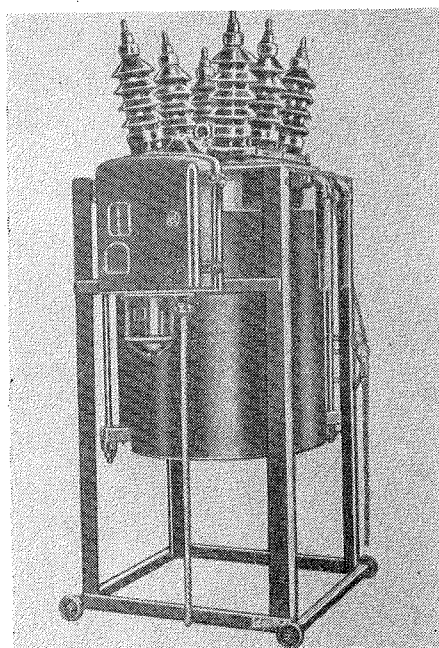


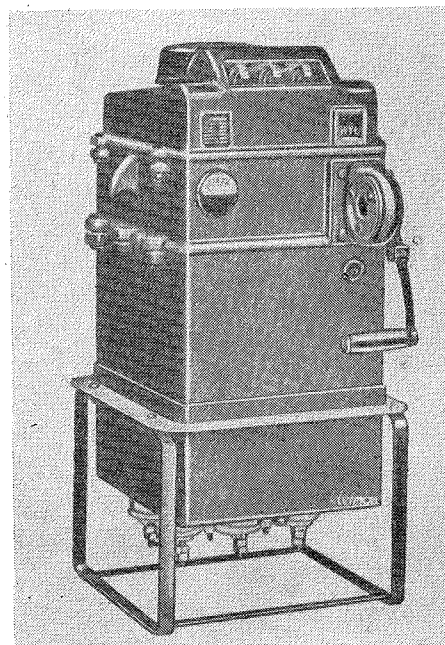
ne wysokiego napięcia na podstawie licencji firmy Voigt & Haeffner we Frankfurcie nad Menem, było wykonanie w 1932 r. pierwszych w kraju 4 szt. wyłączników olejowych o mocy wyłączeniowej 400 MVA, 35 kV z napędem silnikowym dla Miejskich Zakładów Elektrycznych we Lwowie [2.24] (rys. 2.21). Można przypuszczać, że wartość tej mocy wyłączeniowej była podana przez licencjodawcę na podstawie jego badań zwarciovych, gdyż w kraju sprawdzenie tej mocy było niemożliwe.



Rys. 2.21. Wyłącznik olejowy 35 kV, 400 MVA firmy Kleiman

W zakresie odłączników i bezpieczników program produkcji Kleimana był podobny do omówionego uprzednio, zawierając ponadto okapturzone wyłączniki olejowe 3 i 6 kV dla przemysłu do włączania i ochrony dużych silników elektrycznych (rys. 2.22).

W 1934 r. firma Kleiman wykonała, również na podstawie licencji Voigt-Haeffner, 8 pierwszych szt. odłączników mocy (obecnie zwanych rozłącznikami) o prądzie znamionowym 250 A i mocy wyłączeniowej 25 MVA przy 22 kV. Miały one służyć do wyłączania prądu znamionowego chronionych transformatorów; dla ochrony od zwarcia stosowano szeregowo połączone bezpieczniki wielkiej mocy. Odłączniki mocy nazywała firma ekspansyjnymi, jednak nazwa ta jest



Rys. 2.22. Wyłącznik olejowy 3 kV do włączania i ochrony dużych silników

mylna, gdyż sugeruje zbieżność z wyłącznikami ekspansyjnymi wodnymi Siemens, a tymczasem po opisie działania swych aparatów Mieczysław Kleiman pisze [2.57]:

„W końcu pragnę zdradzić ogółowi elektryków tajemnicę płynu stosowanego do odłączników mocy. Jest to nasz pocziwy olej transformatorowy, którego mamy pod dostatkiem i nie musimy importować w postaci różnych „czarodziejskich” płynów, jak „ekspandyna”, „ekspanzyna” itp. cuda”.

Były one więc raczej protoplastami łączników małoolejowych.

Oprócz Szpotańskiego i Kleimana łączniki wysokiego napięcia produkowały również — aczkolwiek w dużo mniejszym zakresie i przeważnie przez krótszy okres czasu — następujące firmy:

— Polskie Zakłady Skody Sp.Akc. Prowadziły one do 1935 r., jako uboczny dział fabryki maszyn elektrycznych na Okęciu, produkcję wyłączników olejowych do 35 kV z wyzwalaczami własnej konstrukcji i patentu, z napędem elektromagnetycznym, ręcznym albo silnikowym; odłączników do 25 kV i 2 kA; bezpieczników wysokiego napięcia oraz izolatorów wsporczych i przepustowych [1.8].

— Firma Inżyniera Józefa Imassa w Łodzi, ul. Piotrkowska 255 (zmiana poprzedniej nazwy firmy „Drutowski i Imass” nastąpiła 28.II.1931 r. [2.18]). miała z wyjątkiem bezpieczników podobny program jak Skoda. Wyłączniki olejowe Imassa dla napięć 6—35 kV o mocy wyłączeniowej 60 MVA stanowiły konstrukcję własną z wyjątkiem sprzęgła, produkowanego na podstawie licencji, której udzielił czeski inżynier K. Kesl [2.121]. W kilka lat później wyłączniki olejowe Imassa zostały zmodernizowane przy wykorzystaniu patentów Kesla, osiągając według J. Rosenbluma [2.123] moc wyłączeniową 350 MVA przy 30 kV.

O jakości wyrobów Imassa dał świadectwo jego główny konkurent inż. K. Szpotański, pisząc w sprawozdaniu z Powszechnej Wystawy Krajowej w Poznaniu:

„starannie wykonane wyroby tej firmy znajdują dużo odbiorców już nie tylko w Łodzi, lecz również w innych ośrodkach przemysłowych” [1.22].

— Zakłady Elektrotechniczne Elektroautomat w Warszawie, ul. Dzielna 72.

— Powszechne Towarzystwo Elektryczne AEG z fabryką w Łagiewnikach na Górnym Śląsku.

— Polskie Zakłady Siemens Sp. Akc. z fabryką w Rudzie Pabianickiej koło Łodzi.

W *Przewodniku* [1.25] obie ostatnio wymienione firmy podają, że do programu ich produkcji w zakresie przyrządów wysokiego napięcia wchodzi m.in. wyłączniki olejowe, odłączniki wszelkiego rodzaju, bezpieczniki wielkiej mocy, cewki indukcyjne do ograniczenia prądów zwarcia itp. Opis produkcji P.Z. Siemens zawiera ponadto zapewnienie, że:

„Działalność tej firmy zmierza wytrwale do systematycznej rozbudowy polskiego przemysłu elektrotechnicznego”.

W rzeczywistości warsztaty obu firm (w Rudzie Pabianickiej pracowało w 1933 r. tylko 30 robotników, trudno więc mówić o fabryce) miały raczej na celu — jak to już podano na str. 43 — stworzenie pozorów krajowej produkcji — zarówno dla ułatwienia handlu wyrobami koncernów macierzystych, jak dla penetracji gospodarczej, a być może i wywiadu przed przygotowywaną wojną z Polską. (Można tu przypomnieć szpiegowską aferę wykrytą w firmie Fabryka Sygnałów Kolejowych C. Fiebrandt i S-ka w Bydgoszczy, należącej do tychże Polskich Zakładów Siemens Sp. Akc.).

Wyłączniki strumieniowe (cieczowo-gazowe). O ile w drugim etapie rozwoju polskiej wytwórczości łączników wysokiego napięcia programy produkcji zwłaszcza kilku pierwszych wymienionych powyżej producentów były do siebie zbliżone, o tyle trzeci etap rozpoczął, niestety, dopiero na 3 lata przed wojną (w 1936 r.) produkcją aparatury na napięcie 150 kV jest już wyłącznie domeną FAE K. Szpotański i S-ka.

O ewolucji poglądów na zasadę gaszenia łuku w aparatach zdolnych do wyłączenia coraz to większych mocy przy coraz wyższych napięciach sieci pisał już w 1932 r. inż. Franciszek Bilek [2.8]:

„Stosowanie wyłączników olejowych dla wciąż wzrastających napięć i mocy staje się rzeczą bardzo uciążliwą i niebezpieczną. Dość wspomnieć, że wyłącznik olejowy trójfazowy dla napięcia 150 kV i dla mocy odłączalnej 1 500 MVA zawiera 10 ton oleju”.

Autor informuje, że w AEG są produkowane wyłączniki pneumatyczne, a w firmie Siemens-Schuckert — ekspansyjne.

Decyzja budowy pierwszej w kraju linii bardzo wysokiego napięcia z Rożnowa do Warszawy, z której jako pierwszy został wykonany odcinek śródotroczniczny przed zupełnie nowymi perspektywami. Było jasne, że firmy, które w wyniku przetargu uzyskają zamówienia na dostawy urządzeń elektrycznych dla ZEORK-u (Zjednoczenia Energetycznego Okręgu Radomsko-Kieleckiego), budującego tę linię przesyłową, będą musiały uczynić wielki wysiłek inwestycyjny i techniczny, aby z dotychczasowej granicy 35 kV lub najwyżej 60 kV przejść na 150 kV, ale za to pozostawią daleko za sobą całą dotychczasową konkurencję i będą miały największe szanse przy realizacji dalszych etapów elektryfikacji Polski.

Udział przemysłu polskiego przy budowie tej pierwszej linii przesyłowej zrelacjonował inż. Włodzimierz Szumilin [2.160], podając m.in. warunki, na jakich zamówiono zaoferowane przez K. Szpotańskiego wyłączniki małoolejowe, które na świecie przeżywały wtedy dopiero początkowe stadium rozwojowe. Wobec

skąpego doświadczenia, konieczne było nabycie licencji. Udzieliła jej firma Ateliers de Constructions Électriques de Delle w Lyonie, Warunki otrzymania licencji były bardzo dogodne [2.153], na co miała niewątpliwie wpływ pomyślna współpraca z inną francuską firmą przy produkcji liczników.

Umowa na dostawę pierwszych 4 szt. wyłączników małosieciowych 150 kV dla ZEORK-u przewidywała, że będą one wykonane z surowców i półfabrykatów krajowych, z wyjątkiem surowej miedzi, niektórych materiałów izolacyjnych i kolumn izolatorów porcelanowych. Łącznie na import surowców i półfabrykatów przypadało 24⁰/₁₀₀ wartości materiałów wyłącznika. Ponadto zezwolono na import z firmy Delle jednej komory gaszeniowej jako wzoru, według którego wykonano krajowy prototyp komory, po czym został on wysłany z powrotem do Francji, wmontowany do bieguna wyłącznika firmy Delle i poddany próbom zwarciovym w laboratorium tej firmy w Lyonie ze skutkiem pozytywnym.

Dane techniczne tych wyłączników, będących w okresie międzywojennym szczytowym osiągnięciem polskiego przemysłu w zakresie łączników wysokonapięciowych, podał inż. Czesław Bartkiewicz [2.5], zestawiając je dla porównania z danymi odpowiadających im pod względem napięcia wyłączników olejowych (dane dla jednego bieguna):

	Wyłącznik olejowy	Wyłącznik małoolejowy
Napięcie znamionowe	150	150 kV
Zawartość oleju	4 600	40 l
Liczba przerw	10	1
Długość przerw	300	36 mm
Czas trwania łuku	0,2	0,05 s
Ciężar	7 200	2 505 kg
Ciężar z wbudowanym przekładnikiem		3 400 kg

ZEORK żądał gwarantowanej mocy wyłączalnej 1 000 MVA, a badania bieguna w zwarciozni Delle wykazały, że wytrzymał on prąd udarowy 27,8 kA i moc wyłączalną 1 500 MVA. Napęd 3 biegunów wyłącznika (rys. 2.23) ze wspólnym wałem był zdalnie sterowany, silnikowy za pomocą uniwersalnego komutatorowego silnika jednofazowego 220 V [2.3]. Odbiór 4 szt. wyłączników w końcu lutego 1937 r. wykazał ich pełną sprawność. Później dostarczono jeszcze 2 komplety, tak że w sumie wykonano przed wojną 19 biegunów (jeden rezerwowy), łączonych w trójfazowe zespoły i 6 napędów silnikowych do nich.

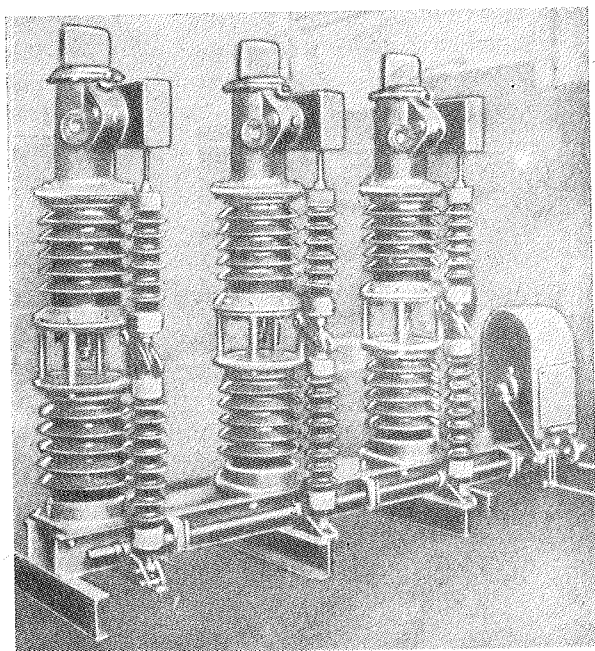
Dostawy FAE K. Szpotański dla wspomnianej linii przesyłowej objęły ponadto:

— izolatory sieciowe w liczbie 26 tys. szt., do których porcelanę dostarczyła w małej części fabryka w Ćmielowie, a większość francuska firma Compagnie Générale d'Electrocéramique, przy czym kitowanie porcelany z okuciami

pochodzenia krajowego oraz próby elektryczne i mechaniczne odbywały się w fabryce Szpotańskiego [2.4];

— przekładniki prądowe (18 szt.) i napięciowe (6 szt.) opisane w następnym punkcie;

— odłączniki 150 kV (66 szt.) z nożami poruszającymi się w płaszczyźnie poziomej, wykonane również na podstawie licencji Delle [2.45], poddawane próbom na przebicie napięciem próbnym 350 kV w laboratorium Szpotańskiego (rys. 2.24).



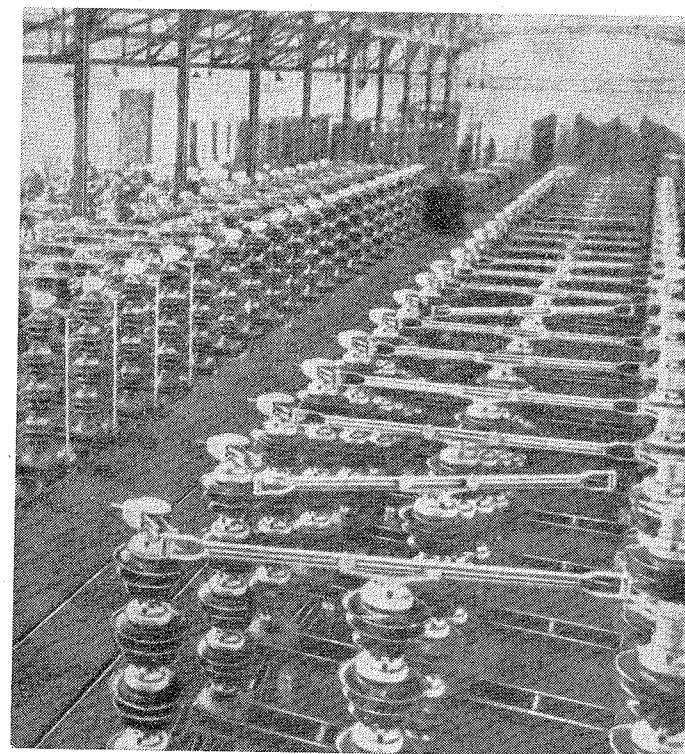
Rys. 2.23. Wyłącznik małoolejowy 35 kV firmy K. Szpotański

Rodzina wyłączników małoolejowych została w 1939 r. zwiększona o wyłączniki 3-biegunowe, 35 kV, 500 A o mocy wyłączeniowej 500 MVA w wykonaniu wnętrzowym i napowietrznym, z napędem silnikowym. Konstrukcja tych aparatów, wywodząca się ze wzoru licencyjnego na 150 kV, zawierała jednak tyle własnych nowych elementów, że podjęto decyzję wysłania prototypu do zbadania w zwarciowni KEMA w Holandii. Tam wytrzymał on 18 wyłączeń zwarciovych, w tym ustalony w zaleceniach IEC cykl odbiorczy przy pełnej mocy wyłączeniowej 500 MVA [2.6]. Wobec pomyślnych wyników tych prób, firma Delle wprowadziła ten w Polsce opracowany typ wyłącznika na 35 kV do swego katalogu.

Pomoc licencyjna tej firmy w zakresie wyłączników powietrznych i bezpieczników wielkiej mocy również miała charakter szczególny. Po wchłonięciu

zasobu informacji zawartych w pierwszych egzemplarzach nowej serii, polscy inżynierowie wprowadzili ze swej strony wiele zmian i oryginalnych udoskonaleń.

Pierwszy zbudowany w kraju w 1939 r. wyłącznik powietrzny bezsprężarkowy, czyli według obecnej nomenklatury samosprężny, 20 kV, 600 A, 200 MVA,



Rys. 2.24. Hala montażowa odłączników 150 kV w fabryce K. Szpotański i S-ka

w którym strumień powietrza gaszący łuk na rozwierających się stykach powstał przez ruch tłoka w cylindrze i wydmuch przez dyszę, zbudowano dokładnie według licencji Delle [2.70]. Lecz już częściowo oryginalną konstrukcją wykazują wyłączniki (z 1939 r.), pracujące na tej samej zasadzie dla napięcia 6 kV, których wymiary i ciężary były bardzo małe (185 i 220 kg), ale też ich moc wyłączalna wynosiła zaledwie 33 lub 73 MVA [2.22]. Ponieważ w wielu przypadkach trzeba się było liczyć ze znacznie większą mocą, wprowadzono do produkcji począwszy od 1938 r. wyłączniki powietrzne zasobnikowe do instalacji wnętrzowych o mocy wyłączeniowej 400 MVA przy 10 kV [2.71]. Firma Delle nie dysponowała wówczas konstrukcją o tak dużej mocy (granica przy 10 kV było 250 kVA) i dlatego była to znów konstrukcja zaprojektowana w Polsce jako ulepszenie konstrukcji licencyjnej.

Wyłączniki te dostarczono do Stalowej Woli, gdzie pracują one już ponad 30 lat, oraz do bazy łodzi podwodnych.

Przy tej sposobności należy podkreślić stałą troskę firmy FAE K. Szpotański i jej konstruktorów o zwiększenie obronności kraju. Dotyczy to oczywiście nie tylko łączników.

Produkcję bezpieczników wielkiej mocy wysokiego napięcia według wspomnianej już licencji, rozpoczęto również w 1938 r. Wykonywano 2 typy bezpieczników [2.19]: jeden do zabezpieczenia przekładników napięciowych (prąd 0,25 do 3,2 A), drugi do transformatorów mocy (5 do 100 A), przy czym sprawdzona oscylogramem w zwarciozni KEMA moc wyłączalna wynosiła 250 MVA przy 6 kV. Teorię gaszenia łuku w tych bezpiecznikach podał inż. Stanisław Dzierżbicki [2.20]. Specjalną odmianę tych bezpieczników produkowano do zabezpieczenia obwodów pomocniczych w podstacjach trakcji elektrycznej; były więc one skonstruowane na prąd stały o napięciu 3 000 V i wyłączały prądy zwarcia do ok. 12 kA [2.21].

Na tle tych poważnych osiągnięć firmy K. Szpotański trzeba stwierdzić, że jego konkurencja również miała sukcesy. Oto w okresie, gdy trwały jeszcze prace nad szczegółowym projektem pierwszej linii przesyłowej 150 kV, a więc w latach 1933—1935 [2.52], w firmie Kleiman przygotowywano rewelację: wyłączniki strumieniowe na podstawie licencji Voigt & Haefner [2.128]. Istotną częścią tej konstrukcji było różnicowa komora ciśnieniowa DAL, w której strumień małej ilości przepływającego pod ciśnieniem oleju gasił łuk. Komorę DAL można było zastosować także do przebudowy istniejących wyłączników olejowych, uzyskując zwiększenie mocy wyłączeniowej.

Takie wyłączniki pełnoolejowe z komorą DAL na napięcie 35 kV o mocy wyłączeniowej 500 MVA, których koszt wypadł taniej niż koszt wyłączników małoolejowych, wykonała firma Kleiman na zamówienie angielskich firm Metropolitan-Vickers i English Electric Company, elektryfikujących warszawski węzeł kolejowy. Wyłączniki te dostarczono przedterminowo, tj. w 1936 r., do wszystkich podstacji węzła. Jeden wyłącznik był próbowany w zwarciozni firmy ASEA w Ludwiku w Szwecji, przy czym osiągnięto moc wyłączalną 510 MVA, a więc większą niż gwarantowana. Także dla linii Rożnów-Mościce (przed jej przebudową na 150 kV, co nastąpiło dopiero w czasie okupacji) dostarczył Kleiman wyłączniki olejowe z komorą DAL [2.128].

Na zakończenie omówienia krajowej produkcji łączników wysokiego napięcia trzeba wspomnieć o rozdzielnicach, w których aparaty te były wbudowane. Były one projektowane, wykonywane i montowane przez kilka wymienionych uprzednio firm. Rozdzielnie takie o stalowej konstrukcji celek wykonywała firma K. Szpotański na napięcie 15 kV. Każde pole zawierało 3 odłączniki 1-biegunkowe, wyłącznik olejowy, przekładniki prądowe zasilające amperomierze, pojedynczy lub podwójny układ szyn zbiorczych, mufę kablową i lampki sygnałowe [2.92].

Przed wojną zbudowano rozdzielnie napowietrzne na napięcie 150 kV tylko dwie: w Mościcach i w Starachowicach; budowa rozdzielni na warszawskim końcu linii przesyłowej w Ursusie była przygotowywana.

Przekładniki. Rozwój techniczny następnej grupy aparatów wysokiego napięcia — przekładników — lub jak dawniej omówiono transformatorów mierniczych, prądowych i napięciowych — różnił się od opisanej grupy łączników pod trzema istotnymi względami:

a) produkcja ich rozpoczęła się stosunkowo późno (pierwsze dostawy w lutym 1932 r. [2.89]), lecz od razu na wysokim poziomie jakościowym;

b) wyraźniejsza niż w innych działach przemysłu elektrotechnicznego była koncentracja produkcji w jednej tylko firmie — w FAE K. Szpotański i S-ka;

c) z wyjątkiem pierwszej wyprodukowanej przez tę firmę serii przekładników olejowych, wszystkie dalsze konstrukcje nie były przedmiotem licencji, lecz stanowiły chlubny rezultat polskiej myśli technicznej grupy inżynierów, którzy byli zarazem autorami licznych publikacji ([2.89] do [2.93]), opisujących wyroby z tej dziedziny.

Przekładniki napięciowe wykonywano jako:

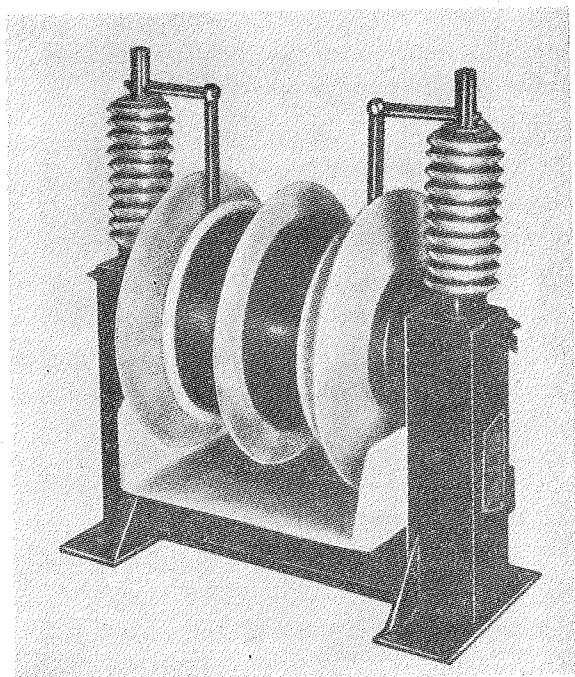
— olejowe od 3 do 45 kV w wykonaniu wewnętrznym i napowietrznym o konstrukcji dopuszczonej do legalizacji przez Główny Urząd Miar [2.143, 2.145];

— suche od 1 do 60 kV (legalizacja GUM obejmowała tylko przekładniki dla napięć do 10 kV) do instalowania wewnątrz budynków; przy tych samych klasach dokładności do przekładników tych można było przyłączyć mierniki większej mocy niż do przekładników olejowych (rys. 2.25) [2.144];

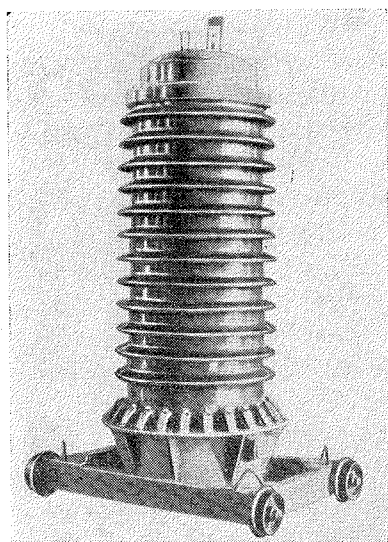
— małoolejowe dla napięć 60 i 150 kV, kaskadowe, z obudową zewnętrzną w postaci izolatora porcelanowego (rys. 2.26) o gwarantowanym napięciu przeskoku na sucho 450 kV, na mokro 385 kV, o mocy zasilania mierników 500 VA w klasie 1 [2.42].

Aby móc badać we własnym laboratorium omawiane przekładniki i inne aparaty wysokiego napięcia, zbudowano w 1936/1937 r. — według konstrukcji dr Stanisława Szpora oraz inżynierów Janusza Lesiowskiego i Walentego Starczakowa — transformator probierczy 6/600 kV, małoolejowy, ze środkiem uzwojenia połączonym z rdzeniem, a zatem z izolacją na 300 kV, o mocy trwałej 165 kVA, a zwarciowej 440 kVA [2.81]. Było to przed wojną jedno z rekordowych osiągnięć w zakresie urządzeń elektrycznych.

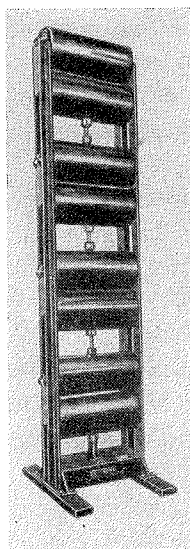
Drugim takim szczytowym osiągnięciem był przekładnik napięciowy, kaskadowy dla napięć do 450 kV (rys. 2.27), wysłany tuż przed wybuchem wojny w 1939 r. jako eksponat do pawilonu polskiego na wystawie światowej w Nowym Jorku [2.102] (skąd wrócił po wojnie). Przekładnik ten, bezoscylacyjny, miał jeden biegun uziemiony oraz zaczepy na 100, 200, 300 i 400 kV. Moc miernicza wynosiła 30 VA w klasie 0,2 przy 2 niższych napięciach, a również 30 VA,



Rys. 2.25. Przekładnik napięciowy suchy 10 kV firmy K. Szpotański



Rys. 2.26. Przekładnik napięciowy mało-olejowy 150 kV firmy K. Szpotański



Rys. 2.27. Przekładnik napięciowy kaskadowy do 450 kV

lecz w klasie 0,5 dla górnych zakresów napięcia. Można przypuszczać, że — gdyby nie wojna — przekładnik ten otworzyłby nam możliwość eksportu nawet do krajów wysoko uprzemysłowionych.

W zakresie przekładników prądowych najdawniej, gdyż od 1932 r., były produkowane przekładniki olejowe o przekładni do 4500/5 A dla napięć 10 i 20 kV. Oprócz tej serii, rozszerzonej później na wyższe napięcia, budowano od 1934 r. przekładniki prądowe pętlicowe przepustowe do 30 kV dla prądów do 500 A [2.80]. W latach 1936/1937 wprowadzono do produkcji przekładniki prądowe szynowe z izolacją kondensatorową na duże prądy 10 i 15 kA o mocy 120 VA w klasie 1 [2.140, 2.146, 2.147, 2.191] oraz suche przekładniki prądowe talerzowe [2.104] do 20 kV i garnkowe do 60 kV [2.16] do 300 A prądu pierwotnego.

Szczytowym osiągnięciem w tej dziedzinie były przekładniki prądowe na napięcie 150 kV, w układzie kaskady dwuczłonowej [2.17]. Były one wbudowane w wózek wyłącznika małoolejowego (rys. 2.23) i odgrywały w tym zespole jednocześnie rolę izolatora wsporczego jednego z biegunów odłącznika. Moc miernicza wynosiła 45 VA w klasie 0,5 lub 90 VA w klasie 1.

Oprócz K. Szpotańskiego przekładniki produkował również S. Kleiman, pokazując pierwsze sztuki na wystawie elektrotechnicznej w gmachu AGH w Krakowie, zorganizowanej z okazji VI Zjazdu SEP w 1934 r. (a więc w 2 lata po K. Szpotańskim). Lecz u S. Kleimana przekładniki były raczej produkcją marginesową; ograniczono się tylko do przekładników prądowych dla napięć do 30 kV i prądów do 500 A [2.13], przy czym brakuje informacji o ich klasie dokładności i mocy mierniczej.

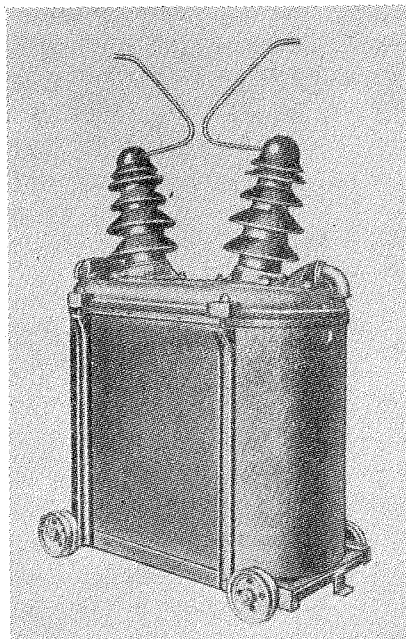
Wspomniana w artykule prof. Włodzimierza Krukowskiego [2.76] firma Kontakt we Lwowie wytwarzała wprawdzie bardzo dokładne przekładniki prądowe (uchyb prądowy 0,05%, kątowy 3'), lecz tylko niskiego napięcia do sprawdzania liczników; przekładnia tych przyrządów była regulowana w zakresie od 0,5 do 30/5 A [2.93].

Ochronniki. Jako ochronę stacji elektroenergetycznych i linii napowierznych od przepięć atmosferycznych stosowano początkowo iskierniki rożkowe. W latach dwudziestych odgromniki rożkowe były przedmiotem reklamy firm: Imass, Kleiman, Szpotański, Bracia Borkowscy. Badania prowadzone w wielu krajach nad urządzeniami chroniącymi od przepięć wykazały zupełną bezużyteczność iskierników rożkowych z szeregowo włączanymi opornikami o stałym oporze [2.156].

Ulepszeniem ich były ochronniki przepięciowe systemu dr Bendmanna w wykonaniu firmy S. Kleiman [2.7]. W przyrządach tych (rys. 2.28) przeskok iskry między elektrodami powodował zadziałanie zanurzonego w oleju elektromagnetycznego przekaźnika, który zawierał przerwę iskrową, wskutek czego łuk

w niej gaśł, a prąd udarowy płynął przez opornik (mniejszy niż przy rożkach) do ziemi [2.97].

Ze względu na skomplikowaną budowę, aparaty Bendmanna wkrótce wyszły z użytku [2.74].



Rys. 2.28. Odgromnik przepięciowy syst. Bendmanna firmy Kleiman

Dalszym usprawnieniem było zastąpienie rożków elektrodami półkolistymi i osłonięcie ich lekką pokrywą. Nowy typ iskiernika (do 35 kV) wprowadziła firma S. Kleiman, gdyż:

„...,jaskółki urządzały gniazda wewnątrz osłony metalowej, wskutek czego zdarzały się zwarcia na dotychczasowych iskiernikach, a okapturzone iskierniki kulowe wykluczają to” [2.56].

W istocie — jak wyjaśnia inż. A. Morawski w swej książce *Sieci elektryczne i współpraca elektrowni* [2.97] — chodziło nie tylko o jaskółki, lecz również o bardziej równomierny rozkład pola elektrycznego przy elektrodach kulistych niż przy elektrodach rożkowych lub łyżkowych.

W 1935 r. firma S. Kleiman wypuściła na rynek ekspansyjne odgromniki przepięciowe „Katodex” o kilku pomocniczych przerwach iskrowych, do których równolegle były przyłączone oporniki zwierane przy powstaniu przepięcia, dzięki czemu opór był w pewnym stopniu zależny od napięcia. „Katodexy”

miały również zawór bezpieczeństwa, którego zadaniem było odjonizowanie wnętrza odgromnika i odprowadzenie nagrzanego powietrza na zewnątrz [2.59]. Jednak materiał oporowy w tych opornikach był jeszcze tradycyjny.

Lecz już w tym samym 1935 r. nastąpił przełom ku nowoczesności w zakresie skutecznej ochrony od przepięć atmosferycznych. Wówczas bowiem inżynierowie z fabryki K. Szpotańskiego pod kierunkiem dr St. Szpora opracowali w wyniku kilkuletnich badań własną konstrukcję zmiennooporowych ochronników zaworowych na napięcia 3, 6, 15 i 30 kV [2.155] i uruchomili ich produkcję. Zastosowali oni wynaleziony we własnym laboratorium materiał, nazwany „faetytem” o dużym oporze przy napięciu roboczym i o silnie malejącym oporze w miarę wzrostu napięcia, a więc przy przepływie prądu wyładowczego o wielkiej amplitudzie.

Na tle światowego postępu w tej dziedzinie, omówione tu polskie osiągnięcie zasługuje na szczególne wyróżnienie. W przytoczonym już dziele inż. A. J. Morawskiego [2.97] są zawarte informacje o poprzednikach firmy K. Szpotański i tak pierwsze ochronniki zaworowe wyprodukowała firma General Electric Company w 1930 r. (tzw. ochronniki thyritowe), dwa dalsze miejsca przypadające na lata 1931/1932 zajmują AEG (ochronniki SAW — Spannungs Abhängiger Widerstand) i BBC (ochronniki resorbitowe). Zważywszy, że skład i technologia materiału oporowego stanowiły w tych firmach ściśle tajemnicę, osiągnięcie przez polską fabrykę czwartego miejsca w konkurencji światowej w ciągu zaledwie paru lat stanowi niewątpliwie duży sukces.

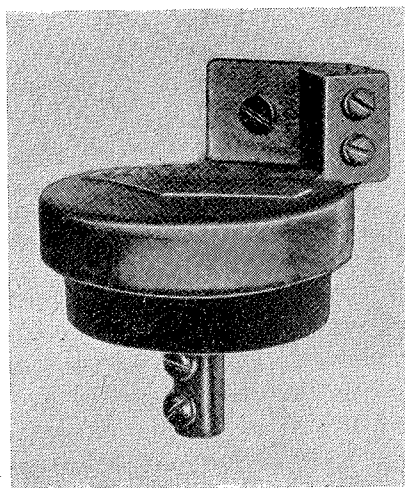
Odgromniki zaworowe K. Szpotańskiego były wprawdzie cięższe niż zagraniczne, ale miały znacznie silniejszą konstrukcję, przy czym sam odgromnik, złożony z odcinającego iskiernika kulistego, z płytkowych iskierników gaszących i ze stosu zmienno-oporowego, zbudowanego z krążków faetytu, był wmontowany w obudowę porcelanową w wykonaniu napowietrznym lub bakelitową w wykonaniu wewnętrznym. W laboratorium firmy stwierdzono [2.158], że odgromniki te wytrzymały bez uszkodzeń udar prądowy o wartości do 20 kA.

Od 1935 r. produkowano również rejestratory przepięć, w których przesuwiał się krążek papieru; jego przebicia wskazywały nie tylko liczbę zadziałań, lecz również umożliwiały określenie chwili zadziałania [2.157].

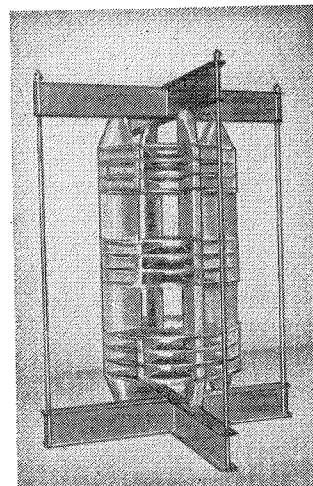
Aby już nie wracać do tematu odgromników zaworowych, trzeba dodać — choć należeć to powinno raczej do treści następnego punktu o aparatach niskiego napięcia — że odgromniki te były również produkowane do ochrony sieci niskich napięć w 2 wersjach: z jednym krążkiem faetytu do sieci prądu przemianowego do 500 V (rys. 2.29) i z 2 krążkami do sieci prądu stałego do 600 V dla trakcji [2.139].

Dalszym ulepszeniem w dziedzinie zabezpieczeń przeciwprzepięciowych były bezpieczniki „ochronnikowe” [2.138], włączane na doprowadzeniach do odgromników wysokiego napięcia.

Wreszcie należy wspomnieć o ochronie przetężeniowej od prądów zwarcio-
wych w postaci dławików bezrdzeniowych. Produkcją tych urządzeń zajmowały
się co najmniej 4 firmy: Imass, Kleiman, AEG w Łagiewnikach Śląskich i Szpo-



Rys. 2.29. Odgromnik zaworowy 500 V
FAE K. Szpotański i S-ka

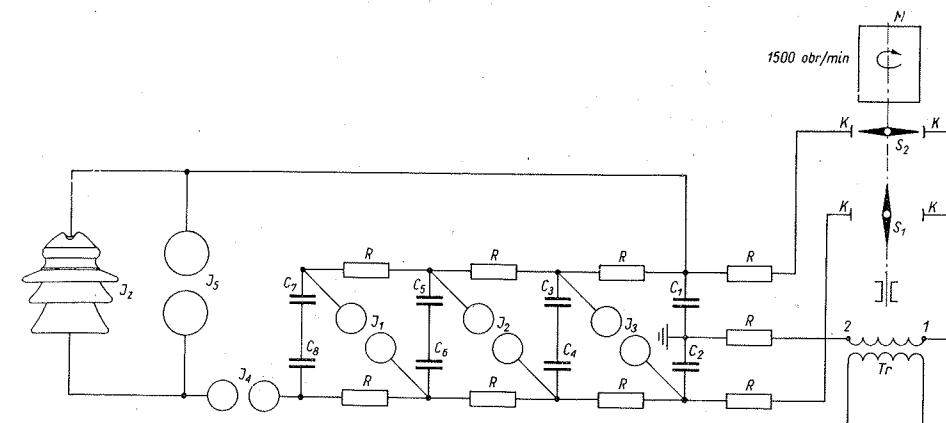


Rys. 2.30. Dławik przeciwzwarciowy
FAE K. Szpotański i S-ka

tański. Dławiki tej ostatniej firmy były badane w laboratorium wielkiej mocy
KEMA w Holandii, gdzie wykonano 28 pełnych zwarć i stwierdzono osiągnięcie
granicznej wytrzymałości mechanicznej i cieplnej [2.94, 2.95, 2.96]. Pokazany
na rys. 2.30 dławik przeciwzwarciowy 250 A, 15 kV, 50% ogranicza prądy zwar-
cia do 5 kA.

Aparaty laboratoryjne wysokiego napięcia. W 1939 r. na Powszechnej Wy-
stawie Krajowej w Poznaniu duże zainteresowanie wzbudziła wykonana przez
Pomorską Elektrownię Krajową Gródek pierwsza w Polsce i jedna z niewielu
w Europie aparatura do badania izolatorów falami uskokowymi o napięciu do
600 000 V, pokazana w ruchu [2.1]. Do ładowania kondensatorów wchodzących
w skład tego generatora udarowego był potrzebny prąd stały lub wyprostowany.
Prostowanie prądu przemiennego płynącego z transformatora 60 kV za pomocą
lamp elektronowych było wówczas przedsięwzięciem kosztownym i dlatego
schemat urządzenia przewidywał przełączanie bądź na prostownik kenotronowy,
stosowany przy napięciu udaru ponad 500 kV, bądź na prostownik mechaniczny,
używany w celu oszczędzania kenetronu przy napięciach niższych. Prostownik
mechaniczny (rys. 2.31) składał się z pertinaksowego wału napędzanego silnic-
kiem synchronicznym o 1 500 obr/min i z wirujących śmigieł, które zbliżając się
do styków stałych powodowały przepływ prądu w postaci iskier tylko w jednym

kierunku, gdyż w czasie jednej połówki sinusoidy napięcia. Za pomocą tego
generatora elektrownia Gródek sprawdzała na przebicie każdy wykonany dla
linii Gródek-Gdynia (60 kV) izolator wiszący systemu Hoffmanna.



Rys. 2.31. Prostownik mechaniczny o wirujących śmigłach Elektrowni Pomorskiej „Gródek”
 $C_1, C_2, \dots$ — kondensatory; I — iskierniki; I_s — iskiernik pomiarowy; I_z — izolator badany;
 K — kontakty; M — silnik synchroniczny; R — opory; Tr — transformator

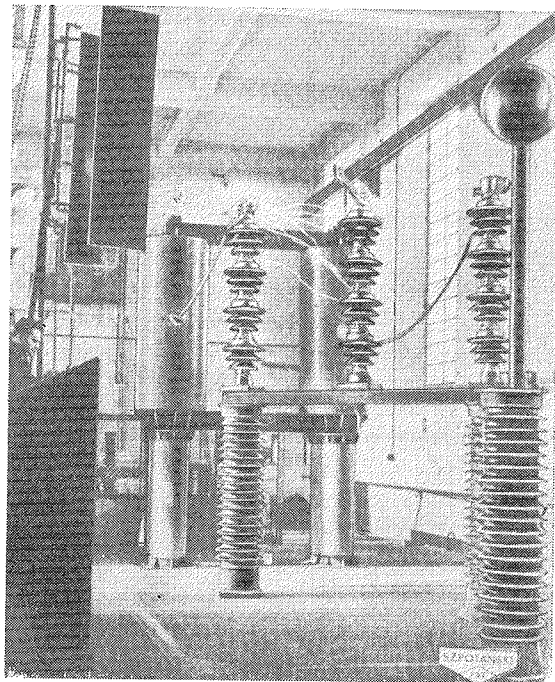
W 1935 r. Gródek dostarczył podobne urządzenie do wytwarzania fal uda-
rowych fabryce porcelany w Chodzieży [2.163]. Zastosowano tam transformator
60 kV z Elektrobudowy w Łodzi.

Wszystkie firmy produkujące urządzenia wysokich napięć musiały oczy-
wiście mieć stacje prób, umożliwiające dokonywanie wymaganych przepisami
badań przy odpowiednio wyższym napięciu. W 1932 r. fabryki rozporządzały
następującymi napięciami: fabryka porcelany Ćmielów — 150 kV, Giesche —
300 kV, fabryka aparatów Imass — 150 kV, Elektrobudowa — 300 kV; takie
też było wtedy najwyższe napięcie w Politechnice Warszawskiej. Także fabryka
S. Kleimana dysponowała 300 kV w laboratorium napięciowym, do 16 kA w prą-
dowym i zrywarką Amslera do 15 ton w laboratorium mechanicznym. Lecz już
w 1935 r. S. Kleiman sprowadził z firmy Elin w Austrii transformator probierczy
wysokonapięciowy i zainstalował generator udarowy tak, że można było uzyski-
wać prądy udarowe do 1 000 A i napięcia do 1 000 kV [2.59]. W następnych
latach napięcie to zostało podwyższone do 1 250 kV.

O małoolejowym transformatorze probierczym 6/600 kV o mocy trwałej
165 kVA, zbudowanym według własnego projektu w firmie K. Szpotański, była
już mowa [2.81]. Najwyższe napięcie udarowe w laboratoriach tej firmy
(rys. 2.32) wynosiło 1 600 kV, a prąd udarowy 20 kA. Wszystkie próby aparatów
wysokiego napięcia wymagane przepisami oraz liczne badania doświadczalne

nad nowymi konstrukcjami firma K. Szpotański wykonywała we własnych laboratoriach, z wyjątkiem prób zdolności wyłączania.

Próby te w niewielkim tylko zakresie były dokonywane w zwarciozni firmy Delle w Lyonie, oczywiście tylko na wyrobach budowanych na podstawie licencji tej firmy. Natomiast w szerokim zakresie — mimo związanych z tym kosztów — korzystano z możliwości dokonywania prób zwarciovych w neutralnej

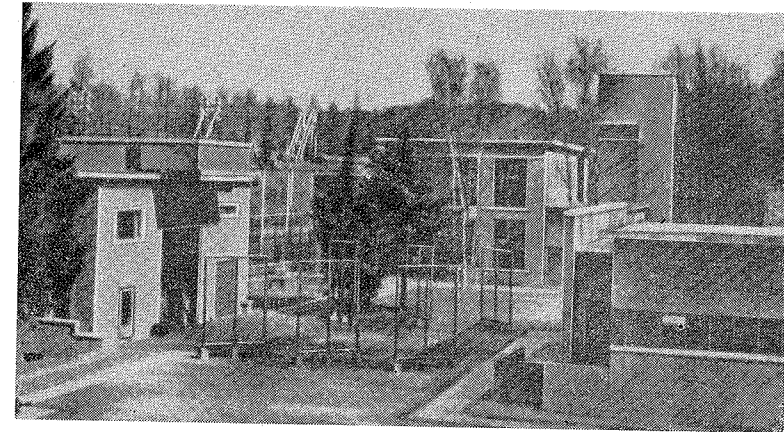


Rys. 2.32. Fragment laboratorium wysokiego napięcia w FAE Szpotański i S-ka

holenderskiej instytucji o pełnej nazwie: Naamloze Venootschap tot Keuring van Elektrotechnische Materialen KEMA w Arnhem, dysponującej w latach 1938/1939 mocą zwarciovą do 700 MVA (rys. 2.33). Do Holandii delegował wówczas K. Szpotański trzykrotnie po 3 inżynierów łącznie na okres $3\frac{1}{2}$ miesiąca; zbadali oni w ciągu 114 godzin 61 aparatów wysokiego napięcia oraz 3 wyłączniki olejowe i 12 bezpieczników niskiego napięcia, oscylografując przebieg każdej próby [2.72], przy czym ogółem wykonano 233 zwarcia.

Oczywiście dokonywanie prób zwarciovych za granicą było niedogodne i dewizowo kosztowne. Od początku istnienia firmy doceniając wagę prowadzenia własnych prac naukowo-technicznych, K. Szpotański wraz z zespołem inżynierów dążył do stałego wzbogacania laboratoriów badawczych, a wyniku tej tendencji zapadła decyzja budowy własnej zwarciozni w Międzyzlesiu. Zakupiony w tym celu w Łodzi generator, który po wzmocnieniu konstrukcji miał

służyć jako zwarciowy, nie zdołał już dotrzeć do Międzyzlesia i został porzucony w Aninie, gdy wybuch wojny we wrześniu 1939 r. pokrzyżował dalszą realizację tych planów.



Rys. 2.33. Zwarciozna KEMA

K. Szpotański korzystał również w niektórych przypadkach nie wymagających dużej mocy zwarciowej z możliwości dokonywania prób w sieci elektrowni okręgu warszawskiego, a przy badaniach aparatów prądu stałego — z sieci warszawskiego węzła PKP. Tak np. dokonano na jednej z podstacji trakcyjnych prób bezpieczników 3 000 V, które wyłączyły prąd 12 kA.

W niewielkim stopniu korzystały również firmy przemysłowe, produkujące aparaty wysokiego napięcia, ze skromnie na ogół wyposażonych laboratoriów Politechniki Warszawskiej. W nich właśnie zbadano oscylografem omówione poprzednio odgromniki katodowe S. Kleimana, zwane „Katodex”.

Przed zakończeniem rozdziału omawiającego produkcję aparatów wysokiego napięcia, należy jeszcze wspomnieć o udanej konstrukcji inż. Gracjana Gawałkiewicza z FAE K. Szpotański elektrofiltrów do odpylania gazów spalinowych. Zespół aparatów do tego celu obejmował: transformator olejowy jednofazowy 380/60 000 V, 15 kVA, prostownik mechaniczny napędzany silnikiem, wyłącznik samoczynny wysokonapięciowy ze stykami do odprowadzania ładunków elektrostatycznych z przewodów komory odpylającej [2.26].

Kończąc przegląd produkcji aparatów wysokiego napięcia, można stwierdzić poważne osiągnięcia polskiego przemysłu w tej dziedzinie w okresie poprzedzającym drugą wojnę światową.

Aparaty niskiego napięcia. Do omawianych w tym punkcie aparatów zostały zaliczone:

— łączniki manewrowe i zabezpieczające obwody energetyczne niskiego napięcia i odbiorniki energii elektrycznej, szczególnie silniki;

Tablica 2.16
WYTWÓRNIE APARATÓW NISKIEGO NAPIĘCIA

Lp.	Firma	Wielkość	Adres	Rok założenia	Łączniki						Rozruszniki		Regulatory napięcia obrotów; oporniki suwak.	
					ręczne		samoczynne		rozdziałnice skrzynkowe i tablice rozdziel.	bezpieczniki wielkiej mocy	ręczne	samoczynne		
					tablicowe	skrzynkowe	automaty do światła	skrzynki przyłączone do silników						olejowe
1	AEG	Śr	Łągiwniki G. Śl.	1931	A			A		AB	AB	AB		
2	Bezot	Śr	Warszawa, ul. Skierniewicka 7	1911									A	
3	F. Błachowicz i Syn	M	Częstochowa	1907									B	
4	Bottia Jan	M	Warszawa, ul. Śliska 52	1936										
5	Ciszewski St. i S-ka	Śr	Bydgoszcz	1923		AB	B							
6	Elektroautomat	Śr	Warszawa, ul. Dzielna 72		AB						AB			
7	Elektrobudowa	D	Łódź, ul. Kopernika 56	1918							AB		A	
8	Elektrop	M	Warszawa, ul. Karłowicka 25	1922							A		A	
9	Elektropol	M	Warszawa, ul. Leszno 71	1923							A		A	
10	Era	D	Włochy	1927							A		AB	
11	Grzywacz A., inż.	M	Warszawa, ul. Żłota 24	1917						AB	A		A	

12	Imass J., inż.	Śr	Łódź, ul. Piotrkowska 255	1908	AB	AB	B	AB	AB	AB			AB
13	Kleiman S. i S-owie	D	Warszawa, ul. Okopowa 19	1918	AB	AB			AB	AB			
14	Lukrec J., inż.	M	Warszawa, ul. Ceglana 9	1920	A	A							
15	Makowski i Zauder	M	Łódź, ul. Karola 5	1928	A								
16	Manjura P.	M	Katowice, ul. Sokolska 4	1919		AB					AB		
17	Piata Wł., inż. i Zauder P.	M	Łódź, ul. Sienkiewicza 163	1938	B	B					B		B
18	Pustoła K. i W.	M	Warszawa, ul. Mazowiecka 11	1932									
19	Reicher J., inż. i S-ka	M	Łódź, ul. Piotrkowska 142	1937		B					B		
20	Rohn-Zieliński Z.E.M.	D	Żychlin, Cieszyn	1921	AB	AB			A		AB		AB
21	Romer E., inż.	M	Lwów, ul. Obnińska	1929							AB		AB
22	Schwabe G.	Śr	Bielsko, ul. Rzeźnicza 22	1878							AB		AB
23	Siemens Pol. Zakł.	M	Ruda Pabianicka	1922	A	A			A				AB
24	Skody Pol. Zakł.	D	Warszawa-Okecie	1929	AB	AB			AB	AB	AB		AB
25	Stocznia Gdańska	D	Gdańsk, ul. Werftig 4	1844							AB		AB
26	Szpotański i S-ka	D	Warszawa, ul. Kaluszyńska 4	1918	AB	AB			AB	AB		B	
27	Zauder P.	M	Łódź, ul. Sienkiewicza 163	1939	B								

O b j a ś n i e n i a: A produkcja sprzed 1932 r. B — produkcja po 1932 r.

Wielkość zakładu: M — mały (mniej niż 100 prac.), Śr. — średni, D — duży (ponad 500 prac.)

— rozruszniki i regulatory prędkości obrotowej lub napięcia, jako akcesoria maszyn elektrycznych.

Aparaty stosowane w trakeji elektrycznej i do napędu suwnic i dźwigów — choć również niskiego napięcia — są opisane w innym punkcie.

Dla międzywojennej produkcji wyżej wymienionych aparatów charakterystyczna jest wielka liczba konkurujących ze sobą wytwórców, co bynajmniej nie miało wpływu na szybki postęp techniczny w tej dziedzinie. Dla orientacji w tabl. 2.16 zestawiono alfabetyczny wykaz — zapewne niepełny — firm zajmujących się produkcją aparatów, które zostały podzielone na 10 rodzajów. Litera A w odpowiedniej kolumnie oznacza, że dany rodzaj wyrobów był produkowany w okresie przedkryzysowym (do 1932 r.), Litera B odnosi się do produkcji wykonanej w ostatnich kilku latach poprzedzających wybuch drugiej wojny, czego ślad pozostał bądź w ogłoszeniach *Wiadomości Elektrotechnicznych* w latach 1933—1939; bądź w nielicznych artykułach opisowych.

Spśród 27 firm aż 14 stanowią małe warsztaty, zatrudniające mniej niż 100 osób. Prawie wszystkie te małe zakłady wytwarzały tylko prymitywne skrzynki z ręcznymi wyłącznikami lub przełącznikami gwiazda/trójkąt, a także ręczne rozruszniki suche i olejowe do silników trójfazowych pierścieniowych. Jednak małe wytwórnie nie miały w tym ostatnim zakresie wielkich możliwości zbytu, ponieważ rozruszniki i regulatory były również produkowane przez 6 wielkich producentów maszyn elektrycznych, którzy dostarczali maszyny łącznie z akcesoriami.

Konstrukcja rozruszników i regulatorów ręcznych była prosta i przez całe lata (właściwie do dziś!) nie ulegała istotnej zmianie; trudno więc mówić o postępie technicznym w tym zakresie. Pierwsze w Polsce rozruszniki wykonała firma S. Kleiman w 1918 r., jakkolwiek D. Kowalczewski twierdzi, że pierwszeństwo należy się firmie W. Brygiewicz i M. Zucker, która rozruszniki własnej konstrukcji wystawiła na wystawie przemysłu elektrotechnicznego w Toruniu w 1921 r. [2.74].

Poważnym sukcesem była budowa samoczynnych urządzeń rozruchowych, umożliwiających zdalne uruchamianie silników większej mocy, nie tylko jako skutek naciśnięcia przez obsługę odpowiedniego przycisku, lecz również wskutek samoczynnego działania różnego rodzaju przekaźników, zależnych od temperatury, ciśnienia, poziomu cieczy itp. Budowa takich urządzeń, które stały się początkiem wielkiego rozkwitu nowej gałęzi techniki — automatyki napędu elektrycznego — była dość późno podjęta przez nieliczne firmy w Polsce; szczególnie wyróżnić tu należy Władysława Pustolę, który wkrótce po utworzeniu firmy K. i W. Pustola zajął się budową automatów rozruchowych.

W ostatnich latach przed wojną produkcję automatycznych układów rozruchowych podjęła FAE. K. Szpotański i S-ka. W *Informacjach dla przyjaciół* znajdujemy opis działania samoczynnego przełącznika gwiazda/trójkąt [2.181];

w tym samym wydawnictwie inż. Wacław Żmigrodzki opisał rozrusznik samoczynny napędzany zdalnie silnikiem [2.189] oraz przełącznik samoczynny do zasilania urządzeń elektrycznych z rezerwowej sieci w przypadku awarii sieci głównej [2.190].

Jak stwierdził inż. E. Koppé, firmie K. Szpotański przypada pierwszeństwo podjęcia krajowej produkcji wszystkich prawie aparatów elektrycznych niskiego napięcia: „... z wyjątkiem wcześniej już przez Braci Petsch wyrabianych wyłączników drążkowych i bezpieczników paskowych” [2.68].

Tablice rozdzielcze, początkowo jeszcze marmurowe, później z blach stalowych, a jeszcze później często zastępowane przez okapturzone rozdzielnice skrzynkowe, bywały w początku lat dwudziestych dostarczane nie tylko przez K. Szpotańskiego i S. Kleimana, lecz również przez Polskie Zakłady Elektryczne Brown Boveri i przez Polskie Towarzystwo Elektryczne (PTE); później wytwórnie maszyn elektrycznych zrezygnowały z tej części programu produkcyjnego [2.74].

Natomiast w licznych firmach były wytwarzane skrzynki przyłączowe, początkowo żeliwne, a pod koniec omawianego okresu u niektórych producentów również blaszane. Skrzynki te zawierały najpierw tylko ręczne wyłączniki lub przełączniki z gwiazdy w trójkąt, przełączniki kierunku wirowania lub przełączniki liczby biegunów, niekiedy z wbudowanymi bezpiecznikami topikowymi. Do tworzenia z nich rozdzielni skrzynkowych były potrzebne jeszcze skrzynki szynowe, przy czym poszczególne elementy musiały być zwymiarowane według przyjętych w danej firmie modułów. Jednak rozwój tych rozdzielni okapturzonych [2.159] nastąpił dopiero wówczas, gdy w skrzynkach zamiast łączników ręcznych zastosowano wyłączniki samoczynne z wyzwalaczami nadmiarowymi elektromagnetycznymi, wyzwalaczami cieplnymi, cewką zanikową itp.

Pierwsze wyłączniki samoczynne niskiego napięcia wykonał K. Szpotański w 1926 r. [2.74], przy czym jest rzeczą ciekawą, że najpierw wykonano je jako wyłączniki olejowe dla stosunkowo dużych prądów 150 i 250 A, a później dopiero pojawiły się mniejsze typy w wykonaniu olejowym i suchym [2.69]. Wyzwalacze cieplne do tych łączników (bimetale) były importowane.

Oprócz K. Szpotańskiego, którego samoczynny wyłącznik suchy przedstawiono na rys. 2.34, aparaty tego rodzaju wytwarzały m.in. firmy: S. Kleiman na licencji Voigt & Haefner, [2.23], Elektroautomat [2.63] i J. Imass [2.122]. Wyłącznik suchy na 600 A tej ostatniej firmy jest widoczny na rys. 2.35. Przejściowo, dla zapewnienia pracy załozdze w okresie kryzysu w latach 1931—1933, wyłączniki samoczynne z wyzwalaczami nadmiarowo-cieplnymi do zabezpieczenia silników o obrabiarkach produkowała także Era we Włochach, według licencji Fabryki Maszyn i Aparatów J. Srb w Pradze [2.126].

Dość poważnym konkurentem fabryk aparatów elektrycznych były Zakłady Elektromechaniczne Rohn-Zieliński w Cieszynie, które produkowały według