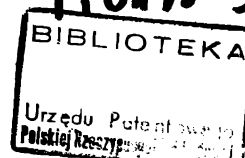


20 grudnia 1928 r.



RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

OPIIS PATENTOWY

Nr 9255.

Kl. 21 c 35.

Westinghouse Electric & Manufacturing Company
(East Pittsburgh, Pennsylvania, Stany Zjednoczone Ameryki).

Urządzenie do przerywania łuku elektrycznego.

Zgłoszono 7 września 1926 r.

Udzielono 28 sierpnia 1928 r.

Pierwszeństwo: 8 września 1925 r. (Stany Zjednoczone Ameryki).

Wynalazek niniejszy dotyczy urządzeń do przerywania łuku elektrycznego w wyłącznikach i przyrządach podobnych i ma zastosowanie szczególnie w wyłącznikach prądu zmiennego.

Przedmiot wynalazku stanowi wyłącznik powietrzny do przerywania silnych prądów zmiennych wysokiego napięcia, bez ponownego zapalania się łuku i wywoływania większych zaburzeń w linii.

W wyłącznikach olejowych, stosowanych dotychczas do przerywania prądów wielkiej mocy, przerywanie to odbywa się zapomocą łuku w oleju, w celu zapobiegania ponownemu zapalaniu się łuku po przejściu prądu zmiennego przez wartość zerową.

Wyłączniki olejowe posiadają liczne i poważne wady, chociaż są dotychczas jedynie używane w liniach nowoczesnych sieci prądu zmiennego, skupiających olbrzymie ilości energii dochodzące do miliona kVA. Energja łuku krótkiego zwarcia, oswojona w oleju przy otwarciu styków wyłącznika, rozkłada olej i wytwarza gazy o sile wybuchowej. Dla wytrzymania olbrzymiego ciśnienia tych gazów, wyłączniki należy umieszczać w ogromnych zbiornikach oleju o budowie bardzo silnej.

Wobec tego budowa wyłączników w sieciach elektrycznych stała się trudniejsza od budowy urządzeń dostarczających prądu do tych sieci, a koszt wyłączników i urządzeń pomocniczych dorównywa czę-

sto kosztowi urządzeń, wytwarzających prąd.

Inną wielką wadę wyłączników olejowych stanowi niebezpieczeństwo pożaru oraz niebezpieczne ich uruchomienie. Gazy powstające w wyłączniku tworzą mieszaniny wybuchowe, a w wielu przypadkach wywołują wybuchy zbiorników oraz zapalenie się oleju i uszkodzenie otaczających urządzeń, zagrażając życiu obsługującego personelu.

Według wynalazku niniejszego stwierdzono, że łuk powstający przy otwarciu wyłącznika w powietrzu ulega zupełnemu przerwaniu z zapobieżeniem ponownemu zapaleniu się tegoż, w sposób znacznie nawet skuteczniejszy niż w wyłącznikach olejowych, przez wprowadzenie do przestrzeni pomiędzy elektrodami łukowymi specjalnego urządzenia odjonizowującego w postaci przewodzących listków lub siatek umieszczonych w łuku, które szybko zmniejszają przewodność przestrzeni łuku, po przejściu prądu przez wartość zerową.

Urządzenie odjonizowujące jest tak umieszczone, aby jak najmniej stykało się z łukiem podczas jego trwania. Przez zastosowanie dostatecznej ilości płytek odjonizowujących można szybkość, z jaką przestrzeń między elektrodami łuku traci swą przewodność, regulować bez stosowania specjalnych ośrodków tłumiących łuk, jak olej lub ośrodki podobne.

Na załączonym rysunku fig. 1 przedstawia widok boczny wyłącznika według wynalazku, z częścią komory łukowej w przekroju; fig. 2—przekrój komory łukowej wzdłuż linii II—II na fig. 1; fig. 3—widok z góry komory łukowej oraz magnesu wydmuchowego wyłącznika na fig. 1; fig. 4—układ połączeń tegoż wyłącznika; fig. 5 i 6—schematy przebiegu odjonizacji przestrzeni łuku między elektrodami; fig. 7 i 8 — schematy przebiegu odjonizacji

przy umieszczeniu siatek między elektrodami; fig. 9—krzywa zjawisk zachodzących przy otwarciu wyłącznika; fig. 10—układ połączeń odmiany wyłącznika; fig. 11 i 12—przekroje poziome komór łukowych; fig. 13 do 21—przekroje pionowe dalszych odmian wynalazku; fig. 22 — przekrój poziomy wzdłuż linii XXIV — XXII na fig. 21; fig. 23—przekrój pionowy dalszej odmiany wynalazku; fig. 24 — przekrój poziomy wzdłuż linii XXIV — XXIV na fig. 23; fig. 25 i 26 — przekroje pionowe dalszych odmian wynalazku; fig. 27 — przekrój pionowy komory łukowej odmiennej budowy; fig. 28 i 29—przekroje poziome komór łukowych innej jeszcze odmiany.

Przedstawiony na fig. 1—3 wyłącznik składa się z dwóch głównych części stykowych 1 i 2, umocowanych na izolatorach 3 i 4, umieszczonych jeden nad drugim na żelaznej ramie 5. Części stykowe 1 i 2 zaopatrzone są w drążki 6 i 7, przechodzące do końcówek przez otwory wewnątrz izolatorów 3 i 4 ku tylnej części ramy.

Główny wspornik 12 wyłącznika umocowany jest na izolatorze 4 oraz na dodatkowym niższym izolatorze 11 i zaopatrzony w sworzeń 13, na którym osadzone jest obrotowo główne ramię stykowe 14 oraz ramię 15, zaopatrzone w styk, wytwarzający łuk. Ramię 14 przyciska do styków 1 i 2 szczotkę stykową 17, składającą się z wiązki blach miedzianych.

Ramię kontaktowe 15 posiada na końcu górnym wygiętą część 19, dotykającą kontaktu stałego 20; między kontaktami temi zachodzi ostateczne przerwanie obwodu. Część 20 może wykonywać lekkie ruchy przyciskana do kontaktu 19 sprężyną 21. Część 20 połączona jest giętym przewodem 22 z jedną z końcówek 23 cewek gaszących 24 o końcówce drugiej 25, połączonej elektrycznie z ramą metalową 26, połączoną z kolei elektrycznie z

kontaktem głównym 1. Styk ruchomy 19 jest połączony elektrycznie z ramieniem 15, z kolei połączonym z dolną główną częścią stykową 2 zapomocą giętkiego przewodnika 27 umieszczonego przy sworzniu 13.

Ramiona wyłączające 14 i 15 wprawia w ruch mechanizm przegubowy, składający się z wygiętej dźwigni 28 osadzonej obrotowo w punkcie 29 wspornika 12. Końiec wewnętrzny dźwigni 28 jest połączony obrotowo z dwoma strzemionami 30 i 31, połączonymi z kolei z ramionami 14 i 15. Ramię 15 odciąga w położenie otwarcia sprężyna 32, a strzemię 31, połączone z ramieniem tem, znajduje się nad linią środków przegubów, zaryglowując wyłącznik w położeniu zamkniętem. Wyłącznik otwiera się zapomocą podniesienia końca zewnętrznego dźwigni 28, przez co odryglowuje się mechanizm przegubowy.

Przy otwieraniu wyłącznika część stykowa 19, wytwarzająca łuk, nie odrywa się od stałej części stykowej 20, ze względu na swój kształt wygięty, dopóki szczotka 17 nie opuści styków głównych 1 i 2. Poza tem istnieje jeszcze zwykle para styków dodatkowych 33 i 34, ułatwiających przejście prądu ze styków głównych do styków obwodu bocznikowego indukcyjnego, utworzonego przez styki 19 i 20 i cewkę wydmuchową 24. Jak to uwidoczniło na fig. 1, dodatkowy styk stały 33 jest umocowany w ramie 26, połączonej elektrycznie z górnym stykiem głównym 1, ruchomy zaś styk dodatkowy 34 osadzony jest w części górnej szczotki 17, połączonej elektrycznie ramieniem 14 z głównym stykiem dolnym 2. Styk ruchomy 34 osadzony jest obrotowo w punkcie 35 i przyciskany do styku stałego 33 sprężyną 36 w celu zabezpieczenia przesuwaniu się podczas włączania lub odłączania kontaktu dodatkowego 33.

Główne znamię wynalazku polega na

zastosowaniu nowego sposobu gaszenia łuku wytwarzanego między stykami 19 i 20. W tym celu nad stykami temi zastosowano komorę 40, zakończoną u dołu dwiema płytkami w kształcie rogów 41 i 42. Płyta 41 połączona jest elektrycznie ze stałą częścią stykową 20, a płyta 42 posiada giętkie części 43, opierające się o ruchomy styk 19, gdy tenże zajmuje położenie końcowe otwarcia, wobec czego łuk przenosi się ze styków 19 i 20 na naroża 41 i 42, połączone z komorą 40.

Komora łukowa 40 składa się z czterech pionowych płytek przewodzących 44, 45, 46 i 47, dzielących przestrzeń między końcami górnymi naroży 41 i 42 na trzy komory łukowe 48, 49 i 50, połączone szeregowo. Płyty końcowe 44 i 47 są połączone elektrycznie z narożami 41 i 42. Każda z komór łukowych podzielona jest na wielką ilość wąskich przestrzeni zapomocą przewodzących listków lub siatek 51, umieszczonych równolegle do końcowych płyt łukowych 44—47. Najkorzystniej aby listki 51 były ruchome, jak to zostanie objaśnione poniżej. W formie wykonania przedstawionej na fig. 1 posiadają one postać siatek z drutu mosiężnego.

Przeźren między płytkami 41 i 42 może być zamknięta po bokach zapomocą dużych przegród lub tarcz izolujących 52, opierających się o brzegi płyt. W sposób podobny komorę 40 można otoczyć płytami izolującymi 53, spoczywającymi na krawędziach płyt 44—47. Łuk ulega włączaniu do komór 48, 49 i 50 zapomocą wzmiankowanych powyżej cewek wydmuchowych 24, zaopatrzonych w danej formie wykonania w listkowy rdzeń żelazny w kształcie podkowy 54 zakończonej płytami biegunowymi 55 i 56, przyczem większa płyta 56 łączy się z płytami izolującymi 52 i 53, jak to wskazuje fig. 2. Cewki wydmuchowe 24 przesuwają łuk w kierunku bocznym do przestrzeni, zapętnio-

nej siatkami 51 w okresie czasu nader krótkim w porównaniu z pół-okresem prądu zmiennego, przechodzącego przez wyłącznik, tak, że łuk przechodzi przez lub między listkami siatki, gdy prąd przepływa po raz pierwszy przez wartość zerową po utworzeniu się łuku.

Siatki 51 przechodzą przez całą szerokość komór łukowych między przegrodami 53, izolowane od siebie paskami 57 z miki lub innego materiału odpornego na ciepło (fig. 2), pozostawiając wolną przestrzeń powietrzną między przeciwległymi płytkami elektrodowymi pośrodku każdej komory.

Podziurkowane siatki 51 najlepiej urządzić w ten sposób, aby wytwarzały łuk ciągly pomiędzy elektrodami i jak najmniej mu przeszkadzały. Gdy prąd łuku przechodzi przez wartość zerową, na początku nowego okresu, siatki wypełniające przestrzeń między elektrodami łukowymi wywierają nader silny wpływ odjonizowujący, jak to zostanie opisane poniżej, przywracając szybko właściwości izolujące powietrzu jednej lub kilku komór łukowych i zapobiegając ponownemu powstawaniu łuku w chwili zwiększenia się napięcia po wygaśnięciu łuku.

Komora siatkowa lub łukowa 40 posiada wymiary wystarczające w stosunku do szybkości ruchu łuku, do zapewnienia ostatecznego przerwania łuku wewnątrz komory 40. Ruch łuku w komorze tej jest tak szybki, że nie zachodzi obawa stopienia siatek lub uszkodzenia izolacji w pobliżu łuku w zwykłych warunkach wyładowania.

Zrozumienie odjonizowującego działania siatek, stosowanych w komorach łukowych wyłącznika według wynalazku, ułatwi rozważenie zjawisk, zachodzących przy wyładowaniu łukowym prądu zmiennego.

W warunkach zwykłych powietrze i ga-

zy są doskonałymi izolatorami. Jednakże przy zastosowaniu dostatecznie wysokiego potencjału do dwóch elektrod, rozdzielonych przestrzenią powietrzną, powietrze traci raptownie swe właściwości izolujące i staje się przewodnikiem. Zmiana ta, znana pod nazwą wyładowania iskrowego, objaśnia się w sposób następujący. Powietrze posiada normalnie drobny stopień jonizacji wywołanej promieniowaniem ciał promieniotwórczych, zawartych w ziemi. Pod wpływem małych spadków potencjału elektrycznego, jonizacja powyższa wywołuje powstawanie słabej przewodności którą można wykryć jedynie zapomocą najbardziej czułych przyrządów. Pod wpływem natomiast znacznych spadków potencjału elektrycznego nieliczne jony, istniejące w powietrzu, zaczynają poruszać się bardzo szybko, a ich zderzenia z cząsteczkami obojętnymi mogą być tak silne, iż rozszczepiają niektóre z nich na części o ładunkach dodatnich i ujemnych, wskutek czego powstają nowe jony i elektrony.

Przypuśczać np., że istnieje jeden tylko wolny elektron między dwiema elektrodami, do których jest przyłożone napięcie wyższe od napięcia przebicia warstwy powietrza, elektron ten podaży szybko ku anodzie, a jeżeli przypuścić, że z licznych jego zderzeń z cząsteczkami neutralnymi, 1000 będzie dostatecznie silnych do wywołania ich rozbicia, powstanie 1000 nowych jonów dodatnich i 1000 nowych jonów ujemnych. 1000 jonów dodatnich podaży ku katodzie. Jony te, posiadając znacznie większą masę, działają znacznie słabiej niż elektrody przy wytwarzaniu jonizacji przez zderzenie, jeżeli przypuścić dalej, że dodatnie te jony, podążając ku katodzie, wywołają powstanie dwu tylko nowych elektronów przy katodzie, elektrony te, biegnąc ku anodzie, wywołają natomiast powstanie 2000 no-

wych par jonów. Dodatnie te jony, podążając ku katodzie, wytworzą cztery nowe elektrony, te zaś znów wytworzą 4000 dodatnich jonów i t. d., aż do wywołania znacznej przewodności powietrza.

Ilość par jonów dodatnich i ujemnych, wytworzonych przez zderzenie elektronów, przypadająca na centymetr posunięcia w kierunku pola elektrycznego, oraz odpowiadająca ilość tychże na jeden jon dodatni stanowią szybko rosnącą funkcję spadku (gradientu) potencjału elektrycznego.

Skoro tylko rozpocznie się wyładowanie wskutek jonizacji przez zderzenie, jak opisano powyżej, pole elektryczne w przestrzeni powietrznej zostaje zniekształcone; powstaje przy katodzie znaczny spadek potencjału w cienkiej warstwie znanej pod nazwą ciemnej plamy katodowej. Spadek napięcia w warstwie tej, tak zwany spadek katodowy, wynosi około 300 woltów dla zwykłych materiałów elektrodowych w powietrzu.

Jeżeli elektrody są zimne, gdy następuje wyładowanie, a gęstość prądu nie jest zbyt wysoka, powstaje wyładowanie świetlne, w którym jony dodatnie, a w mniejszym stopniu elektrony i jony ujemne, poruszając się w polu o znacznym spadku potencjału katodowego ku katodzie względnie ku anodzie, wytwarzają nadal nowe elektrony i jony przez zderzenie z cząsteczkami powietrza cienkiej warstwy spadku katodowego, co dostarcza dostatecznej ilości elektronów i jonów dla wywołania wysokiej przewodności lub małego spadku potencjału w pozostałej części przestrzeni międzyelektrodowej.

Jeżeli zaś w pewnym punkcie przy katodzie skupi się dostateczna ilość energii dla podniesienia temperatury do stopnia, w jakim rozpoczyna się termojonowa emisja elektronów lub dla ogrzania warstwy gazu przy tym punkcie aż do jej jonizacji,

prąd skupi się w tym punkcie, tworząc wyładowanie łukowe. Spadek katodowy staje się wtedy znacznie mniejszy niż przy wyładowaniu świetlnym, gdyż potrzebna przewodność jest wywołana raczej termoelektrycznym wysyłaniem elektronów lub ciepłą jonizacją gazu przy samej katodzie niż jonizacją przez zderzenie. Spadek napięcia jednak w cienkiej warstwie katodowej musi być dość znaczny, aby skupienie energii wystarczało do utrzymania katody lub otaczającego ją gazu w temperaturze warunkującej wysyłanie elektronów lub jonizację ciepłą. Naogół jest również koniecznem, aby spadek napięcia w cienkiej warstwie katodowej wystarczał do wytwarzania elektronów przez jonizację w celu zubożniania ładunku przestrzennego elektronów. Dla zwykłych materiałów elektronowych dwadzieścia woltów wystarcza do osiągnięcia powyższego celu.

Poza katodowym spadkiem napięcia istnieje jeszcze spadek napięcia około 10 woltów w pobliżu anody łuku. Jony dodatnie powstają w polu tego spadku wskutek zderzenia szybko poruszających się elektronów przybywających z katody. Wysoka temperatura nie jest przytem konieczna na anodzie dla utrzymania łuku.

Spadek napięcia w części głównej łuku, między warstwami przylegającymi bezpośrednio do katody i anody, jest nader mały i nie wystarcza zazwyczaj do wywoływania jonizacji przez zderzenie. Jony dodatnie, niezbędne do zubożniania ładunku przestrzennego elektronów w części głównej łuku, powstają prawdopodobnie wskutek ciepłej jonizacji gazu.

Tak więc w łuku elektrycznym przeważającą część prądu przenoszą elektrony biegnące szybko z katody ku anodzie. Przestrzeń między katodą a anodą jest wypełniona jonami dodatnimi, neutralizującymi ładunek przestrzenny elektro-

nów i wywołującymi znaczną przewodność łuku. Jony dodatnie wytwarzają zderzenia w warstwach pobliskich katodzie i anodzie, a w pozostałej części łuku przez jonizację cieplną.

W łuku prądu zmiennego prąd przechodzi okresowo przez wartość zerową. Elektroda, która stanowiła katodę w jednym okresie, staje się anodą w okresie następnym i odwrotnie.

Ściśle w momencie, gdy prąd przechodzi przez wartość zerową, przestrzeń pomiędzy elektrodami jest jeszcze silnie zjonizowana. Spadek napięcia na całej przestrzeni łuku jest prawie równy zeru tak, że jonizacja przez zderzenie nie zachodzi. Elektroda, która ma stać się katodą, posiada zbyt niską temperaturę, aby wysyłać jony (cieplne); powstawanie ich w gazie szybko maleje wobec ochładzania się tegoż. Bardzo prędko, po przejściu prądu przez zero ustaje powstawanie jonów. Jednocześnie przestrzeń międzyelektrodowa zostaje szybko odjonizowana. Pewna ilość elektronów zbliża się dostatecznie do jonów dodatnich dla ponownego połączenia się z nimi, zubożając ich ładunki. Szybkość łączenia się jest proporcjonalna do gęstości jonów dodatnich i ujemnych w danej przestrzeni. Jeżeli niema świeżego dopływu jonów, ponowne połączenie elektronów zmniejsza gęstość jonizacji odwrotnie do czasu. W ten sposób przestrzeń traci swą przewodność i jeżeli można będzie zapobiec tworzeniu się nowych jonów, łuk nie zapali się ponownie.

Na fig. 5 znaki + i — oznaczają jony w wyładowaniu łukowym w powietrzu między elektrodą 79, która ma stać się katodą, a elektrodą 80, która ma stać się anodą, w chwili, gdy napięcie oraz prąd posiadają wartości zera. Zachodzi łączenie ponowne, tak iż według fig. 6, przedstawiającej zjawisko w momencie następnym, gęstość jonizacji zostaje zmniejszo-

na. Pomiedzy momentami odpowiadającymi fig. 5 i 6 napięcie wzrosło, wytwarzając spadek potencjału, odrzucający elektrony od katody 79, i poruszający ku niej jony dodatnie.

Powstaje w ten sposób w pobliżu katody warstwa 81, pozbawiona prawie jonów, gdyż znajduje się w niej tylko kilka jonów dodatnich, podążających wolno ku katodzie. Przestrzeń 81 posiada przeto opór znacznie większy od przestrzeni pozostałej, wskutek czego przeważająca część napięcia, działającego na elektrody, ujawnia się w tej właśnie warstwie, wytwarzając pole elektryczne o wielkim spadku potencjału. Z biegiem czasu elektrony ulegają odpychaniu od katody i warstwa o większym oporze znacznie grubieje.

Podobnie odjonizowana warstwa 82 powstaje również w pobliżu anody. Dzięki stosunkowo wielkiej ruchliwości elektronów, spadek potencjału w warstwie tej jest znacznie mniejszy niż w pobliżu katody.

W ten sposób, dzięki działaniu pola elektrycznego, wytwarzają się dwie strefy o różnych znamionach. W strefie 82, przylegającej do anod, spadek potencjału elektrycznego jest bardzo wolny, a strata jonów zachodzi głównie wskutek ponownego połączenia, jak to zostało wyżej opisane. Warstwa 81, sąsiadująca z katodą, zostaje natomiast prawie zupełnie odjonizowana wskutek odpychania elektronów przez katodę. Granica między warstwą 81 a częściami zjonizowanymi łuku odsuwa się coraz to dalej od katody w miarę postępu odjonizowywania.

Gdy warstwa odjonizowana 81 w pobliżu katody grubieje, przyłożone napięcie również się zwiększa. Jeżeli napięcie wzrośnie o tyle, że w warstwie wysokiego oporu powstanie spadek potencjału, wystarczający do wprowadzenia stosunkowo nie-licznych jonów pozostałych w tej warstwie.

w ruch dość szybki, aby wywołały one jonizację cieplną lub przez zderzenie, warstwa ta traci swój wysoki opór.

Napięcie, jakie inaczej zostałyby pochłonięte przez warstwę katodową, przekazuje się przeto do masy gazów wysoko jeszcze zjonizowanej o wysokiej przewodności powstaje silny prąd i łuk zapala się ponownie.

Jednakowoż jeżeli odjonizowywanie następuje tak szybko, że grubość odjonizowanej warstwy katodowej wzrasta tak szybko, że spadek potencjału w tej warstwie nie osiąga nigdy wartości, przy jakiej następuje jonizacja przez zderzenie, a skupienie energii jest niedostateczne dla wywołania jonizacji cieplnej, cała przestrzeń międzyelektrodowa stopniowo staje się izolatorem i łuk nie zapala się ponownie; obwód zostaje więc przerywany. Jeżeli przeto wzrastanie napięcia zachodzi dość wolno w porównaniu z szybkością odjonizowywania, spadek potencjału w warstwie katodowej staje się zbyt małym dla wywoływania jonizacji, nowe jony nie powstaną lecz zachodzi odjonizowywanie, jony zostają zmiotane z toru łuku ze wzrostem warstwy katodowej i łuk ulega ustawicznemu gaszeniu.

Powyższa analiza zjawisk, zachodzących przy otwieraniu styków wyłącznika prądu zmiennego, wykazuje, że dopuszczalna wartość wzrostu napięcia, przy której łuk nie zapala się ponownie, jest tak niewielka, że uniemożliwia wyrób wyłączników prądów silnych dla napięć nieco wyższych, ze względu na ograniczenia fizyczne na rzucane materiałem styków, na możliwość oddzielenia elektrod oraz na charakterystyki przerywanego obwodu. Dla pary np. elektrod miedzianych, odległych o jeden cal (2,5 cm), szybkość odjonizowywania wymaga ograniczenia szybkości wzrostu napięcia do mniej niż 1×10^6 woltów na sekundę, dla zapobieżenia ponownemu zapalaniu się łuku.

Jeżeli podlegający przerywaniu prąd zmienny znajduje się w fazie z napięciem, t. j. jeśli współczynnik mocy równa się jedności, szybkość wzrostu napięcia odpowiada zmiennej fali napięcia. Wszelako obwody zwykłe oraz warunki w jakich wyłączniki pracują zazwyczaj wymagają zwykle przerywania prądu o współczynniku mocy znacznie różniącym się od jedności. Natenczas największa szybkość wzrostu napięcia pomiędzy końcówkami wyłącznika zależy głównie od stałych obwodu. W obwodzie więc indukcyjnym napięcie zwiększa się na otwartych końcówkach w sposób prawie natychmiastowy.

Wzrost napięcia w warunkach podobnych można jednak obniżyć przez włączenie równoległe do otwartych końcówek odpowiedniego oporu. Dla ograniczenia szybkości wzrostu napięcia poniżej 1×10^6 woltów na sekundę, w przypadku odsunięcia styków o jeden cal (0,5 cm) i linii zwykłej na 2200 woltów i 60 okresów, należałoby jednak włączać opory o znacznych wymiarach, a więc bardzo kosztowne, które musiałyby przepuszczać bardzo znaczną część przerywanego prądu. Urządzenia podobne nie wchodzi w rachubę w praktyce.

Jedno z głównych znamion wynalazku polega na sztucznem powiększeniu szybkości odjonizowywania przestrzeni łukowej, powstającej przy otwarciu wyłącznika natychmiast po przejściu prądu łuku przez zero. W tym celu do przestrzeni łuku wprowadza się znaczniejszą liczbę przyrządów, zwanych katodami sztucznymi w celu uwielokrotnienia odjonizowującego działania katody głównej i skrócenia czasu odjonizowywania do ułamka czasu, niezbędnego bez tego urządzenia.

Oporniki bocznikowe, jeżeli są wogóle stosowane, oblicza się w ten sposób w stosunku do znacznie większej dopuszczalnej wielkości wzrostu napięcia, aby zapobiec powstawaniu spadku potencjału, umożliwiającego jonizację przez zderzenia.

W wyłączniku przedstawionym na fig. 1 — 4 katody sztuczne posiadają kształt siatek z drutu 51 umieszczonych na drodze łuku i stanowiących jednolitą całość. Skoro ramię stykowe 15 otwiera się, wywołując łuk, zostaje on wdmuchnięty między siatki zapomocą pola magnesu wydmuchowego. Łuk dzieli się wtedy na trzy części, szeregowo połączone, ze względów, objaśnionych poniżej. W każdej części łuk znajduje się między przeciwległymi płytami końcowymi 44 — 47, przechodząc swobodnie przez otwory siatek.

Jony, wyładowujące się w drutach siatek, stanowią prawdopodobnie znikomą ilość w stosunku do ilości jonów wytwarzających łuk. W chwili jednak, gdy prąd łuku przechodzi przez wartość zerową, jonizacja przez zderzenie ustaje, a gaz zbyt jest zimny dla jonizacji cieplnej, następuje więc ponowne łączenie się jonów, z obniżeniem ich gęstości, a wówczas wyładowanie jonów w drutach siatek skutecznie zmniejsza przewodność warstw dokoła siatek. Metalowe części siatek działają więc do pewnego stopnia jak katody, tworząc ośrodki odjonizowywania, jak to zostanie objaśnione niżej.

Fig. 7 przedstawia układ drutów siatkowych 51 umieszczonych między elektrodami 44 i 45 (fig. 1) w chwili, gdy elektroda 45 stała się anodą a elektroda 44 — katodą, jak to miało miejsce na fig. 6. Tuż przed tą chwilą, gdy prąd przechodził przez zero, przestrzeń dokoła siatek była wszędzie silnie zjonizowana i napełniona elektrodami oraz jonami dodatnimi, jak to wskazuje fig. 5.

W chwili uwidocznionej na fig. 7 linie sił wzrastającego pola elektrycznego, wchodzące do drutów siatkowych z jednej strony i wychodzące z nich po stronie drugiej, pobudzają strony drutów przeciwległe katodzie do pracy nakszałt anod, a strony przeciwległe anodom — do pracy nakszałt katod. Na stronie katodowej każdego dru-

tu powstaje przeto warstwa 83 na podobieństwo warstwy 81 na fig. 6. Pod wpływem wzrastającego napięcia warstwy 83 dokoła wszystkich drutów grubieją, przybierając kształt wskazany na fig. 7, aż do chwili gdy poszczególne warstwy 83 nie zleją się w jedną tylko warstwę 84 na całej powierzchni siatki 51, jak to jest uwidocznione na fig. 8; warstwa ta jest podobna w zupełności do warstwy 81 w pobliżu katody.

W sposób więc opisany powyżej następuje szybkie odjonizowywanie w znacznej ilości warstw 84, działających jako warstwy katodowe. Wzrastające napięcie rozkłada się wtedy na wielką ilość wysokich oporów warstw odjonizowanych, co obniża spadek potencjału w mierze wystarczającej do odjonizowania przez zderzenia w przestrzeni międzyelektrodowej.

Szybkość odjonizowywania się otworów w siatkach, które wówczas poczynają działać jako jednolita powierzchnia odjonizowująca na podobieństwo katody, zależy od wielkości tych otworów. Skoro są one dość małe, szybkość wzrastania napięcia może dochodzić do 5×10^6 woltów na sekundę na jedną siatkę, bez obawy jonizacji i ponownego zapalania się łuku.

Umieszczając przeto dziewięć np. siatek na drodze łuku między elektrodami odległymi, jak wyżej, na jeden cal (2,5 cm) można powiększyć dopuszczalny wzrost napięcia z mniej niż 1×10^6 woltów do około 50×10^6 woltów na sekundę. Dla linii o napięciu 2200 woltów i 60 okresach, oporniki bocznikowe przejmowałyby za ledwie 2% prądu przerywanego, co wystarczy do zapobiegania ponownemu zapalaniu się łuku. Dobierając odpowiednią ilość siatek roboczych można uregulować szybkość odjonizowywania bardzo dokładnie oraz budować wyłączniki powietrzne dla obwodów, do których obecnie nie mogły one mieć żadnego zastosowania.

Jeżeli wyłącznik znajduje się w obwo-

dzie bezoporowym, składającym się ze źródła prądu zmiennego i indukcji połączonych szeregowo, i obwód ten zostanie przerwany w chwili gdy prąd przechodzi przez wartość zerową, napięcie na końcówkach wyłącznika wzrośnie natychmiastowo do szczytowego napięcia źródła, t. j. wielkość wzrastania napięcia będzie nieskończenie wielka.

W każdym jednak obwodzie realnym wzrost napięcia następuje, ze względu na pojemność własną oraz straty, nie natychmiastowo, w każdym jednak razie bardzo szybko. Przy użyciu udoskonalonego wyłącznika w obwodzie prądu dostatecznie słabego, szybkość wzrastania napięcia, ograniczona przez obwód, będzie mniejsza od potrzebnej dla ponownego zapalania łuku odjonizowanego zapomocą siatki wyżej opisanej. Skoro jednak prąd jest bardzo wielki szybkość wzrostu napięcia, ograniczona przez obwód, może być większa od potrzebnej dla ponownego zapalania łuku, jak to opisano powyżej.

Dla zapewnienia odpowiedniego działania wyłącznika, bez względu na moc przerywanego prądu i niezależnie od stałych obwodu, wyłącznik przedstawiony na fig. 1 — 4 zmniejsza najpierw prąd do ułamka jego największej wartości przy krótkim zwarcu, poczem dopiero go przerywa. W tym celu łuk utworzony między stykami wyłącznika zostaje podzielony na trzy części, z których każda znajduje się w oddzielnej komorze; pierwsza komora łukowa 48 jest zwarta oporem bocznikowym 85, jak to uwidocznia schemat na fig. 4, komora 40 posiada bocznik o znacznie większym oporze 86, a komora ostatnia 50 bocznika nie posiada.

Po otwarciu ramienia 15, łuk powstały między stykami 19 i 20 zostaje wtłoczony do trzech wymienionych powyżej komór łukowych, połączonych szeregowo. Fig. 9 uwidocznia przebieg zjawisk elektrycznych w obwodzie, przyczem krzywa sinusoidal-

na 87 przedstawia napięcie prądnicy w odniesieniu do czasu, gruba linja kreskowana 88 — prąd linjowy, cienka linja kreskowana 89 — napięcie na końcówkach pierwszej komory łukowej 48, a linja mieszana 90 — napięcie na końcówkach dwóch pozostałych komór 49 i 50, połączonych szeregowo.

Przebieg zjawisk wskazanych na fig. 9, gdzie otwarcie wyłącznika zaznaczone jest w 89^a, odpowiada warunkom obwodu indukcyjnego, wymagającego największej sprawności od wyłącznika. Prąd jest przesunięty prawie o 90° w stosunku do napięcia. Gdy prąd przechodzi przez wartość zerową (w punkcie 91) napięcie na końcówkach wyłącznika wzrasta prawie natychmiastowo do niemal całkowitej wartości napięcia prądnicy, co wywołałoby ponowne zapalenie się łuku we wszystkich trzech komorach, gdyby nie to, że prąd może wtedy przejść przez stosunkowo niski opór 85 (fig. 4) włączony bocznikowo do pierwszej części 48 komory łukowej. Stopień wzrastania napięcia na końcówkach tej części komory łukowej jest więc znacznie zmniejszony, jak to wskazuje część 89¹ krzywej kreskowanej 89.

Przy prądach bardzo silnych stopień wzrostu napięcia w boczniku o wielkim oporze 86 drugiej części 49 komory łukowej 40 oraz z części 50 komory bez bocznika może być tak znaczna, że łuk może zapalić się ponownie w tych częściach komory podczas następnego pół-okresu, jak to jest wskazane w ostatnim pół-okresie krzywej prądu 88 na fig. 9. Ze względu jednak na obecność oporu 85, szeregowo włączonego do obwodu, faza prądu zostaje znacznie zmieniona w stosunku do napięcia, tak, że prąd wytwarzający łuk w komorach 49 i 50 znajduje się w fazie z napięciem i przechodzi przez wartość zerową wraz z temże. Jednocześnie opór 85 zmniejsza prąd przechodzący przez wyłącznik do ułamka jego wartości pierwotnej. Przy na-

stępnem odwróceniu się prądu, gdy przechodzi on przez wartość zerową, wzrost napięcia nie przekracza normalnego wzrostu napięcia prądu o 60 okresach i nie wystarcza do wywołania łuku w komorach 49 i 50.

Przy przerywaniu silnych prądów, jak w przypadku rozpatrywanym, pierwsza część 48 komory odjonizowującej 40 wystarcza zazwyczaj do wprowadzania prądu przerywanego części tylko jego wartości pierwotnej i polepszenia współczynnika mocy tak, że część 50 wyłącznika wystarcza wtedy do zupełnego przerwania prądu. W tym przypadku druga część wyłącznika 49 nie spełnia żadnej czynności.

Natomiast przy prądach słabszych i mniejszym współczynniku mocy, np. przy prądach magnesujących transformatorów połączonych z linią, opór 85 zwierający bocznikowo pierwszą część 48 komory odjonizowującej jest zwykle tak niski w stosunku do odporności obwodu, że nie wywiera praktycznie wpływu na natężenie prądu oraz współczynnik mocy. W tym więc przypadku część druga 49 komory odjonizowującej przerywa prąd jednocześnie z częścią pierwszą 48 gdy prąd przechodzi przez wartość zerową. Stosunkowo wysoki opór 86, zwierający bocznikowo część drugą wyłącznika, wystarcza do zmniejszenia słabego prądu magnesującego i polepszenia współczynnika mocy tak, że część 50 wyłącznika, nie posiadając bocznika, może przerwać ten słabszy prąd przed okresem następnym.

Przy prądach przeto stosunkowo silnych o niskim współczynniku mocy część pierwsza komory łukowej otwiera obwód przy pierwszym przejściu prądu przez wartość zerową, a części druga i trzecia — jednocześnie przy drugim przejściu przez wartość zerową. Przy prądach zaś stosunkowo słabych o niskim współczynniku mocy części pierwsza i druga otwierają obwód

w pierwszym okresie prądu, natomiast część trzecia niezawarta bocznikowo — w okresie drugim. Prądy o wysokim współczynniku mocy przerywają się, niezależnie od natężenia, we wszystkich trzech częściach komory łukowej, przy pierwszym przechodzeniu prądu przez wartość zerową.

W typowym wyłączniku dla napięcia 8600 woltów (fig. 1) można zastosować trzy części odjonizowujące 48, 49 i 50, o odległości między końcówkami łukowymi wynoszącej cztery cale (10,16 cm) i posiadające 16 siatek na cal (2,54 cm). Siatki te mogą być wykonane z drucianki mosiężnej o drutach średnicy 1/32" (0,75 mm) i tejże odległości między drutami. Wyłącznik ten jest obliczony dla prądów do 20.000 A. Opór 85, stanowiący licznik pierwszej części odjonizowującej tego wyłącznika, może wynosić 8 omów, a opór 86, stanowiący bocznik drugiej części odjonizowującej — 160 omów. Komora łukowa może posiadać wysokość 24 cale (60 cm), a szybkość ruchu łuku — około 100 stóp (30 m) na sekundę.

Fig. 10 przedstawia odmianę wynalazku, w której trzy komory łukowe wyłącznika stanowią oddzielne jednostki 91, 92 i 93 zaopatrzone każda w oddzielne styki łukowe 94, 95 i 96, oddzielne styki 97, 98 i 99 przenoszące łuk oraz cewki wydmuchowe 100, 101 i 102, połączone szeregowo z poszczególnymi częściami komory łukowej. Pierwsza komora łukowa 91 jest zwarta bocznikowo kondensatorem 103, zmniejszającym prąd do ułamka wartości pierwotnej; komora druga 92 posiada kondensator 104 o znacznie większej oporności pozornej, zmniejszający jeszcze bardziej prąd; trzecia komora wreszcie nie posiada bocznika. Cewki wydmuchowe 100 — 102, współdziałające z poszczególnymi komorami łukowymi, posiadają ilość zwojów zwiększającą się, w celu osiągnięcia pożądanego działania wydmuchowego

pomimo coraz słabszego prądu przechodzącego przez nie.

Mechaniczne rozdzielenie poszczególnych styków dodatkowych przenoszących łuk w wyłączniku z fig. 10 jest tak uregulowane w stosunku do czasu, że otwarcia styków 97, 98 i 99 następują po sobie w przerwach pół-okresowych lub większych, tak że łuk przerywa się najpierw tylko w pierwszej komorze 91, zmniejszając prąd linii wskutek włączenia szeregowego kondensatora 103. Komora 92 przerywa wtedy prąd, obniżając go jeszcze przy pomocy kondensatora 104. Komora ostatnia 93 przerywa wreszcie ostatecznie obwód. Zamiast boczników z kondensatorami 103, 104 wskazanych na fig. 10 można stosować boczniki z oporami, jak to wskazuje fig. 4, lub układy bardziej złożone.

Przy budowie urządzeń odjonizowujących, stosowanych w wyłącznikach niniejszych, należy przestrzegać pewnych zasad. Przedewszystkiem pożądané jest pozostawienie między siatkami dostatecznych odstępów, aby łuk mógł przechodzić między niemi, tak jak gdyby nie było żadnej przeszkody między elektrodami. Również korzystnem jest, aby łuk mógł przechodzić swobodnie przez otwory w siatkach, bez rozszczepiania się na szereg małych łuków niezależnych, połączonych szeregowo i posiadających swe katody i anody na różnych częściach siatek. Inaczej bowiem przy szybkościach łuku, osiągalnych w komorze o długości umiarkowanej i prądach powyżej 10,000 amperów, powstawałyby gorące plamy katodowe na siatkach, stapiając metal tychże i utrudniając odjonizowywanie wskutek wytwarzania gorących par.

Z drugiej strony jednak zaleca się, aby otwory siatek były jak najmniejsze, celem skuteczniejszego odjonizowywania, które zachodzi tem sprawniej, im jednostajniej rozmieszczony jest metal odjonizowujący w przestrzeni łukowej. W praktyce więc

siatki muszą posiadać z jednej strony otwory dość wielkie, aby nie powstało rozszczepianie się łuku na małe łuki, z drugiej zaś dość małe, aby zapewnić dostateczny wzrost napięcia bez ponownego zapalania łuku.

Wzrost napięcia dopuszczalny bez ponownego zapalania łuku jest funkcją wielkości otworów siatki, grubości siatki, odległości między siatkami i ich ilości. Naogół dopuszczalny wzrost napięcia na jedną siatkę wzrasta wraz ze zmniejszeniem odległości między siatkami i wielkości otworów oraz ze zwiększeniem grubości siatek.

Przy siatkach np. z tkaniny mosiężnej z drutu o średnicy 0,032 cala (0,8 mm) i 0,03 cala (0,78 mm) odległości między drutami, dopuszczalny wzrost napięcia wynosi $3,3 \times 10^6$ woltów na sekundę na siatkę, przy odległości 0,083 cala (2 mm) między siatkami, a $5,1 \times 10^6$ woltów na sekundę na siatkę, przy odległości 0,03 cala (0,75 mm), co wskazuje na dodatni wpływ zbliżenia siatek.

Przy siatkach złożonych z płyty miedzianej grubości 1/16" (1,5 mm) z otworami okrągłymi o średnicy 0,08" (2 mm), umieszczonych w odległości 3/32" (2,2 mm), dopuszczalny wzrost napięcia wynosi 2×10^6 woltów na sekundę na siatkę.

Przy tej samej grubości płyty i odległości między płytami, lecz otworach o średnicy 0,04" (1 mm) dopuszczalny wzrost napięcia wynosi $3,7 \times 10^6$ woltów na sekundę na siatkę, co wykazuje zaletę otworów drobniejszych.

Przy podobnych siatkach grubości 1/16" (1,5 mm) odległych o 1/32" (0,75 mm) z otworami o średnicy 0,081" (2 mm), dopuszczalny wzrost napięcia wynosi $3,4 \times 10^6$ woltów na sekundę na siatkę, podczas gdy dla siatek grubości 3/32" (2,2 mm), odległych o 1/32" (0,75 mm), i otworami o średnicy 0,081" (2 mm) dopuszczalny wzrost napięcia wynosi 6×10^6

woltów na sekundę na siatkę, co wykazuje znaczenie grubości siatek.

Z powyższego wynika więc, że odległość między płytami i wielkość otworów siatek powinny być możliwie jak najmniejsze, z uwzględnieniem wytrzymałości materiału na stopienie przez oddzielne łuki.

Siatki rozmieszczone w odległości $1/32''$ (0,75 mm) okazały się bardzo odpowiednie w praktyce. Dalsze zmniejszenie tej odległości przedstawia znaczne trudności ze względu na naturalne wyginanie się materiału, wywołujące stykanie się siatek, oraz ze względu na konieczność izolowania tychże od siebie.

Jak zaznaczono powyżej, zmniejszenie otworów sprawia rozszczepianie się łuku na szereg oddzielnych krótkich łuków. Przy normalnej szybkości łuku, osiągalnej w komorze o długości umiarkowanej, końcówki łuku na siatkach topią je i zmniejszają działanie odjonizowujące. Okazało się, że to działanie siatek występuje gdy napięcie łuku staje się większe nad 25 woltów na siatkę. Poza tem potrzebne jest znacznie silniejsze pole magnetyczne dla wtłoczenia łuku do siatek bez stopienia tychże, gdy wielkość otworów siatek jest mniejsza.

Dla skuteczniejszego odjonizowywania rzeczą jest pożądaną aby wzrost napięcia na końcówkach łuku dzielił się jednostajnie pomiędzy siatkami w chwili gdy prąd przechodzi przez wartość zerową. W wyłącznikach dla napięć wysokich, posiadających wielką ilość siatek, może zdarzyć się, że wskutek pojemności siatek względem ziemi i różnicy między ich ładunkami, nabytymi w chwili poprzedzającej przechodzenia łuku przez zero, napięcie nie będzie podzielone jednostajnie pomiędzy siatkami, co może wywołać ponowne zapalenie się łuku.

W celu zapewnienia równomiernego podziału napięcia pomiędzy poszczególne siatki komory odjonizowującej można za-

stosować oporniki o wysokiej oporności pozornej, zwierające bocznikowo poszczególne siatki. Jak to wskazuje fig. 11, pojedyncza komora łukowa może posiadać szereg siatek 105, umieszczonych między elektrodami 106 i 107. Poszczególne siatki zaopatrzone są w połączenia 108 wychodzące poza komorę łukową, a równoległe do poszczególnych siatek włączony jest wysoki opór 109. Oporność pozorna opornika 109 jest tak wielka, że przez bocznik ten płynie prąd tylko nieznaczny. Opornik ten ma na celu jedynie utrzymanie jednostajnego spadku napięcia pomiędzy siatkami.

Jak już zaznaczono powyżej, stosunek grubości siatki do wielkości jej otworów wpływa dwójako na działanie wyłącznika. Z jednej strony, aż do pewnego stopnia przy danym wymiarze otworów siatki, im grubszy jest drut tejże, tem większy może być wzrost napięcia bez obawy ponownego zapalania się łuku. Z drugiej strony jednak, zwiększenie grubości siatek podnosi napięcie łukowe na siatkę w chwili poprzedzającej zgaszenie łuku, co wywołuje rozszczepianie łuku i nadmierne nagrzewanie siatek oraz zmniejszanie odjonizowywania.

Prąd, płynący bezpośrednio do metalu siatek, jest funkcją napięcia na siatkę; posiada on wartość nieznaczną dla napięć do 20 woltów na siatkę, wzrost natomiast napięcia ponad 30 woltów na siatkę wywołuje powstawanie nadmiernego prądu siatkowego; siatki działają wtedy jak elektrody, co może sprawić ich stopienie.

Jak widać z fig. 12, korzyści siatek grubych pod względem zwiększenia dopuszczalnego wzrostu napięcia można połączyć z korzyściami siatek cienkich odnośnie niskich napięć na siatkę, przez połączenie cienkich siatek parami zapomocą oporów 110. Podczas przechodzenia łuku niema znacniejszego prądu w oporach 110 między siatkami każdej pary, gdy otwory

siatek są dostatecznie duże dla przepuszczenia zwierającego je łuku. Gdy zaś prąd przechodzi przez wartość zerową, siatki każdej pary posiadają to samo napięcie wskutek ich połączenia przez opory 110 i działają odjonizowująco jak jedna gruba siatka.

Szybkość odjonizowania w danym urządzeniu zależy od szybkości, z jaką jony dodatnie poruszają się w przestrzeni łuku pod wpływem pola elektrycznego. Szybkość, jaką osiągają jony w polu elektrycznym o natężeniu równym jednostce, jest miarą ruchliwości jonów i zmienia się w gazach w stosunku odwrotnym do ciężaru cząsteczkowego. Dodatni jon wodoru porusza się więc siedem lub osiem razy prędzej od dodatniego jonu powietrza; jeżeli przeto komora odjonizowująca znajduje się w atmosferze wodoru, odległość między siatkami może być siedem razy większa niż w powietrzu dla zapewnienia tego samego stopnia odjonizowywania.

Fig. 13 przedstawia odmianę wynalazku, w której urządzenie odjonizowujące 111 jest umieszczone w komorze 112 napełnionej wodorem, dostarczany przez otwory 113 ze zbiornika lub generatora wodoru 114. Urządzenie składa się z dwóch elektrod 119, między którymi mieści się szereg siatek 120. Mechanizm 121 przerywający połączenie między elektrodami 119 zapoczątkowuje łuk.

Szybkość odjonizowywania można również zwiększyć przez zmniejszenie ciśnienia w ośrodku gazowym, w którym znajduje się łuk, jak to wskazano schematycznie na fig. 14. Urządzenie odjonizowujące 122, podobne do wskazanego na fig. 13, znajduje się w komorze 123, w której utrzymuje się zmniejszone ciśnienie przy pomocy pompy próżniowej 124. Ponieważ szybkość osiągana przez jony wskutek działania pola elektrycznego wzrasta wraz ze zmniejszeniem się ciśnienia, odjonizowywanie w warunkach tych znacznie wzrasta

— np. przy ciśnieniu wynoszącym $1/10$ ciśnienia atmosferycznego siatki posiadające otwory średnicy 0,5" (12,5 mm) działają tak samo, jak siatki z otworami 0,05" (0,125 mm) pod ciśnieniem atmosferycznym.

Dla uzyskania należytej pracy siatek, łuk powinien być wtłoczony do siatek przed przejściem prądu przez następną wartość zerową. Ponieważ jednak wymaga to stosunkowo znacznej siły, urządzenie wydmuchowe (fig. 1—3) musi wytwarzać silne pole magnetyczne w przestrzeni łukowej dla zapobiegania utrzymaniu się łuku na wejściowych krawędziach siatek, co wywołałoby ich stapianie.

Z chwilą natomiast, gdy łuk znajduje się już między siatkami, zbyt szybkie przesuwanie go nie jest pożądane, gdyż trudno jest utrzymać poszczególne części łuku w jednakowej szybkości i łuk może rozszczepić się na oddzielne łuki. Magnes wydmuchowy (fig. 1—3) wykonany jest w ten sposób, że gęstość pola magnetycznego zmniejszona zostaje w części górnej komory łukowej, nasady biegunowe 55 kończą się bowiem w części środkowej komory łukowej, a połowa górna płyt biegunowych 56 posiada grubość mniejszą w celu obniżenia gęstości pola.

Fig. 15 przedstawia urządzenie odjonizowujące składające się z jednej tylko komory 150, w której pole magnetyczne między siatkami uległo większemu jeszcze zmniejszeniu wskutek umieszczenia w płytach biegunowych 151 z każdej strony siatek szerokich otworów 152, znacznie podnoszących oporność tej części obwołu magnetycznego, co osłabia oczywiście pole magnetyczne.

Fig. 16 wyobraża komorę łukową podobną do wskazanej na fig. 15, w której zmniejszenie natężenia pola magnetycznego wewnątrz urządzenia siatkowego jest jeszcze większe dzięki płytom 161 niemagnetycznym, wysoce przewodzącym, umieszczonym po obu stronach płyt bieguno-

wych 162. Podobny ustrój zapewnia szybki spadek pola magnetycznego po wyjściu łuku do komory, gdyż prądy wirowe w przewodzących niemagnetycznych płytach 161 działają zaporowo i nie dopuszczają strumienia magnetycznego z płyt biegunowych 162 do części górnej urządzenia odjonizowującego.

Niekiedy należy zapobiegać wydostawaniu się łuku ku górze ponad siatki. W tym celu można po obu stronach części górnej komory łukowej umieścić magnes wydychowy 163 wzbudzany w ten sposób, by wywierał na łuk działanie skierowane ku dołowi.

Fig. 17 przedstawia inną formę wykonania danego wynalazku, zapewniającą odpowiednie zmniejszenie pola magnetycznego w części górnej komory łukowej. Nasady biegunowe 171 umieszczone są na różnych poziomach, wskutek czego wytworzone pole magnetyczne przesuwając łuk na bok przestrzeni wolnej 173 pomiędzy siatkami. Ruch ten sprzyja ciągłości i zapobiega rozszczepianiu się łuku. Dobrze przewodzące niemagnetyczne płyty 174, umieszczone ponad nasadami biegunowymi, zapobiegają przedostawaniu się strumienia magnetycznego do siatek. Łuk porusza się w komorze łukowej głównie dzięki prądom, istniejącym w otaczającym go gazie, jak to ma miejsce w znanych powszechnie odgromnikach rozładowych.

Powracając do fig. 1, należy zaznaczyć, że skoro łuk porusza się w urządzeniu siatkowym, warstwa gorącego gazu jonizowanego przylega zwykle do izolujących ścian 52 po obu stronach płyt 41 i 42. Ponieważ płyty te znajdują się w tym miejscu w znacznej odległości, odjonizowanie tej warstwy gorącego gazu odbywa się bardzo wolno i może wywołać ponowne zapalenie się łuku po przejściu napięcia przez wartość zerową.

Aby temu zapobiec, w odmianie urządzenia, przedstawionej na fig. 17, ściany

izolujące 178, zamykające z obu stron komorę łukową 179, zaopatruje się w metalowe drążki izolowane, wytwarzające jak gdyby mniejsze odjonizowujące urządzenie siatkowe. Końce siatek 177 dotyczą ścian izolujących 178; siatki te izolowane są oczywiście od siebie materiałem mikowym 180.

Fig. 18 wyobraża urządzenie odjonizowujące, w którym łuk ulega wtłaczaniu do komory 181 zapomocą prądu powietrza (dmuchu). Łuk zapala się między dwiema elektrodami rozładowymi 182, po rozłączeniu ich z ramieniem stykowym 183. Powietrze pod ciśnieniem dopływa przez rurę 185 i dyszę 184, a ponieważ przestrzeń między częścią dolną elektrod jest bardzo wąska, powstaje szybki prąd powietrza, szybko przesuwający łuk ku siatkom; następnie jednak, wskutek rozszerzania się przestrzeni komory łukowej, zmniejsza się szybkość przepływu powietrza oraz ruch łuku.

Dla odjonizowywania warstwy gazu przy ścianach izolujących (niewskazanych na rysunku) po obu stronach płyt 182, siatki 186 komory odjonizowującej zaopatrzone są w przedłużenie 187 wysunięte ku dołowi przy ścianach izolujących i pozostawiające wolną przestrzeń po środku dla swobodnego ruchu ramienia stykowego 183.

Trudności, powstające wskutek zapalania łuku nazewnątrz urządzenia siatkowego i następnego wdmuchiwanie go do tegoż, można usunąć przez zapalenie łuku wewnątrz urządzenia siatkowego. Fig. 19 przedstawia sposób wykonania podobnego urządzenia. Komora łukowa 192 oraz siatka 191 zaopatrzone są w otwór podłużny 193, przez który przechodzi kontakt 194, umocowany na ruchomym ramieniu 195, podobnym do ramienia 15 na fig. 1. Kontakt 194 posiada przekrój prostokątny dość wąski i dość wysoki, otwory przeto w siatkach posiadają taką szerokość, że

odjonizowywanie przestrzeni łuku zachodzi nawet w przypadku powstawania drobnych łuków częściowych w otworach 193 bez przesunięcia się między siatki.

Inną formę wykonania podobnego urządzenia przedstawia fig. 20. Ruchoma elektroda 201 styka się z siatkami 202 w części dolnej komory odjonizowującej 203. Jeden koniec elektrody 201 przykryty jest materiałem izolującym 204 tak umieszczonym na tej części, że może swobodnie ślizgać się wraz z nią pod dolnym brzegiem siatek. Łuk zostaje zapalany przez ruchomą część 201, a przesuwany do komory przez część izolującą 204.

W przykładach powyższych opisano urządzenia złożone z siatki drucianej. Rzecz jednak prosta, iż można stosować wszelkie inne urządzenia, dzielące przestrzeń łukową na szereg wąskich warstw, zaopatrzonych (wszystkie) w przewodzące ośrodki dla odjonizowywania przestrzeni łukowej.

Na fig. 21 i 22 siatki przybierają kształt metalowych płytek 210, zaopatrzonych w otwory 211, pozostawiające wolną drogę dla łuku pomiędzy elektrodami 212. W wykonaniu tem otwory tak są rozmieszczone, że tworzą podwójny grzebień, po obu stronach prostokątnego wąskiego noża wyłącznikowego 213. Listki siatkowe są wykonane z materiału elastycznego, np. z brązu fosforowego. Przestrzeń między zębami grzebienia 214 jest mniejsza od szerokości noża wyłącznika 213; skoro przeto nóż ten znajduje się w położeniu zamkniętem, jak to wskazuje rysunek, zęby grzebienia są wygięte nazewnątrz; natychmiast po wysunięciu noża 213 odginają się, tworząc szczelinę. Podobna budowa zapewnia należyte odjonizowywanie, gdyż łuk zapalony przez nóż 213 jest otoczony ze wszystkich stron częściami przewodzącymi, które sprawiają szybkie odjonizowywanie przestrzeni łukowej, bez potrzeby dalszego przesuwania łuku.

Dla uruchomienia opisanego powyżej wyłącznika część prawą 215 siatek można przesunąć nieco na prawo z pozostawieniem otworu dostatecznie szerokiego dla wsunięcia noża 213. Grzebień cofa się następnie w położenie normalne, w którym zęby jego zostają zgięte przez nóż, jak pokazano na rysunku. Wyłącznik można również zbudować w ten sposób, aby nóż 213 był wsuwany z jednej strony, a wysuwany ze strony drugiej, jak wskazuje strzałka 216 na fig. 22. Dla dostatecznego gaszenia łuku gdyby tenże wydostał się ponad grzebień, można umieścić nad nim dodatkowe urządzenie siatkowe 217.

Fig. 23 i 24 przedstawiają komorę odjonizowującą, zapewniającą połączone działanie urządzenia grzebieniewego, fig. 21 i 22—z urządzeniem siatek druczanych. Komora łukowa składa się z dwóch części dolnej 231 oraz górnej 232, opierającej się o obie strony noża wyłącznikowego 233, przyczem siatki są wykonane z materiału elastycznego, a przestrzeń do której wchodzi nóż jest węższa od jego szerokości tak, że końce siatek odginają się zpowrotem po wyciągnięciu noża w kierunku strzałki 234.

Fig. 25 wyobraża bardzo proste urządzenie, zapobiegające ponownemu zapalaniu się łuku gdyby nie przesunął się on do urządzenia odjonizowującego. Jedna z elektrod posiada kształt naczynia przewodzącego 251, zawierającego rtęć 252, druga zaś elektroda posiada kształt płyty metalowej 253, mogącej poruszać się ku dołowi, aż do zetknięcia się z rtęcią. Płytką 253 jest zaopatrzona w osłonę izolującą 254, w której znajduje się szereg siatek 255, umieszczonych poziomo pod płytą 253. Siatki te są całkowicie zanurzone w rtęci, gdyż płytka 253 styka się z rtęcią. Skoro elektroda 253 zostanie podniesiona do położenia otwartego, wskazanego na rysunku, łuk zapala się między jej powierzchnią a rtęcią i musi pozostawać w

przestrzeni zajętej przez siatki 255, co zabezpiecza całkowicie zupełne odjonizowanie.

Inne urządzenie zabezpieczające przechodzenie łuku przez siatki wskazuje fig. 26. Naczynie 260 z materiału izolującego może zajmować położenie albo poziome, albo pionowe. Naczynie 260 posiada dwie części szersze 261 i 262 na obu końcach, a przestrzeń między temi częściami jest napełniona szeregiem siatek 263 o budowie podobnej do opisanej poprzednio. Elektrody 264 i 265, umieszczone w częściach 261 i 262, tworzą końcówki wyłącznika. Naczynie 260 zawiera pewną ilość rtęci, napełniającą dolną część i tworzącą połączenie między elektrodami 264 i 265. Gdy naczynie 260 zostanie odwrócone pionowo, rtęć przerywa połączenie z uniesioną do góry elektrodą 264 i przeciąga łuk poprzez siatki, gdzie następuje odjonizowanie.

Przy budowie komory odjonizowującej należy mieć na uwadze konieczność zapobieżenia uszkodzeniu siatek przez łuk, powstający między elektrodami głównymi. W tym celu należy zapewnić ruch łuku pomiędzy siatkami, aby uniknąć umiejscowiania się go w pewnej części urządzenia siatkowego. Okazało się bowiem, że pary wydobywające się z płytek łukowych po obu stronach urządzenia siatkowego mogą wywierać w pewnych przypadkach wpływ ujemny na pracę siatek.

Nagrzewanie się siatek odjonizowujących w komorze łukowej następuje dwoma sposobami: przez promieniowanie ciepłe i przewodnictwo gorących gazów łuku oraz przez bezpośrednie wytwarzanie się ciepła na powierzchni siatek wskutek prądów, płynących w siatkach. Okazało się bowiem, że jeżeli umieścić drut w przestrzeni łuku, w bliskości jednej z elektrod, i przyłożyć do niego potencjał elektrycz-

ny, przez drut będzie przepływał znaczny prąd. Po odsunięciu natomiast od elektrody prąd w drucie staje się bardzo słabym. Dla łuku np. pięćdziesięcio-ampereowego, przy umieszczeniu drutu w odległości $\frac{1}{16}$ " (1,5 mm) od jednej z elektrod i przyłożenia doń ujemnego potencjału 30-woltowego w stosunku do łuku, okazało się, że przez ten drut przepływa znaczny prąd, gdy natomiast po umieszczeniu tego samego drutu o pół cala (12,5 mm) od elektrody i przyłożeniu doń potencjału ujemnego 140-woltowego w stosunku do łuku, prąd przepływający przezeń okazał się nieznaczny.

Zmiana zachodząca w przepływie prądu przez ten drut, zależnie od odległości jego od końcówki łuku, jest spowodowana prawdopodobnie przez wydobywanie się znacznych ilości par metalowych z elektrod łuku. Pary te posiadają znacznie silniejsze własności jonizujące niż powietrze, jonizują się więc cieplnie w temperaturze znacznie niższej niż powietrze. Tak więc, gdy drut zostaje umieszczony blisko elektrody otaczają go pary metalowe i stosunkowo niski potencjał elektryczny wystarcza do wywołania w nim znacznego prądu. Natomiast po odsunięciu drutu od elektrody jest on otoczony powietrzem i prąd płynący w tym drucie będzie nieznaczny, nawet przy przyłożeniu doń stosunkowo wysokiego potencjału elektrycznego.

Fig. 27 uwidocznia komorę odjonizowującą, w której siatki 270 zabezpieczone są od działania par metalowych 271, wydzielających się z elektrod 272 przez wygięcie końców elektrod 273 poza komorę łukową i nadanie im kształtu rożkowego. Łuk posuwa się ku górze do siatek, a pary 271 zostają skierowane poza siatki, jak w przypadku gdy płytki końcowe leżą równolegle do siatek. Dla zabezpieczenia

siatek od bezpośredniego oddziaływania par wysyłanych przez elektrody łuku można się posługiwać najrozmaitszymi urządzeniami. Na fig. 28 np. komora łukowa 280 zaopatrzona jest w przegrody izolujące 281 umieszczone na drodze łuku między płytami 282 a siatkami 283, łuk musi przeto przechodzić krętą drogą między przesuniętymi otworami 284.

Wreszcie fig. 29 przedstawia inną odmianę powyższego urządzenia, w której siatki 280 umieszczone są między płytkami izolującymi 291, zaopatrzonymi w środkowe otwory 292, przez które przechodzi łuk. Płytki końcowe (elektrody) 293, między którymi zapala się łuk po przerwaniu obwodu, mieszczą się zewnątrz płyt 291 w ten sposób, że pary metalowe 294, wydobywające się z elektrod, nie kierują się do otworów 292 po obu stronach siatek.

Powyżej więc został opisany cały szereg odmian wykonania wynalazku niniejszego, umożliwiającego przerywanie obwodów silnych prądów wysokiego napięcia bez stosowania oleju do tłumienia łuku, powstającego na końcówkach wyłącznika. Wykazano, że w wyłącznikach prądu zmiennego można zapobiec ponownemu zapalaniu się łuku przez sztuczne zwiększanie szybkości odjonizowywania przestrzeni łukowej, co pozwala tak uregulować wzrost napięcia na końcówkach łuku, że spadki potencjału elektrycznego w przestrzeni odjonizowanej nie osiągają nigdy wartości, przy której może nastąpić ponowne zapalenie się łuku.

Wynalazek może znaleźć zastosowanie w licznych urządzeniach i innego rodzaju wyłącznikach, gdzie zachodzi potrzeba zapobiegania ponownemu zapalaniu się łuku. W szczególności urządzenie odjonizowujące można z powodzeniem stosować do wyłączników, zaopatrzonych w płynne środki tłumiące łuk, jak np. olej.

Zastrzeżenia patentowe.

1. Urządzenie do przerywania łuku w wyłącznikach o komorze łukowej, znamienne tem, że komora ta podzielona jest na wąskie przestrzenie, np. węższe niż 3 mm, zapomocą przewodzących elektrycznie części odjonizowujących, osadzonych w ten sposób, że praktycznie nie przewodzą one prądu łuku.

2. Urządzenie według zastrz. 1, znamienne tem, że komora łukowa zaopatrzona jest w przewodzące elektrycznie części końcowe (elektrody).

3. Urządzenie według zastrz. 1 i 2, znamienne tem, że komora łukowa zawiera gaz o niskim ciężarze cząsteczkowym, np. wodór.

4. Urządzenie według zastrz. 1 — 3, znamienne tem, że komora łukowa zawiera ośrodek gazowy pod ciśnieniem zmniejszonym.

5. Urządzenie według zastrz. 1 — 4, znamienne tem, że części odjonizowujące składają się z szeregu siatek lub dziurkowanych płytek, osadzonych wpoprzek drogi łuku i oddzielonych od siebie nawzajem zapomocą izolujących rozporów.

6. Urządzenie według zastrz. 2, znamienne tem, że pomiędzy końcówkami łuku włączony jest pewien opór pozorny w celu ograniczenia wzrostu napięcia między niemi.

7. Urządzenie według zastrz. 1 — 6 dla prądu zmiennego, znamienne tem, że składa się z szeregu komór, w których łuk rozszczepia się na szereg łuków połączonych szeregowo.

8. Urządzenie według zastrz. 7, znamienne tem, że prąd łuku zmniejsza się stopniowo w poszczególnych łukach podczas kolejnych pół-okresach zapomocą oporów pozornych włączonych równolegle

do niektórych z tych łuków w celu zapobiegania ponownemu zapalaniu się tychże i zmniejszania pozostałego łuku podczas pół-okresu następnego.

9. Urządzenie według zastrz. 1 — 8, znamienne tem, że posiada środki zabezpieczające przechodzenie łuku przez czę-

ści odjonizowujące w celu zapobiegania stapianiu tychże.

Westinghouse Electric
& Manufacturing Company.

Zastępca: M. Skrzypkowski,
rzecznik patentowy.

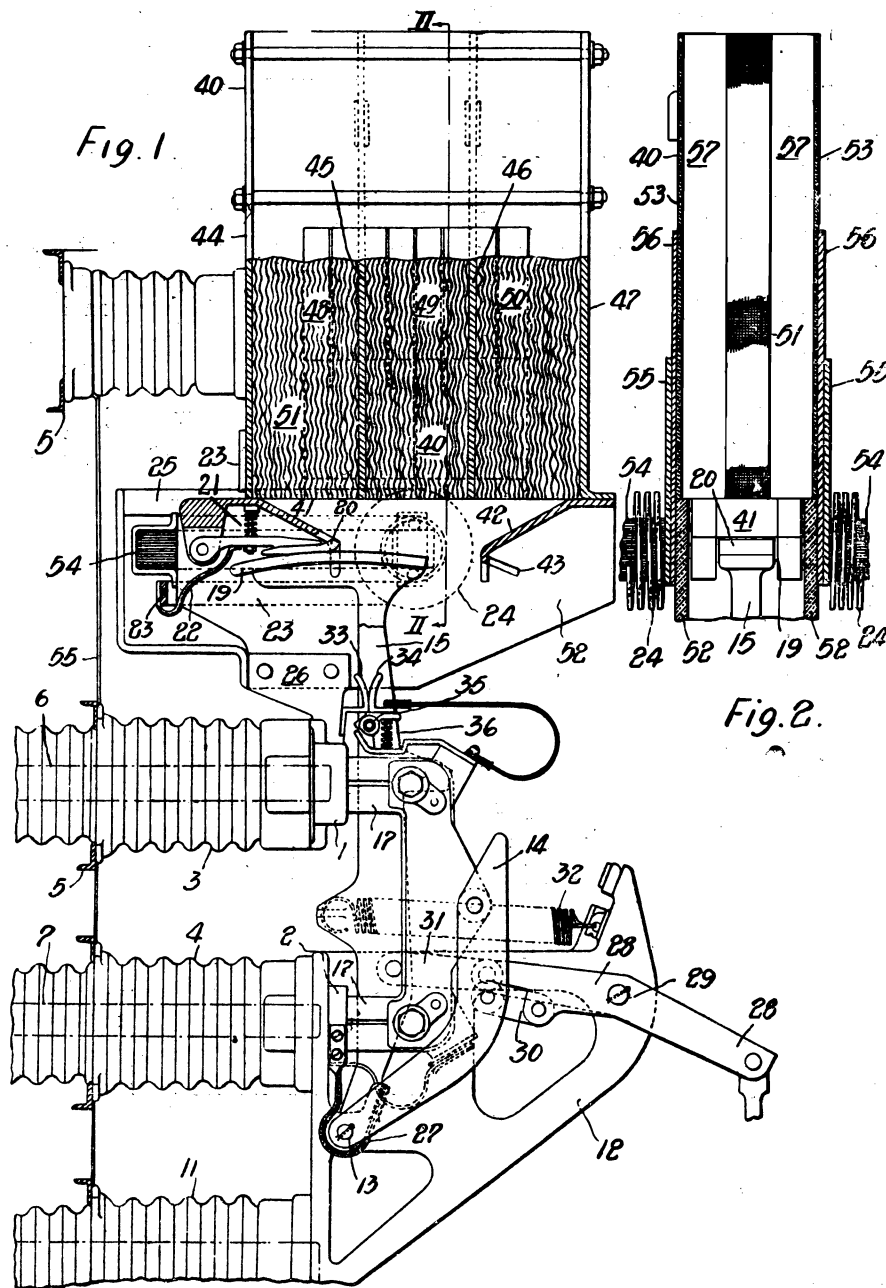


Fig. 3.

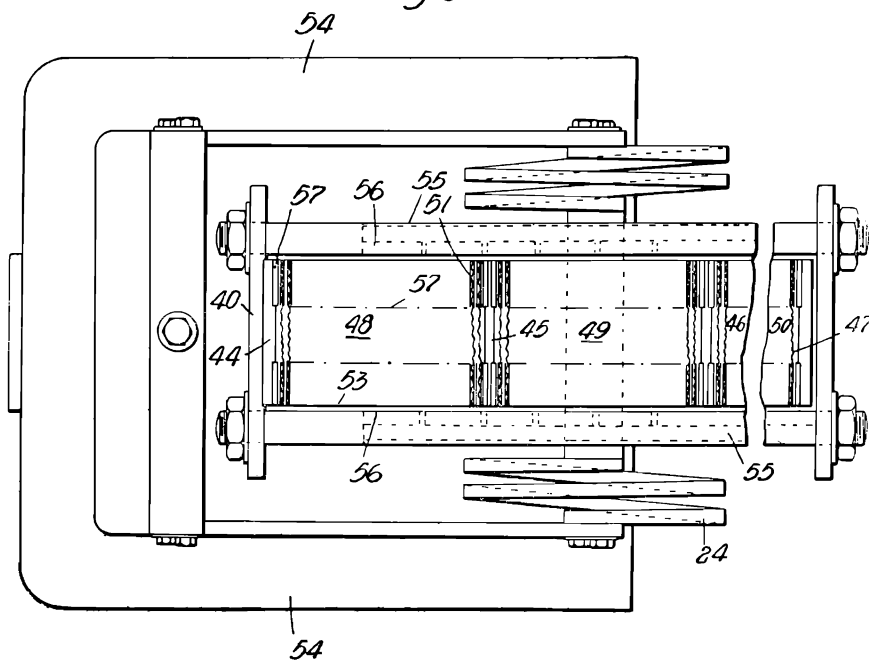
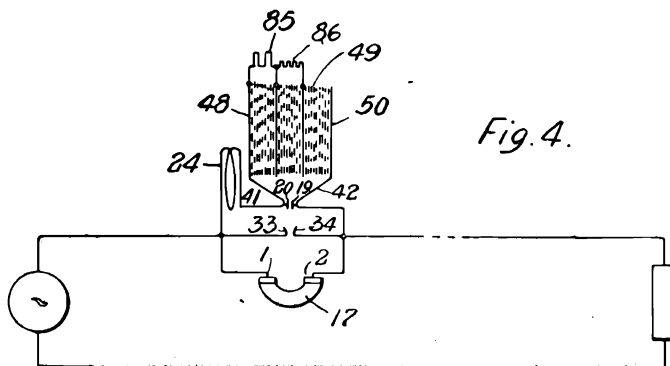
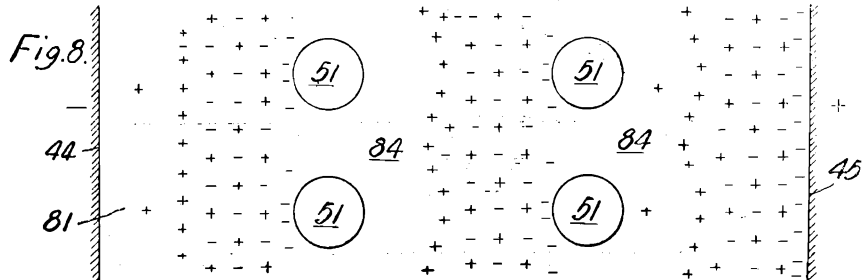
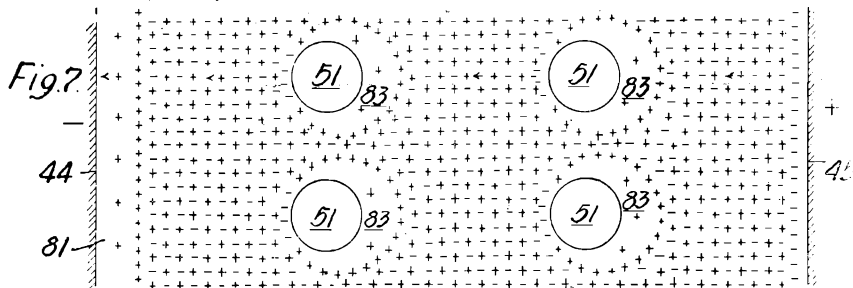
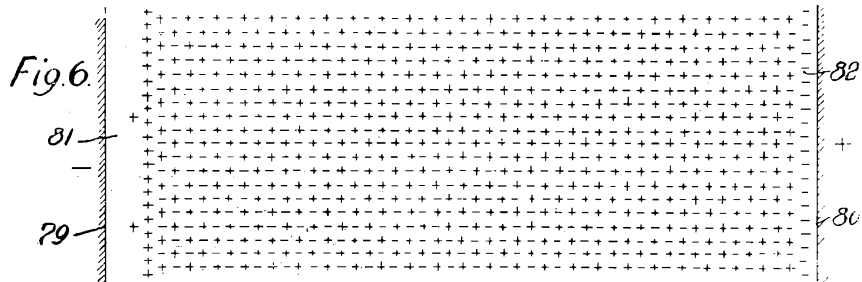
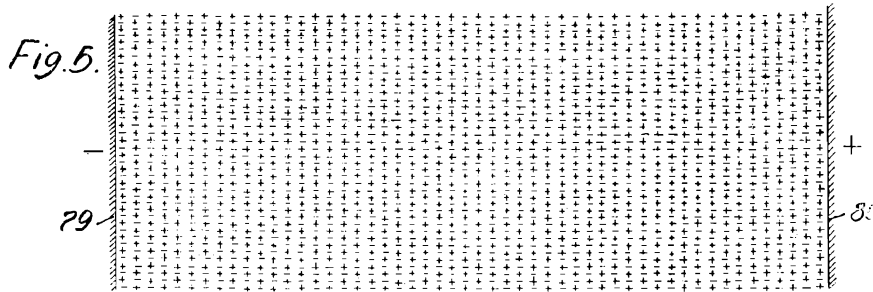


Fig. 4.





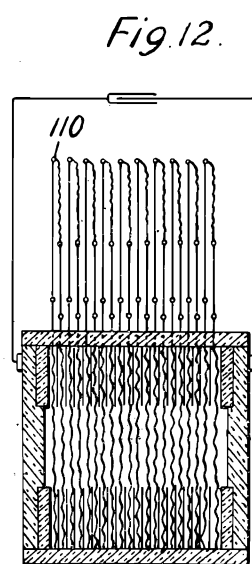
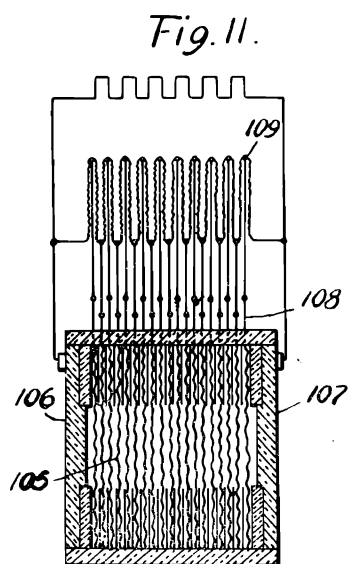
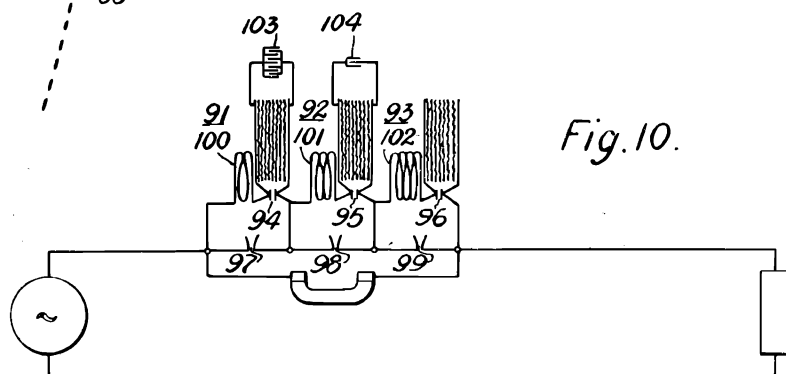
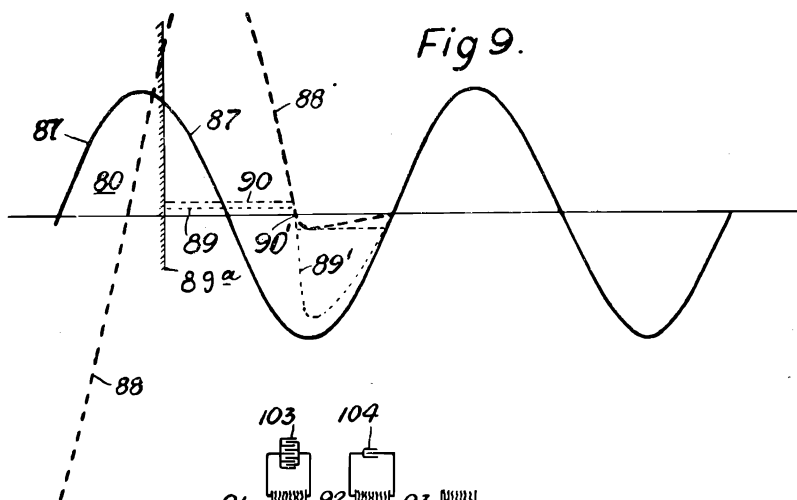


Fig.13.

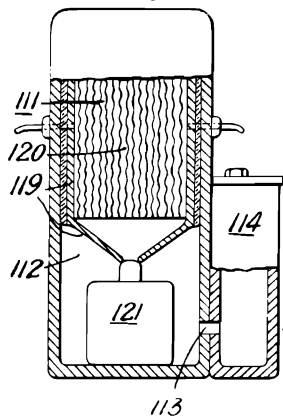


Fig.14

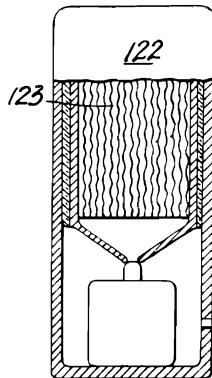


Fig.15.

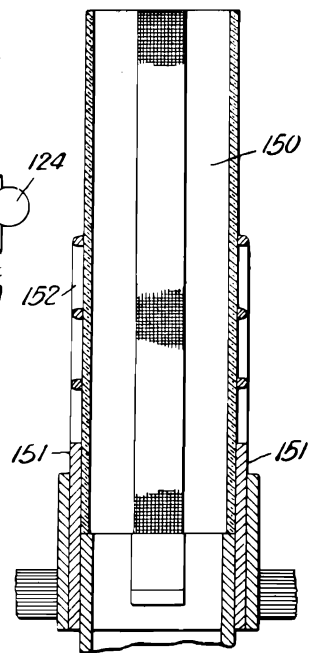


Fig.16.

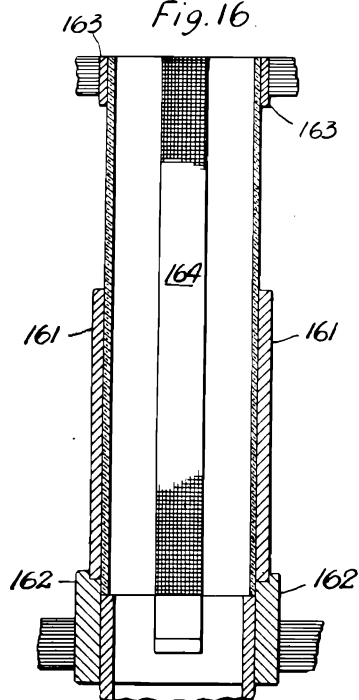


Fig.17.

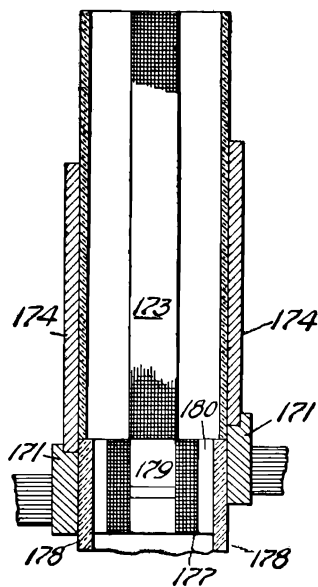


Fig.18.

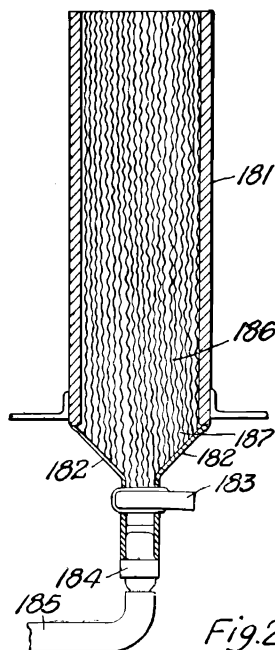


Fig.20.

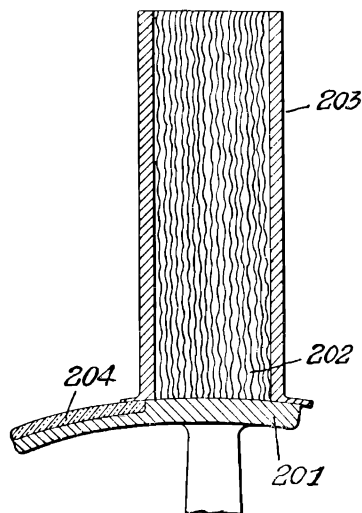
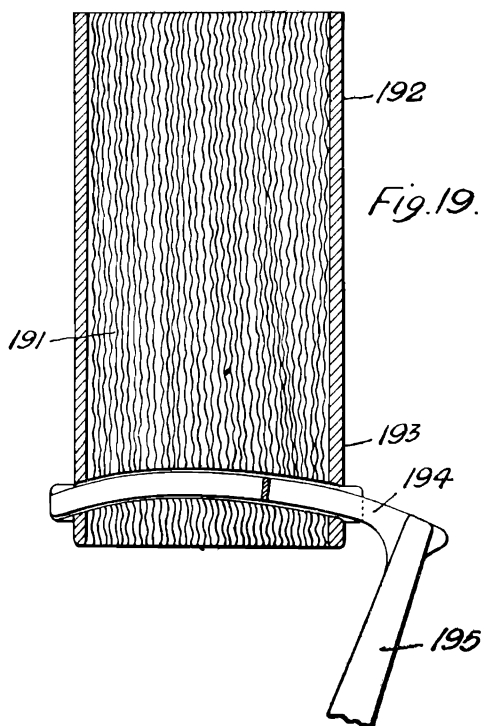


Fig.19.



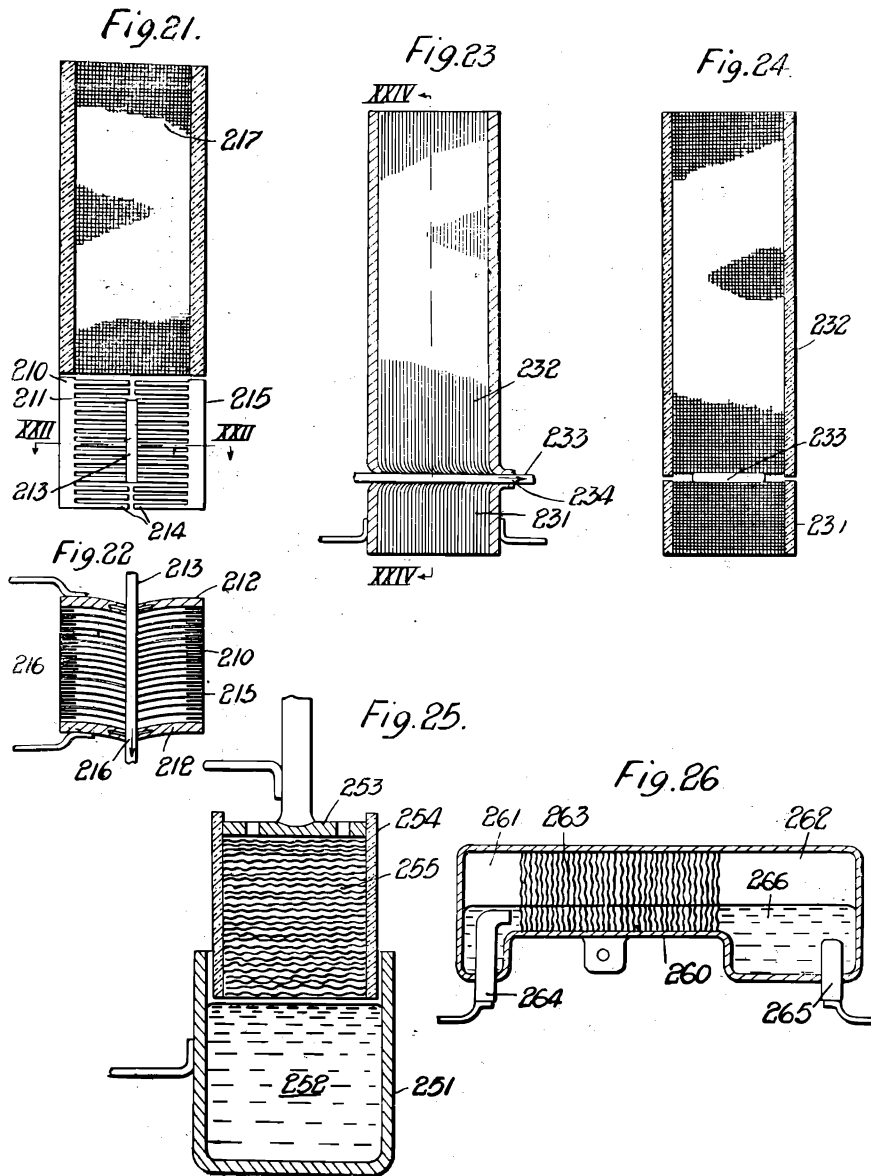


Fig.27.

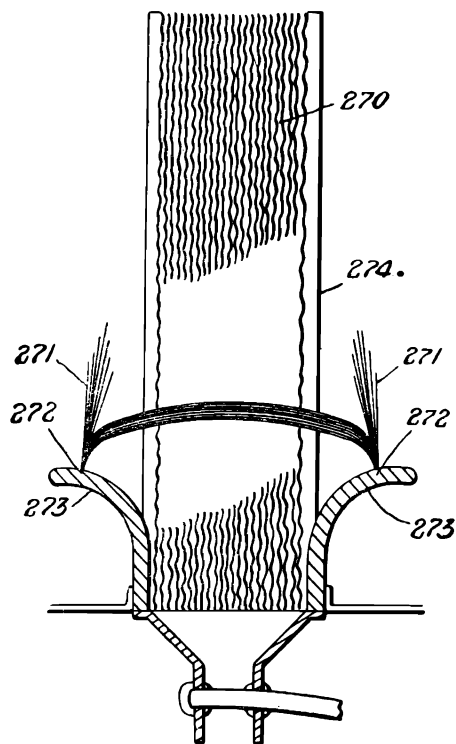


Fig.28.

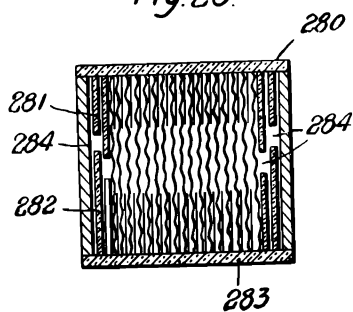


Fig.29.

