{3}$	120/0,5 250/1 500/3	600
110	UC110 *)	$110:\sqrt{3}$	100/0,5 120/3	427
220	UC220 *)	$220:\sqrt{3}$	100/0,5 120/3	717

*) Pojemnościowe.
**) Napięcie wtórne: 100 lub $100:\sqrt{3}$ V.

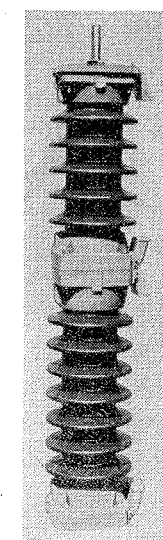
tem". W chwili wprowadzenia tego materiału do produkcji — w 1933 r. — dorównywał on najlepszym spotykanym na rynku światowym materiałem stosowanym do tego celu. W końcu jednak lat czterdziestych postęp w tej dziedzinie był tak duży, że płytki faetytowe znacznie ustępowały zagranicznym pod względem obciążalności udarowej. Potwierdziły to doświadczenia z eksploatacji odgromników, w czasie której występowały częste wyłączenia, a w pewnych

przypadkach — nawet poważne uszkodzenia sąsiednich urządzeń przez eksplozje odgromników.

Prace rozwojowe w dziedzinie odgromników podjęły dwie instytucje: Instytut Elektrotechniki i Centralne Biuro Studiów i Konstrukcji Aparatów Wysokiego Napięcia. W 1949 r. został powołany do tych prac wspólny zespół, składający się z pracowników obu instytucji. Zespół ustalił zasadnicze wymagania, jakim powinny odpowiadać odgromniki, opracował program ich prób i określił, jakie czynniki technologiczne i materiałowe mają decydujący wpływ na ich właściwości.



Rys. 3.47. Odgromnik GZSMa 40



Rys. 3.48. Odgromnik magnetyczno-zaworowy GZSMa 40

Już w 1948 r. rozpoczęto prace nad nowym materiałem zmiennooporowym. Zostały one uwieńczone w połowie 1950 r. opracowaniem nowego materiału nazwanego „zokar”. Materiał ten jest stale ulepszany. Obecnie są produkowane płytki zokarowe o średnicy 66 mm (graniczny prąd wyładowczy 65 kA) i 100 mm (graniczny prąd wyładowczy 100 kA). Na bazie tych płytek przystąpiono do ulepszenia konstrukcji odgromników i rozszerzenia ich asortymentu.

Pojawiały się kolejno następujące serie:

— W 1951 r. — seria odgromników o znamionowym prądzie wyładowczym 1,5 kA, dla sieci o napięciu 0,5—30 kV.

— W 1954 r. — seria odgromników o znamionowym prądzie wyładowczym 10 kA, dla sieci o napięciu 15—110 kV.

— W 1960 r. — seria odgromników o znamionowym prądzie wyładowczym 2,5 kA na najwyższe napięcie robocze 37 kV, w obudowie uprzednio produkowanych odgromników o znamionowym prądzie wyładowczym 1,5 kA.

— W 1962 r. — seria odgromników ze sterowaniem oporowo-pojemnościowym, o znamionowym prądzie wyładowczym 10 kA, na najwyższe napięcia robocze do 196 kV.

— W 1964 r. — seria odgromników o znamionowym prądzie wyładowczym 5 kA, na najwyższe napięcia robocze do 40 kV, które w pewnych warunkach mogą być stosowane zamiast odgromników o prądzie 10 kA, a są od nich lżejsze.

Na żądanie odgromniki mogą być dostarczane w wykonaniu tropikalnym. Wiele z nich pracuje w takich warunkach od dziesięciu lat.

W latach 1963—1964 została opracowana przez zakład im. Dymitrowa seria opartych na odmiennej zasadzie *odgromników magnetycznozaworowych*, na napięcia robocze 50—420 kV.

Za prace rozwojowe w dziedzinie odgromników konstruktorzy ich otrzymali dwukrotnie Nagrody Państwowe (I i III stopnia)*).

Bezpieczniki wysokiego napięcia [3.78, 3.79]. Do 1955 r. zakład ZWAR kontynuował produkcję przedwojennych typów wkładek bezpiecznikowych dużej mocy, na napięcia 10 i 20 kV, firmy K. Szpotański. Wkładki te (wprowadzone do produkcji w 1938 r.) miały przestarzałą konstrukcję, niewystarczającą moc wyłączalną i zbyt wąski zakres napięciowy i prądowy. Wskutek tego znaczna część potrzeb energetyki musiała być pokrywana wkładkami importowanymi.

Prace rozwojowe w tej dziedzinie rozpoczęły się w 1954 r. Został wtedy powołany zespół roboczy składający się z pracowników zakładu ZWAR, których głównym zadaniem było opracowanie nowych konstrukcji, wykonanie prototypów i przygotowanie produkcji, oraz z pracowników Instytutu Elektrotechniki, którym powierzono opracowywanie założeń, badania i próby.

Pierwszym wynikiem prac zespołu było uruchomienie w 1956 r. produkcji wkładek bezpiecznikowych typu BRT (i podstaw do nich), na napięcia 6, 15 i 30 kV, o mocy wyłączalnej 1 000 MVA, przeznaczonych do *zabezpieczenia przekładników napięciowych*. Po wprowadzeniu w latach 1957—1958 pewnych ulepszeń, które uprościły konstrukcję i technologię oraz obniżyły koszty własne o 40%, bezpieczniki te dorównują współczesnym konstrukcjom zagranicznym.

W latach 1957—1958 uruchomiono bezpieczniki *dla potrzeb trakcji elektrycznej*, typu WB3 na napięcie znamionowe 3 kV prądu stałego i prądy znamionowe 3—20 A.

*) Mgr inż. K. Auleytner (zakład im. Dymitrowa), mgr inż. A. Balcerzak (IEL), doc. Z. Hasterman (IEL), mgr inż. H. Łukomski (zakład im. Dymitrowa).

W dalszej kolejności w 1959 r. uruchomiono produkcję wkładek bezpiecznikowych typu WBN, na napięcia 6, 15 i 30 kV do zabezpieczenia *podstacji typu wiejskiego*.

Następną nową serię stanowią *bezpieczniki wielkiej mocy* wewnętrzne typu WBWM, na 6, 15 i 30 kV oraz napowietrzne typu WBWMN na 30 kV. Produkcję ich uruchomiono w latach 1960—1962. Badania mocy wyłączalnej były przeprowadzane w zwarciowni w Behovicach, przy czym uzyskano wyniki:

przy 6 kV — 400 MVA,

przy 15 kV — 500 MVA,

przy 30 kV — 600 MVA.

Ponieważ jednak zwarciownia w Behovicach nie dysponowała odpowiednio dużymi mocami zwarciovymi, nie można było wyznaczyć granicznej mocy wyłączalnej, należy przypuszczać, że jest ona większa niż podane liczby.

Ostatnio przeprowadzono studia i badania wkładek bezpiecznikowych o stopniowanym przekroju, dających bardzo małe przepięcia przy wyłączaniu. Obecnie biegnie ich produkcja seryjna.



Rys. 3.49. Bezpiecznik wysokiego napięcia typu WBWM — 20 kV

W latach 1963—1965 uruchomiono produkcję wkładek bezpiecznikowych wielkiej mocy typu WBWMI oraz wkładek bezpiecznikowych prądu stałego typu WBT 3, które zastępują wkładki WBWM lub WB 3.

Dla bezpieczników przekładnikowych zostały opracowane małogabarytowe wkładki bezpiecznikowe typu WBP, przy równoczesnym zwiększeniu mocy wyłączalnej do 1 500 MVA (zamiast 1 000 MVA w typie BRT). Produkcję ich uruchomiono w 1962 r.

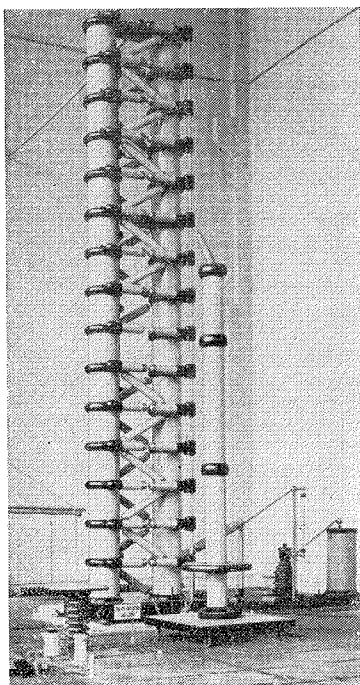
Za prace w dziedzinie bezpieczników zespół konstruktorów otrzymał w 1966 r. Nagrodę Państwową I stopnia *).

Urządzenia laboratoryjne wysokiego napięcia [3.42, 3.95]. W związku z zapotrzebowaniem na elektryczną aparaturę badawczą dla laboratoriów wysokiego napięcia, powstających w zakładach przemysłu elektrotechnicznego, energetyce, ośrodkach badawczych i politechnikach, Zakłady Wytwórcze Aparatów Wysokiego Napięcia im. G. Dymitrowa rozpoczęły w 1955 r. produkcję pewnych typów tego rodzaju urządzeń, których import byłby kosztowny i często trudny.

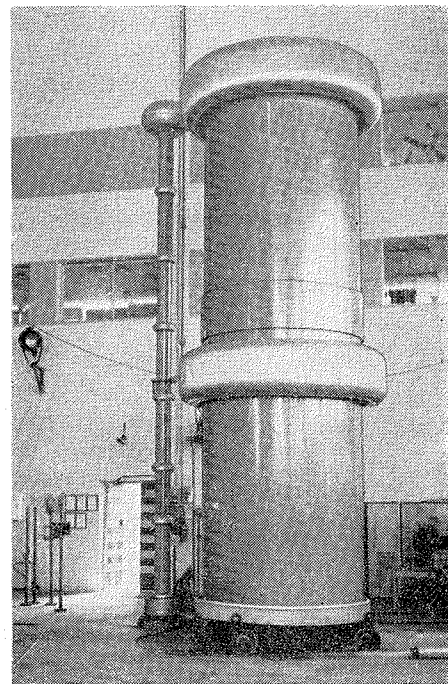
*) W skład zespołu wchodził: dr inż. J. Nasiłowski (IEL), doc. dr T. Lipski (Politechnika Gdańska), mgr inż. H. Michnia (zakład A-16 w Brzezince), mgr inż. Zofia Roman (COBiRTK), mgr inż. J. Sobocinski (ZWAR), mgr inż. W. Żmigrodzki (IEL).

Na pierwszym miejscu można wymienić *generatory udarów*, w których zastosowano własne rozwiązanie kondensatorów impulsowych. Kompletne urządzenie składa się z generatora udarów napięciowych, kondensatora do regulacji czuła, dzielnika napięcia, iskiernika pomiarowego i pulpitu sterowniczego.

W 1955 r. zakład zbudował dla własnych potrzeb generator udarów o parametrach: napięcie znamionowe — 1 800 kV, energia znamionowa — 18 kW. Był on głównie przeznaczony do badań odgromników.



Rys. 3.50. Generator udarów napięcia



Rys. 3.51. Transformator probierczy — 1 000 kV

W ciągu lat 1955—1965 zakład wykonał 11 tego rodzaju urządzeń. Spośród nich szczytowym osiągnięciem był generator udarów wykonany w 1964 r. dla fabryki transformatorów Elta, o parametrach: napięcie znamionowe — 3 200 kV, energia znamionowa — 140 kW. Parametry pozostałych leżały w granicach 300—1 500 kV, 1—15 kW.

Drugą grupę stanowią *transformatory probiercze*. Produkcja objęła małe transformatory, przenośne lub przewożne, na napięcie wtórne do 30 kV, jak również duże transformatory stacyjne. W tej drugiej grupie jako pierwszy był wykonany w 1960 r. transformator dla Politechniki Wrocławskiej; składał się on z dwóch członów, każdy o napięciu 400 kV połączonych kaskadowo. Największą wykonaną jednostką był transformator dla laboratorium zakładu

Elta, o napięciu 1 000 kV i o mocy 15-minutowej 1 000 kVA, składający się z dwóch członów po 500 kV.

Trzecią grupę produkowanych przez zakład im. Dymitrowa urządzeń laboratoryjnych stanowią aparaty do badania izolacji kabli o regulowanym napięciu roboczym do 50 kV oraz aparat do badania oleju o napięciu do 60 kV.

Do czwartej grupy należą zespoły do prób prądowych przekładników nadmiarowych, wyzwalaczy, bezpieczników, amperomierzy i przekładników prądowych. Zespół składa się z transformatora wieloprądowego (prądy wtórne przy pracy 5-minutowej — 2 i 4 kA), dławika regulacyjnego i amperomierza elektromagnetycznego klasy 0,5.

Za osiągnięcia w dziedzinie tej aparatury została przyznana jej twórcom w 1966 r. Nagroda Państwowa II stopnia *).

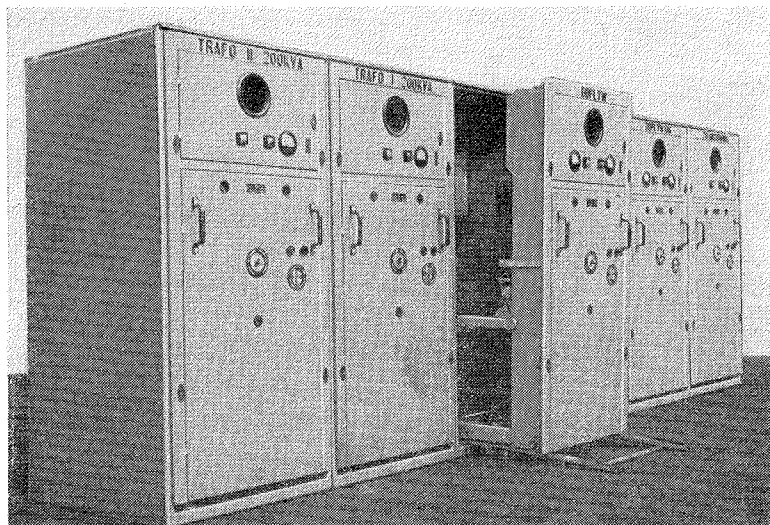
Rozdzielnice [3.29, 3.56]. Głównym producentem rozdzielnic wysokiego napięcia są Zakłady Wytwórcze Aparatury Rozdzielczej ZWAR. Produkcja ich objęła różnorodne odmiany rozdzielnic o napięciu znamionowym 6 i 10 kV. Składa się na nią kilka typowych odmian katalogowych budowanych ze znormalizowanych pól rozdzielczych oraz odmiany wykonywane stosownie do indywidualnych potrzeb odbiorców. Jednym z głównych odbiorców jest przemysł węglowy, którego wymagania były specjalnie brane pod uwagę.

W latach 1949—1950 zakład ZWAR opracował konstrukcję prostej w obsłudze i taniej rozdzielnicy typu S006. Do 1952 r. wyprodukowano przeszło 6 000 pól rozdzielnic tego typu, głównie dla górnictwa. Rozdzielnice były wyposażone w wyłączniki pełnoolejowe.

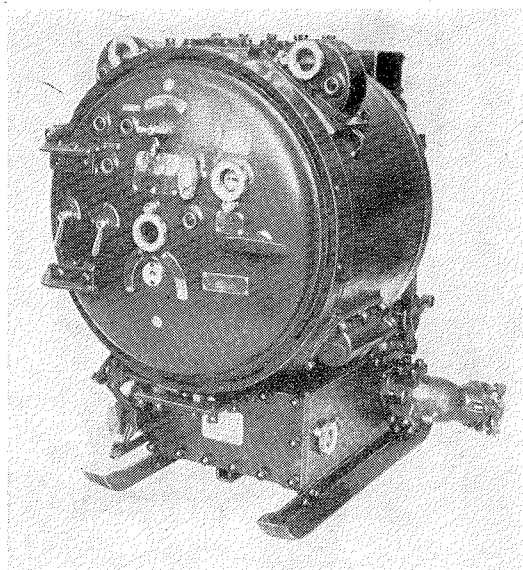
W związku ze wzrostem mocy zwarciovych w sieciach kopalnianych okazało się, że wyłączniki pełnoolejowe są do tych warunków nieodpowiednie. Ponadto zastosowane w nich przekładniki suche ulegały zawilgoceniu. Stało się więc konieczne opracowanie nowej konstrukcji rozdzielnicy, zapewniającej bezpieczne użytkowanie i mającej lepsze walory eksploatacyjne.

W tym celu została opracowana przez zakład ZWAR nowa małogabarytowa rozdzielnica typu RSK6, wyposażona w małoolejowy wyłącznik typu WMPW, o zawartości oleju 4,6 kG, co znacznie zmniejszyło zagrożenie pożarowe. Zamiast przekładników suchych zastosowano żywiczne. Pola rozdzielcze są typu dwuczłonowego: w członie stałym są umieszczone szyny zbiorcze oraz głowice kablowe; w członie ruchomym — wysuwany na wózek — wyłącznik i przekładniki. Otwarcie płyty frontowej jest możliwe dopiero po wytoczeniu członu ruchomego z członu stałego.

*) W skład nagrodzonego zespołu wchodził: dr inż. K. Auleytner (Politechnika Warszawska), mistrz M. Broma (zakład im. Dymitrowa), mgr inż. L. Kopczyński (zakład im. Dymitrowa), mgr inż. M. Kwał (zakład im. Dymitrowa), doc dr W. Lech (IEI), inż. J. Radziwiłł (IEI), mgr inż. Z. Tyszkiewicz (zakład im. Dymitrowa), mgr inż. J. Wierzbicki (Politechnika Łódzka), mgr inż. J. Zalewski (zakład im. Dymitrowa), inż. W. Pustola (zakład im. Dymitrowa).



Rys. 3.52. Rozdzielnica typu RSK-6



Rys. 3.53. Pole rozdzielcze ognioszczelne typu ROK-6

Pola rozdzielcze typu RSK-6 znajdują zastosowanie w górnictwie (w kopalniach o stopniu zagrożenia „a”), w innych gałęziach przemysłu i w energetyce. Wyposażenie pól zależy od charakteru zasilanego odbioru, przy czym zakład ZWAR opracował parę typowych schematów obwodów wtórnych. We wszystkich odmianach pól typu RSK-6 istnieje wymiennność wózków wyłącznikowych poszczególnych pól, co zwiększa pewność pracy urządzenia.

Osiągnięciem ostatnich lat jest również rozdzielnica ognioszczelna typu ROK-6, o napięciu znamionowym 6 kV, przystosowana do pracy w pomieszczeniach kopalń gazowych o stopniu niebezpieczeństwa „c” oraz w przemyśle chemicznym tam, gdzie mogą występować gazy lub pary tworzące z powietrzem mieszaninę wybuchową.

Za opracowanie konstrukcji rozdzielnicy typu ROK-6 zespół konstruktorów otrzymał w 1966 r. Nagrodę Państwową I stopnia *).

Pole rozdzielcze typu ROK-6 składa się z następujących elementów:

- komory głównej o kształcie walczaka, w której są umieszczone: wyłącznik główny typu WMPW, przekładniki żywiczne, bezpieczniki, przekaźnik nadprądowy i lampki kontrolne sygnalizacyjne,
- zespołu prostopadłościennych komór odłącznikowo-przłączowych, w których są umieszczone izolatory przepustowe,
- nadbudowanych na komorze głównej półcylintrycznych komór miernikowych,
- komory, nadbudowanej na górnej komorze odłącznikowej, w której jest umieszczony zestaw przekaźników zabezpieczenia.

W celu zapewnienia maksymalnego bezpieczeństwa, każde pole jest wyposażone w blokady mechaniczne, które wykluczają dostęp do będącej pod napięciem aparatury wewnątrz komory oraz zapewniają prawidłową kolejność czynności łączeniowych. Pola mogą być łączone ze sobą w rozdzielnicę wielopolową za pomocą specjalnych zespołów przelotowych.

Oprócz wymienionych rozdzielnic, projektowanych pod kątem widzenia potrzeb przemysłu węglowego, w 1960 r. uruchomiono produkcję rozdzielnic ogólnego przeznaczenia, typu SWMG na napięcia 6 i 11 kV, z wyłącznikami typu WMG. Były one przedmiotem eksportu. Ostatnio są wycofywane z produkcji i zastępowane rozdzielnicami typu RSWIO z bardziej nowoczesnymi wyłącznikami typu WMSW.

Rozdzielnice wysokiego napięcia produkuje również przedsiębiorstwa zgrupowane w Zjednoczeniu Przedsiębiorstw Robót Elektrycznych Elektromontaż.

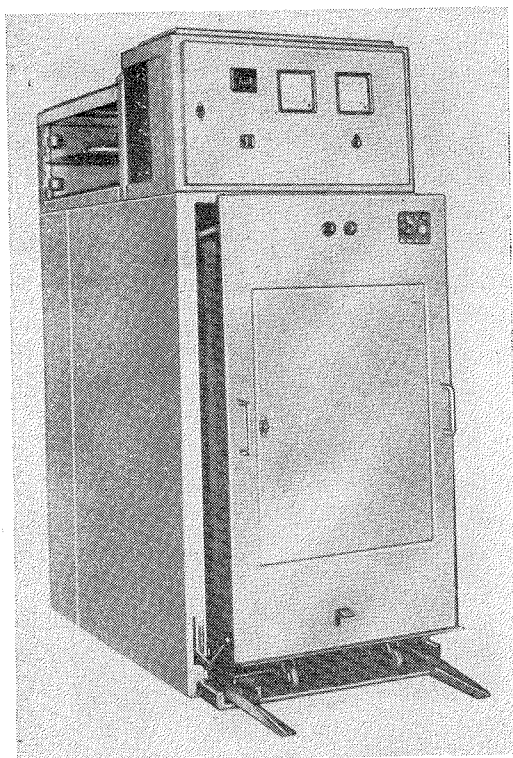
Instytucja ta — nieomal od początku swego istnienia — postawiła sobie i konsekwentnie realizowała zadanie uprzemysłowienia metod montażu instalacji elektrycznych przez stosowanie prefabrykowanych elementów i zespołów. Wyr-

*) W skład zespołu wchodził: mgr inż. M. Stępnik (ZWAR), mgr inż. A. Wysocki (ZWAR), mgr inż. A. Zawadzki (ZWAR), mgr inż. J. Zawadzki (ZWAR).

zem tego było m.in. uruchomienie, we własnych Zakładach Produkcji Pomocniczej, seryjnej produkcji rozdzielnic.

W 1956 r. została uruchomiona produkcja rozdzielnic wysokiego napięcia klatkowych (typu RK) i segmentowych (typu RS) na napięcia 10 i 15 kV.

Po kilku latach rozdzielnice te zastąpiono bardziej nowoczesną serią RU przyściennych i wolnostojących rozdzielnic na napięcia 10 i 20 kV, w których zastosowano wyłączniki typu WSMW, wprowadzone do produkcji w 1963 r. Charakterystyczną cechą tej rodziny rozdzielnic jest zastosowanie dla wszystkich pól zunifikowanych członów: członu wyłącznika głównego, członu szynowego,



Rys. 3.54. Szafa rozdzielcza typu Elmoblok III — 10 kV

kablowego i przekątnikowego. W zależności od warunków transportu i montażu kompletne rozdzielnice buduje się przez spawanie albo skręcanie tych członów. W tym samym mniej więcej czasie uruchomiono produkcję dwuczłonowych rozdzielnic wysokiego i niskiego napięcia, składających się z szafy rozdzielczej typu Elmoblok II na napięcie 6 kV i pola rozdzielczego niskiego napięcia typu Problok II. W najbliższym czasie przewiduje się zastąpienie szafy Elmoblok II przez nowy typ Elmoblok III na napięcie 10 kV; konstrukcja i prototyp zostały już wy-

konane. Całość szafy składa się z dwóch podstawowych części: stałej, stanowiącej komorę szynową i ruchomej — w postaci wysuwanego wózka z wyłącznikiem i przekładnikami.

Prócz wymienionych poprzednio nagród, w 1964 r. przyznano Nagrodę Państwową I stopnia grupie pracowników za całokształt ich działalności w dziedzinie aparatury elektrycznej *).

Kondensatory elektroenergetyczne

Na podstawie doświadczenia zdobytego przy produkcji kondensatorów radiowych i teletechnicznych z izolacją bibułkowo-olejową Zakłady Wytwórcze Podzespółów Telekomunikacyjnych Telpod w Krakowie podjęły w 1953 r. — jako pierwsze po wojnie — produkcję kondensatorów elektroenergetycznych [3.88].

Produkcję rozpoczęto od kondensatorów wewnętrznych serii KSTA, która w latach 1953—1957 objęła następujące odmiany:

— kondensatory trójfazowe, 380 V	2,5—25 kVar,
— kondensatory trójfazowe, 500 V	10—25 kVar,
— kondensatory jednofazowe i trójfazowe, 3 i 6 kV	10—25 kVar.

W 1959 r. została opracowana i wprowadzona do produkcji następna seria KEW kondensatorów jednofazowych, wewnętrznych i napowietrznych, o znormalizowanym szeregu napięć: 5 250: $\sqrt{3}$, 6 300: $\sqrt{3}$, 10 500: $\sqrt{3}$ i 15 750: $\sqrt{3}$.

W powyższych kondensatorach była stosowana standardowa bibułka „Soli” (fabryki w Żywcu) i olej mineralny. W tej klasie kondensatorów produkcja została doprowadzona do dobrego poziomu technicznego.

Stale wzrastające zapotrzebowanie na kondensatory dla radia i telekomunikacji spowodowało, że w początkach lat sześćdziesiątych podjęto decyzję stopniowej likwidacji produkcji kondensatorów elektroenergetycznych w zakładzie Telpod i koncentrowania jej w Zakładach Wytwórczych Aparatów Wysokiego Napięcia im. G. Dymitrowa.

Jednak przez pewien okres — do czasu rozwinięcia na odpowiednią skalę produkcji kondensatorów w tym ostatnim zakładzie — biegła ona równolegle w obydwóch.

Zakład Telpod przeprowadził zasadniczą modernizację zarówno konstrukcji kondensatorów wysokiego napięcia (podwyższenie poziomu jonizacji), jak i urządzeń do nasycania, co łącznie przyczyniło się do poprawy jakości kondensatorów.

*) W skład grupy nagrodzonych wchodził: mgr inż. K. Auleytner (Politechnika Warszawska), mgr inż. A. Jerzykiewicz (zakład im. Dymitrowa), mgr inż. Z. Malinowski (zakład im. Dymitrowa), mgr inż. Z. Tyszkiewicz (zakład im. Dymitrowa), mgr inż. J. Zalewski (zakład im. Dymitrowa), mgr inż. J. Gątkiewicz (Abena), mgr inż. I. Brojan (ZPHAE), mgr inż. Z. Wojnarowski (Politechnika Gdańska), doc. J. Elbaum (IEL), mgr inż. Podgórski.

W tym samym czasie jednak przodujące firmy zarzuciły już stosowanie oleju mineralnego, przechodząc na syciwa syntetyczne, umożliwiające znaczne zmniejszenie ciężaru i wymiarów na jednostkę mocy. Idąc po tej linii zakład Telpod opracował i uruchomił w latach 1963—1965 produkcję kondensatorów wewnętrznych niskiego napięcia typu KPS, o mocach 12,5 — 20 — 25 kVar, impregnowanych importowanym syciwem syntetycznym — pięcioclorem difenyłu.

Poniżej podano dla porównania wskaźniki ciężaru i objętości kondensatorów typu KSTA i typu KPS, o mocy 20 kVar:

KSTA — 2,0 kG/kVar 1,28 dcm³/kVar,

KPS — 1,4 kG/kVar 0,75 dcm³/kVar.

Zakłady Wytwórcze Aparatów Wysokiego Napięcia im. G. Dymitrowa podjęły produkcję kondensatorów elektroenergetycznych w 1957 r. [3.40], rozpoczynając ją od kondensatorów wysokiego napięcia, jako bliżej związanych z ich specjalnością.

Pierwszym produkowanym typem był kondensator sprzęgający, typu KSI-110 kV, do telefonii nośnej. Kondensator ma obudowę porcelanową i jest przystosowany do pracy w warunkach napowietrznych. Jego cechą charakterystyczną jest to, że w czasie montażu jest napełniany olejem mineralnym przy nadciśnieniu 0,6 atm, co zwiększa jego wytrzymałość elektryczną i poprawia warunki jonizacji.

W tym samym roku uruchomiono produkcję kondensatorów impulsowych do generatorów udarowych. W następnych latach rozszerzono ich asortyment pod względem napięć i pojemności jednostek. Dało to podstawę do uruchomienia produkcji generatorów fal udarowych dla wielu krajowych laboratoriów.

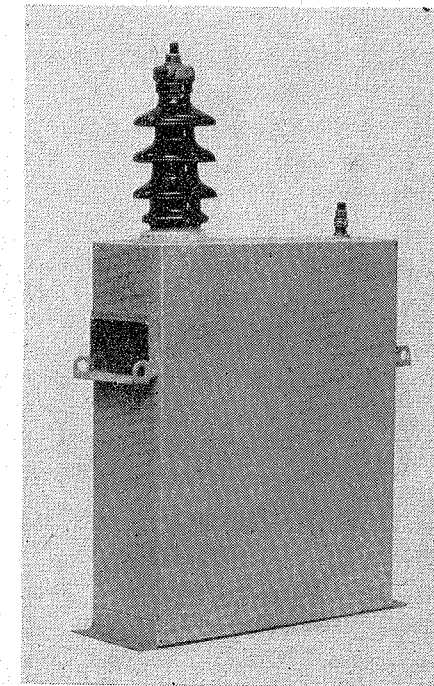
W 1960 r. uruchomiono produkcję kondensatorów typu KWI, o napięciu 3 kV i pojemności 550 pF, do wyłączników małoolejowych o napięciu 110 kV. Kondensatory te są wykonywane na podstawie dokumentacji szwedzkiej firmy ASEA, w której zakupiono licencję na wyłączniki; zakład im. Dymitrowa wprowadził w nich własne udoskonalenia, zapewniające lepszą szczelność.

Równolegle z opanowaniem produkcji tych specjalnych typów zakład przygotowywał się pod względem technicznym i organizacyjnym do seryjnej produkcji kondensatorów przeznaczonych do poprawy współczynnika mocy. Zorganizowano i wyposażono nowe działy do tej produkcji: nawijalnię, montownię, nasycalnię i laboratorium kontroli technicznej; zakupiono za granicą nowoczesne urządzenia do przygotowywania syciwa i nasycania.

Produkcję tych kondensatorów rozpoczęto w 1963 r. W pierwszej kolejności uruchomiono produkcję kondensatorów o napięciu znamionowym 15 750: $\sqrt{3}$ kV, o mocy 25 kVar. Po modernizacji w 1964 r. moc została zwiększona do 40 kVar, przy takich samych wymiarach, a następnie — po wprowadzeniu bibułki niskostatnej — do 50 kVar.

Kondensatory obu fabryk są eksportowane do Związku Radzieckiego i krajów rozwijających się.

Zgodnie ze wzmiankowanym już kierunkiem w technice światowej, nie prowadzi się dalszych prac rozwojowych nad kondensatorami z syciwem mineralnym, lecz przechodzi się generalnie na syciwa syntetyczne.



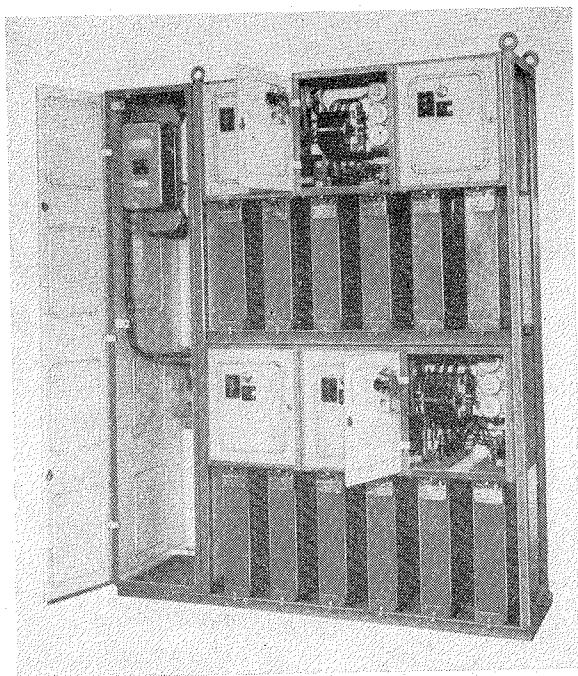
Rys. 3.55. Kondensator 15 kV

Podjęte w 1965 r. prace nad nowymi typami kondensatorów wysokiego napięcia idą w kierunku całkowitej rekonstrukcji wnętrza przez zastosowanie zwijki o szerokości 400 mm, zamiast dotychczasowej 150 mm, stosowania bibułki niskostatnej oraz syciwa syntetycznego o większej — niż mineralne — przenikalności dielektrycznej.

Podjęto również prace nad modernizacją kondensatorów niskiego napięcia, w połączeniu z wprowadzeniem syciwa syntetycznego.

Ponadto, od 1966 r. rozpoczęto produkcję kompletnych baterii kondensatorowych z odpowiednią aparaturą (w zakładzie Elta). Baterie takie produkują również przedsiębiorstwa podległe Zjednoczeniu Elektromontaż.

W pracach rozwojowych w dziedzinie kondensatorów współdziałały czynnie z zakładami produkcyjnymi: Instytut Elektrotechniki (Zakład Materiałoznawstwa, Zakład Wysokich Napięć) oraz Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie.



Rys. 3.56. Bateria kondensatorów

Aparaty niskiego napięcia [3.60, 3.80]

Produkcja aparatów niskiego napięcia jest obecnie skoncentrowana w 8 zakładach podległych Zjednoczeniu Przemysłu Maszyn i Aparatów Elektrycznych.

Są to następujące zakłady:

1. Zakłady Aparatury Elektrycznej Elester w Łodzi (powstałe w czasie okupacji; poprzednia nazwa: Państwowa Fabryka Aparatów Elektrycznych).
2. Pomorskie Zakłady Wytwórcze Aparatów Niskiego Napięcia Apator w Toruniu (wybudowane po wojnie i uruchomione w 1950 r.).
3. Fabryka Aparatów Elektrycznych Apena w Bielsku (założeniem jej była prywatna Fabryka Aparatur Termotechnicznych R. Paślawski, upaństwowiona w 1949 r.).
4. Łódzkie Zakłady Aparatury Elektrycznej Elan w Łodzi (istniejące pod tą nazwą od 1958 r.; powstały z połączenia kilku małych zakładów łódzkich, m.in.: Woltan — dawniej Imass, Zauder, IKA).
5. Dolnośląskie Zakłady Wytwórcze Aparatury Precyzyjnej Fael w Ząbkowicach Śląskich (przejęte z przemysłu teletechnicznego i przestawione na produkcję aparatów elektrycznych w 1948 r.).
6. Bydgoskie Zakłady Elektro-Mechaniczne Belma w Bydgoszczy (przejęte przez przemysł elektrotechniczny w 1964 r.).

7. Fabryka Transformatorów i Aparatury Trakcyjnej Elta w Łodzi (wybudowana po wojnie; produkcja aparatów uruchomiona w 1961 r.).

8. Warszawska Wytwórnia Wyrobów Elektrotechnicznych Efa w Glinie k. Otwocka (założeniem jej była upaństwowiona w 1951 r. Wytwórnia Aparatów Elektrycznych K. i W. Pustola w Warszawie; w 1962 r. zakład został przeniesiony do Gliny).

Produkcja tych zakładów obejmuje przeszło 80% całości produkcji aparatów niskiego napięcia. Ponadto niektóre prostsze typy aparatów są produkowane przez zakłady podległe innym zjednoczeniom (w których stanowią tylko fragment ich produkcji) lub przez spółdzielnie.

W początkowym okresie zakłady, pozbawione niemal zupełnie fachowej kadry, mogły produkować jedynie te wyroby, dla których ocalała dokumentacja w fabrykach przedwojennych. Zaczątki zakładowych biur konstrukcyjnych zajęte były niemal wyłącznie uzupełnianiem braków w tej dokumentacji i jej porządkowaniem.

W Państwowej Fabryce Aparatów Elektrycznych sytuacja była w pierwszym roku jej istnienia szczególnie trudna. Wytwórnia ta powstała około 1941 r., gdy koncern Siemens-Schuckert Werke przeniósł z Berlina do Łodzi IV Oddział swej fabryki aparatów elektrycznych. Do celów produkcyjnych przystosowano 4-piętrowy gmach przędzalni firmy Scheibler i Grohman i w 1944 r. zatrudniono w nim 1 200 pracowników, w tym 200 Niemców, zajmujących wszystkie kierownicze stanowiska od podmistrza w górę. Fabryka była jednostką zupełnie niesamodzielną tak pod względem organizacyjnym (dyrekcja, biura konstrukcyjne, zaopatrzenie itp. były w Berlinie), jak produkcyjnym (różne elementy wyrobów przychodziły z innych oddziałów Siemensu w postaci gotowych podzespołów, np. wyzwalacze nadmiarowe). Program produkcji obejmował niewiele pozycji (kilka typów wyłączników samoczynnych do 80 A, nastawniki i oporniki oraz bezpieczniki wielkiej mocy) wykonywanych na taśmach potokowych w bardzo dużej liczbie sztuk na potrzeby wszystkich krajów będących wówczas pod panowaniem niemieckim (30 000 szt. aparatów miesięcznie).

Po przejęciu zakładu przez władze polskie (7.2.1945 r.), główną troską kierownictwa fabryki było nie tylko podjęcie produkcji w małej skali z zapasów materiałów będących w magazynie, lecz głównie możliwość uzupełnienia tych zapasów w miarę ich wyczerpywania się, co wobec braku dokumentacji i surowców było bardzo trudne. Dyrektorowi fabryki — inż. W. Smoluchowskiemu — pomogli wówczas m.in. inż. W. Stolarek, inż. Z. Kopczyński (późniejszy podsekretarz stanu) oraz skierowani do Łodzi inżynierowie z b. firmy Szpotafski, z których część została później pracownikami naukowymi Politechniki Łódzkiej (prof. S. Dzierzbicki, doc. W. Starczakow, mgr inż. H. Urbanowicz i inni).

Pierwszym krokiem do bardziej usystematyzowanych prac rozwojowych było powołanie do życia w 1947 r. Centralnego Biura Studiów i Konstrukcji Aparatów Niskiego Napięcia w Łodzi, będącej wówczas głównym ośrodkiem prze-

mysłu aparatów elektrycznych niskiego napięcia i siedzibą zjednoczenia tego przemysłu.

Możliwości tego biura były nadal bardzo ograniczone; w przeciągu jednak trzech lat swego istnienia wykonało ono wiele istotnych prac, odtwarzając lub opracowując dokumentację, wykonując prototypy i przeprowadzając próby różnych aparatów, jak wyłączniki, styczniki powietrzne i olejowe, rozdzielnice okapturzone, przekazy termobimetalowe, łączniki ręczne, aparaty w obudowie ognioszczelnej dla górnictwa, aparaty do tramwaju typu N.

W latach 1950—1956 zaznacza się wyraźny rozwój zakładowych biur konstrukcyjnych, do których przeszli fachowcy z rozwiązanego na początku tego okresu Centralnego Biura Studiów i Konstrukcji Aparatów Niskiego Napięcia.

Warunkiem postępu technicznego, oprócz rozbudowy biur konstrukcyjnych i technologicznych, było stworzenie odpowiedniej bazy laboratoryjnej, zwłaszcza do prób zwarciovych.

Aż do 1953 r. próby zwarciove były przeprowadzane w bardzo prymitywnych warunkach w podstacji Katowice—Dąb Zakładów Energetycznego Okręgu Południowego, a częściowo w Czechosłowacji. Te ostatnie ograniczały się do prób atestowych. Nie rozwiązywała sprawy uruchomiona w 1952 r. w zakładzie Apena podręczna zwarcioownia prądu stałego o parametrach: 7 kA przy 300 W.

Pierwsza w kraju zwarcioownia prądu przemiennego powstała w 1953 r. przy Katedrze Wysokich Napięć i Przyrządów Rozdzielczych Politechniki Gdańskiej [3.48]. Osiągane parametry, początkowo 30 kA, a po rozbudowie w 1959 r. — 50 kA (przy 500 V), umożliwiły przeprowadzanie prób zwarciovych (jednofazowo) większości produkowanych wówczas wyłączników; ograniczona jednak przepustowość tej zwarcioowni nie zaspokajała w pełni potrzeb przemysłu.

Dalszym rozszerzeniem możliwości prób, zwłaszcza dla zakładów łódzkich, było uruchomienie w 1956 r. zwarcioowni prądu przemiennego (20 kA przy 500 V) i prądu stałego (8 kA przy 660 V) przy Katedrze Aparatów Elektrycznych Politechniki Łódzkiej [3.21].

W tym samym roku powstało pierwsze niewielkie przemysłowe laboratorium zwarciove w zakładzie Apator w Toruniu, umożliwiające próby manewrowej zdolności łączenia styczników.

Radykalnie jednak sprawę prób zwarciovych rozwiązało dopiero wybudowanie i uruchomienie w 1959 r. laboratorium zwarciovego prądu przemiennego w Instytucie Elektrotechniki w Międzyzlesiu, z generatorem o mocy typowej 12 MVA [3.14]. Przy zastosowanym układzie można przy napięciu 550 V osiągnąć przy zwarciu prąd 130 kA (przy $\cos \varphi = \text{ok. } 0,15$). W 1965 r. uruchomiono w tym laboratorium zwarcioownię prądu stałego; 4 zespoły, z których każdy jest złożony z transformatora prostownikowego o mocy znamionowej 4 100 kVA i prostownika rtęciowego o napięciu 3,3 kV, umożliwiając otrzymanie napięć probierczych w zakresie 220—4 000 V prądu stałego i prądów zwarciovych do

100 kA. Laboratorium to umożliwia w zasadzie przeprowadzanie prób na największe prądy spotykane w obwodach niskiego napięcia.

W ostatnich latach zbudowano kilka mniejszych laboratoriów zakładowych.

Współpraca Instytutu Elektrotechniki i wymienionych katedr z zakładami przemysłowymi nie ograniczała się do prób zwarciovych. Są w nich prowadzone liczne badania podstawowe i prace rozwojowe związane bezpośrednio z zadaniami przemysłu [3.38].

Rozwój biur konstrukcyjnych i zdobywane przez nie doświadczenie, rozwój bazy laboratoryjnej (nie tylko w zakresie zwarcioowni), rozwój zaplecza naukowego i technicznego w Instytucie Elektrotechniki i politechnikach — wszystko to stworzyło warunki do rozszerzenia asortymentu produkcji i modernizacji wyrobów.

Mimo znacznego rozwoju produkcji i wielu istotnych osiągnięć, przemysł aparatów elektrycznych niskiego napięcia nie na wszystkich odcinkach zaspokaja w pełni potrzeby gospodarki narodowej. Równocześnie zaś rozpowszechnia się automatyzacja procesów wytwarzania, do czego są potrzebne coraz nowe typy aparatów; rosną stale wymagania co do niezawodności, trwałości i miniaturyzacji. Dorównanie poziomowi techniki światowej i utrzymanie się na nim wymaga od przemysłu ciągłego doskonalenia swych wyrobów i rozszerzania ich asortymentu.

Styczniki [3.33]. Styczniki są obecnie produkowane w kilku zakładach, a mianowicie:

— styczniki elektromagnetyczne prądu przemiennego, sterowane elektrycznie:

powietrzne — w zakładach Elester, Apator, Elan, Fael,
olejowe — w zakładzie Elester,

— styczniki elektromagnetyczne prądu stałego, sterowane elektrycznie —
powietrzne — w zakładach Elester, Apena.

— styczniko-przerwniki prądu stałego — w zakładzie Apena.

Ze względu na warunki pracy, do jakich są przeznaczone, dzieli się zwykle styczniki na dwie zasadnicze grupy: styczniki do pracy lekkiej (w warunkach AC 3, według normy PN-64/E-06150) i do pracy ciężkiej (w warunkach AC 4).

Styczniki do pracy lekkiej, dopuszczające maksymalnie 600 łączeń na godzinę, nadają się do włączania silników klatkowych pod pełnym obciążeniem i wyłączania ich przy pełnym prądzie znamionowym. Styczniki do pracy ciężkiej, dopuszczające 3 600 łączeń na godzinę (lub więcej), są przeznaczone do stosowania w układach, w których występuje częste włączanie zahamowanego silnika, przy pracy nawrotnej i przy hamowaniu przeciwdziałem.

Prace rozwojowe w zakresie styczników prądu przemiennego koncentrowały się przez dłuższy czas na *stycznikach do pracy lekkiej*.

W latach 1948—1949 uruchomiono w zakładzie Elester, opierając się na wzorach zagranicznych, produkcję styczników powietrznych typu N-107, w trzech wielkościach: 15, 40 i 100 A. Częstość łączeń nie przekraczała 240 na godzinę, a trwałość łączeniowa — 100 000 łączeń. W styczniku na 15 A zastosowano naturalne gaszenie łuku, w pozostałych dwóch — wydmuch elektromagnetyczny. Styczniki tej serii, produkowane później w zakładzie Elan, stanowiły przez wiele lat podstawowy element układów sterowania, stopniowo jednak były zastępowane bardziej nowoczesnymi.

Zakład Apena uruchomił produkcję styczników typu ST350 (w 1948 r.) i ST200 (w 1953 r.) do trudniejszych warunków pracy, przy częstości łączeń do 600 na godzinę. Były one produkowane do 1961 r.

Rosnące wymagania stawiane stycznikom spowodowały powstanie paru nowych serii.

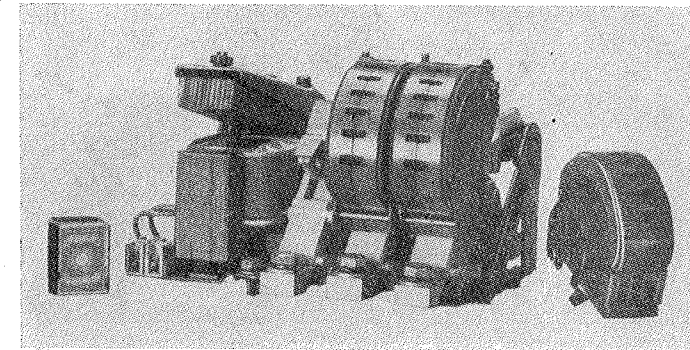
Należy do nich uruchomiona w zakładzie Elester w latach 1958—1964 seria styczników St na prądy znamionowe 25—100 A, o częstości łączeń 1 000 na godzinę; trwałości mechanicznej 5 000 000 przestawień i trwałości łączeniowej — 500 000 łączeń. Obecnie styczniki te są również produkowane jako zestawy z przekaźnikami cieplnymi. Są one dostosowane do pracy w warunkach klimatu tropikalnego i do pracy na statkach morskich.

Zakład Fael, przy współpracy z Zakładem Elektroniki Morskiej Instytutu Elektrotechniki, uruchomił w latach 1958—1962 styczniki serii SM na prądy znamionowe 8—40 A, do sterowania silników o mocach 0,75—17 kW. Ich trwałość mechaniczna wynosi 2 000 000 przestawień, a trwałość łączeniowa 250 000 łączeń. Są to aparaty nowoczesnej konstrukcji, przystosowane do produkcji wielkoseryjnej. Są wykonywane w obudowie blaszanej lub z tworzywa sztucznego. Komory łukowe są wyposażone w płytki dejonizujące. Styczniki tej serii mogą być przystosowane do pracy w warunkach klimatu tropikalnego i do pracy na statkach morskich. Postęp techniczny charakteryzuje m.in. ich mały ciężar (0,35 kG dla stycznika na 15 A) w porównaniu ze stycznikami starszej serii, typu N-107 (1,2 kG).

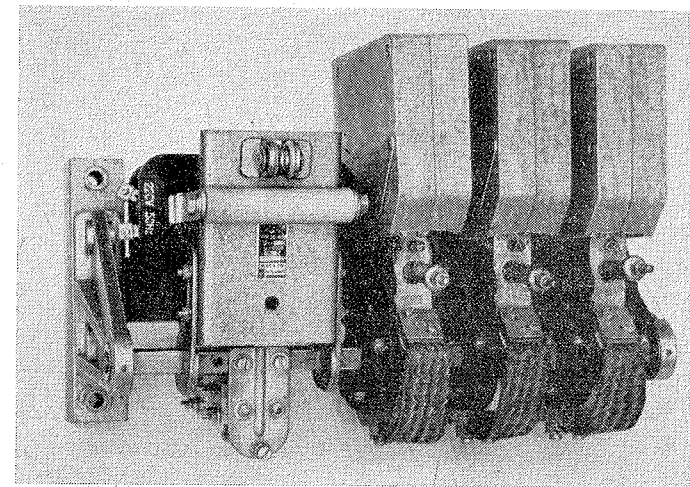
Wraz z rozwojem elektryfikacji kopalń wzrastało zapotrzebowanie na aparaturę przystosowaną do pracy w warunkach górniczych. Potrzebne były m.in. styczniki o małych wymiarach, ułatwiających umieszczenie zestawu aparatów w obudowie ognioszczelnej o niedużym gabarycie. Do tych celów zakład Aparatury — na podstawie dokumentacji opracowanej przez Zakład Elektrotechniki Morskiej Instytutu Elektrotechniki — uruchomił w 1958 r. produkcję styczników typu S 200 o prądzie znamionowym 200 A. Po przeprowadzonej w 1960 r. modernizacji uzyskano dla tego stycznika parametry: 600 łączeń na godzinę, trwałość mechaniczna 3 000 000 przestawień, trwałość łączeniowa — 150 000 łączeń.

Dla zaspokojenia zapotrzebowania na styczniki na większe prądy, przystosowane do trudniejszych warunków pracy, zakład Elan opracował konstrukcję i uruchomił w latach 1961—1963 produkcję styczników serii SC, o prądach zna-

mionowych 100, 200 i 400 A, o częstości łączeń 600 na godzinę, trwałości łączeniowej — 250 000 łączeń i trwałości mechanicznej — 5 000 000 przestawień. Styczniki te stanowiły istotny postęp w stosunku do styczników serii N-107 i ST pod względem dopuszczalnej częstości łączeń i trwałości mechanicznej, były one ponadto znacznie lżejsze, jak wskazuje tabl. 3.16. Nie były to jednak jeszcze styczniki do pracy ciężkiej we właściwym rozumieniu tego terminu.



Rys. 3.57. Stycznik typu S-200



Rys. 3.58. Stycznik typu SC-401

Zakrojone na szerszą skalę prace nad stycznikami do pracy ciężkiej podjął w 1963 r. Ośrodek Rozwojowy Łączników Niskiego Napięcia przy zakładzie Elester. W pierwszej kolejności opracował on serię StW styczników jednoprzetworowych o prądach znamionowych 100—250 A, częstości łączeniowej 600—3 000 łączeń na godzinę i trwałości mechanicznej 6 000 000 przestawień. Kilka

Tablica 3.16

PORÓWNANIE CIĘŻARÓW STYCZNIKÓW TYPU SC Z CIĘŻARAMI STYCZNIKÓW UPRZEDNIO PRODUKOWANYCH

Prąd znamionowy, w A	Typ	Ciężar, w kG	Typ	Ciężar, w kG
100	N 107	9,5	SC	7,4
200	ST 200	15,0	SC	9,9
350	ST 350	40,0	SC	26,0 *)

*) Prąd znamionowy 400 A.

typowymiarów styczników tej serii weszło już do produkcji seryjnej. Równolegle są prowadzone prace nad serią STM styczników dwuprzerwowych, o prądach znamionowych 63—400 A.

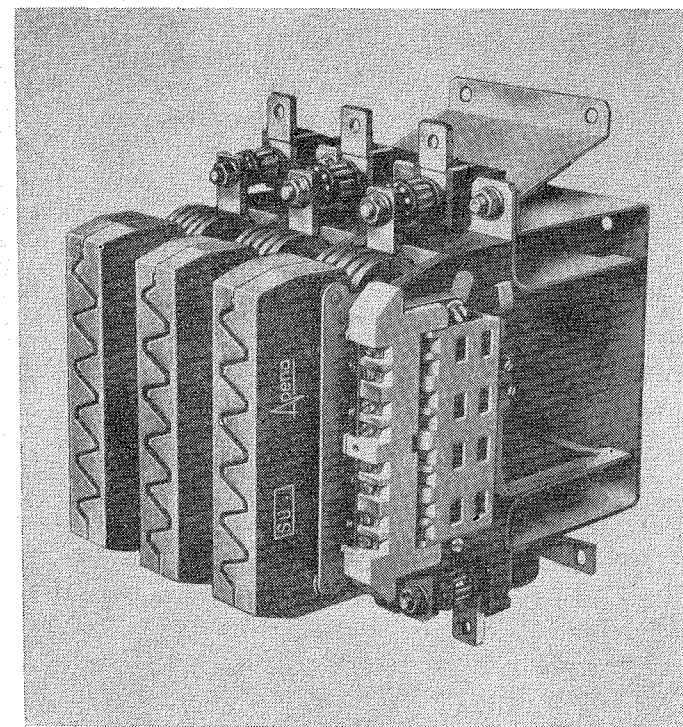
Produkcja *styczników prądu stałego* została zapoczątkowana w zakładzie Apena w latach 1953—1955 na podstawie dokumentacji otrzymanej ze Związku Radzieckiego. Była to seria Sp styczników jedno-, dwu- i trójbiegunowych o prądach znamionowych 25—600 A. Z powodu niezadowalających parametrów, produkcja ich została wkrótce zaniechana i na ich miejsce zakład Apena opracował nową serię SE, obejmującą styczniki o prądach znamionowych 25—2 000 A, na napięcie do 600 V prądu stałego. Ich trwałość mechaniczna wynosi 5 000 000 przestawień, a trwałość łączeniowa — ok. 250 000 łączeń. Produkcję uruchomiono w latach 1960—1962.

Ostatnim osiągnięciem tego zakładu jest nowoczesna seria SU *styczników uniwersalnych* suchych, na prąd stały (600 V) i prąd przemienny (500 V); zasadniczo jednak są one przeznaczone do pracy manewrowej w sieciach prądu stałego. W ostatnich paru latach została uruchomiona produkcja 7 typowymiarów o prądach znamionowych 30—500 A przy prądzie stałym i 400—630 A przy prądzie przemiennym. W opracowaniu są dwie następne wielkości: 800 i 1 300 A lub 1 000 i 1 600 A. Styczniki SU są produkowane w dwóch zasadniczych wykonaniach: normalnym i trakcyjnym; oba wykonania mogą być dostarczane jako bezwtykowe i wtykowe. Zaletą tych ostatnich jest łatwość wymiany i konserwacji [3.84].

Znamionowa częstość łączeń wynosi 1 200 łączeń na godzinę, trwałość mechaniczna — 10 000 000 przestawień, trwałość łączeniowa — 500 000 cykli manewrowych.

Na zakończenie należy wspomnieć o *stycznikach olejowych*. Są to aparaty wychodzące powszechnie z użycia. Bywały najczęściej stosowane w pomieszczeniach o dużej wilgotności oraz w atmosferze par i gazów żrących, jednak i tu są wypierane przez styczniki powietrzne, które — dzięki nowoczesnym materia-

łom — mogą być przystosowane do pracy w tych warunkach. Wskutek wielokrotnie szybszego niszczenia się powierzchni stykowych w czasie wyłączania w oleju niż w powietrzu, trwałość łączeniowa i dopuszczalna częstość łączeń styczników olejowych są z reguły niewielkie. Bezpośrednio po wojnie zakład Elester — opierając się na wzorach zagranicznych — uruchomił produkcję serii N 110 styczników olejowych na napięcie 500 V, o prądach znamionowych 36, 60 i 100 A. Ich trwałość mechaniczna wynosiła 1 000 000 przestawień, trwałość łączeniowa — 100 000 łączeń, a znamionowa częstość łączeń — 60 na godzinę. Z przytoczonych powyżej względów prace rozwojowe w tej dziedzinie nie były prowadzone.



Rys. 3.59. Stycznik typu SU, trójbiegunowy, wtykowy

Wyłączniki samoczynne prądu przemiennego. Głównymi producentami tych wyłączników są zakłady Elan i Apena.

Wkrótce po wojnie uruchomiono w obecnym zakładzie Elan produkcję wyłączników typu NZO na prądy znamionowe do 400 A. Była to konstrukcja przestarzała o „szczotkowych” stykach głównych i otwartych komorach łukowych. Prąd wyłączalny nie przekraczał 5 kA. Były one produkowane tylko do 1949 r. [3.41].

W 1947 r. Centralne Biuro Studiów i Konstrukcji Aparatów Niskiego Napięcia przystąpiło do opracowania nowej konstrukcji wyłącznika, typu WSS na prą-