

POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWAURZĄD
PATENTOWY
PRL

OPIS PATENTOWY

63207

Patent dodatkowy
do patentu

Zgłoszono: 13.I.1965 (P 106 961)

Pierwszeństwo: 14.I.1964 Francja

Opublikowano: 20.VIII.1971

Kl. 40 c, 3/12

MKP C 22 d, 3/12

UKD 669.713.7

Współtwórcy wynalazku: Claude Boulanger, Jérôme Pellissier — Tanon

Właściciel patentu: Pechiney Compagnie de Produits Chimiques et Elektrometallurgiques, Paryż (Francja)

Sposób przewidywania efektu anodowego i systematycznego zasilania elektrolizerów aluminium oraz urządzenie do stosowania tego sposobu

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób przewidywania efektu anodowego i systematycznego zasilania elektrolizerów aluminium, według którego niezbędna wartość wewnętrznej oporności elektrycznej kąpeli utrzymywana jest przez zasilanie elektrolizera tlenkiem glinu oraz urządzenie do stosowania tego sposobu.

Wiadomo, że zasilanie elektrolizerów tlenkiem glinu powinno odbywać się w taki sposób, żeby zawartość aluminium w kąpeli elektrolitycznej pozostawała w określonych granicach a mianowicie między granicą dolną, poniżej której istnieje niebezpieczeństwo powstawania iskrzenia zwanego efektem anodowym, a granicą górną powyżej której następuje nasycenie kąpeli tlenkiem glinu, a nierozpuszczone aluminium osiada na katodzie izolując ją od kąpeli elektrolitycznej i powodując wzrost oporności omowej zawartości kadzi i podniesienie temperatury kąpeli, co w znacznym stopniu zakłóca działanie elektrolizera.

Znany sposób zasilania elektrolizerów aluminium polega na tym, że za każdym razem gdy zaobserwuje się efekt anodowy, zasilą się elektrolizer taką ilością tlenku glinu, aby zawartość aluminium w kąpeli elektrolitycznej pozostawała poniżej granicy górnej.

Wadą tego sposobu jest powstawanie kilku efektów anodowych w ciągu 24 godzin. Te efekty anodowe z jednej strony wpływają na znaczne zużycie fluorku w kadzi, w której występuje efekt anodowy, a z drugiej strony powodują zaburzenia w działaniu pozostałych kadzi z tego samego szeregu.

Inny znany sposób zasilania elektrolizerów alumi-

2

nium polega na tym, że elektrolizer zasilą się regularnie małymi dawkami tlenku glinu, mniejszymi od ilości zużywanych, a przy każdym efekcie anodowym wprowadza się dawkę uzupełniającą większą.

Wadą tego sposobu jest wprowadzenie procesu elektrolizy przy dużej zawartości aluminium w kąpeli elektrolitycznej, a wiadomo, że wydajność energetyczna kadzi jest maksymalna dla zawartości aluminium w kąpeli elektrolitycznej, nieco powyżej granicy dolnej.

Przeprowadzone dotychczas próby laboratoryjne na innych urządzeniach do przewidywania efektu anodowego i systematycznego zasilania elektrolizerów aluminium tlenkiem glinu w celu utrzymania wewnętrznej oporności elektrycznej kąpeli w stałych granicach nie dały pozytywnych wyników i przez to nie znalazły zastosowania przemysłowego.

Celem wynalazku jest opracowanie sposobu zasilania elektrolizerów zapewniającego utrzymanie zawartości aluminium w kąpeli elektrolitycznej w granicach nieco powyżej granicy dolnej oraz urządzenia do stosowania tego sposobu.

Zgodnie z wynalazkiem sposób przewidywania efektu anodowego i systematycznego zasilania elektrolizerów aluminium, według którego niezbędna wartość wewnętrznej oporności elektrycznej kąpeli utrzymywana przez zasilanie elektrolizera tlenkiem glinu polega na tym, że dokonuje się przewidywania efektu anodowego obserwując zmiany średniej wartości wewnętrznej oporności kąpeli, którą wyznacza się przez obliczenie stosunku między spadkiem napięcia na zaciskach elektroli-

zera, a natężeniem prądu przez niego przepływającego, przy czym spadek napięcia wykorzystuje się do obliczenia różnicy między napięciem występującym na zaciskach elektrolizera, a przybliżoną wartością siły przeciwelektromotorycznej elektrolizera, w celu regulacji położenia układu anodowego zgodnie z wartością oporności wewnętrznej, po czym kompensuje się wahania oporności wewnętrznej kąpieli przez wprowadzenie ilości tlenu glinu zależne od odstępów czasu przed wystąpieniem efektu anodowego, wyznaczonych przez komparator podłączony dla pomiaru w okresie dłuższym niż 1 sekunda lecz krótszym od 10 minut.

Urządzenie do stosowania sposobu według wynalazku zawiera magnetyczny komparator fazowy, którego nasycalny rdzeń magnetyczny zawiera cztery uzwojenia, z których uzwojenie pierwsze jest przyłączone poprzez opornik do zacisków opornika bocznikowego, uzwojenie drugie stanowi część obwodu zawierającego włączony szeregowo pierwszy opornik regulowany, źródło prądu stałego, elektrolizer, którego elektryczna oporność wewnętrzna ma być mierzona, przy czym elektrolizer i źródło prądu stałego są połączone przeciwsobnie, trzecie uzwojenie podłączone jest do źródła prądu zmiennego o częstotliwości „f” Hz, a czwarte uzwojenie jest podłączone do detektora harmonicznego dostarczającego napięcie o częstotliwości „f” przesuniętej w fazie o $+\frac{\pi}{2}$ lub o $-\frac{\pi}{2}$ względem napięcia źródła prądu zmiennego.

Urządzenie ma dwufazowy silnik, którego jeden z obwodów jest podłączony do źródła prądu zmiennego, a drugi obwód poprzez wzmacniacz do detektora harmonicznego, przy czym wał silnika jest połączony z pierwszym regulowanym opornikiem, ze wskaźnikiem do odczytywania wartości oporności oraz z drugim regulowanym opornikiem.

Urządzenie ma ponadto obwód całkujący średnią wartość oporności, zawierający włączony szeregowo drugi regulowany opornik, źródło prądu stałego, amperomierz wskazujący średnią wartość oporności oraz obwód komparatora, porównujący średnią wartość oporności z wartością oporności odniesienia i połączony z mechanizmem podnoszącym do góry układ anodowy elektrolizera.

Opracowanie sposobu i urządzenia do przewidywania efektu anodowego i systematycznego zasilania elektrolizerów aluminium zapobiega powstawaniu efektu anodowego, co wpływa korzystnie na zwiększenie wydajności prądowej Farady'a, a ponadto na zmniejszenie zużycia fluoru na tonę wyprodukowanego aluminium.

Przedmiot wynalazku jest przedstawiony w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schemat układu elektrycznego przeznaczonego do przewidywania efektu anodowego i zasilania elektrolizerów aluminium, a fig. 2 — wykres przedstawiający zmiany średniej wartości oporności w funkcji czasu, przy zbliżaniu się zjawiska efektu anodowego.

Podstawowa informacja, która obejmuje regulację płaszczyzny stanowiącej dolną granicę układu anodowego lub płaszczyzny anodowej, jest zadana wartością czynnej oporności wewnętrznej elektrolizera. Oporność ta jest wyznaczona zależnością $\rho = \frac{V-E}{I}$ przy czym „V” jest różnicą potencjałów na zaciskach elektrolizera w

chwili t, „E” siłą przeciwelektromotoryczną elektrolizy w chwili t, „I” natężeniem prądu przepływającego przez elektrolizer w chwili t.

Aparatura wykorzystuje wartość „E”, a zatem śledzoną oporność wewnętrzną, określoną za pomocą zależności $R = \frac{V-a}{I}$ przy czym, „a” jest przybliżonym i stałym oszacowaniem siły przeciwelektromotorycznej „E”.

Na fig. 1 widoczne są trzy elektrolizery 1, 2 i 3 z rozpatrywanego szeregu, przy czym aparatura regulacyjna jest przyłączona do elektrolizera 2.

Wycechowany opornik bocznikowy 11, który jest włączony w szereg z wszystkimi elektrolizerami, zasilane z uzwojeń wzbudzących 13 komparatora magnetycznego 12, za pośrednictwem opornika 46. Przez uzwojenie to przepływa zatem prąd o natężeniu „i” proporcjonalnym do natężenia „I” prądu przepływającego przez elektrolizer, $i = AI$, przy czym „A” jest współczynnikiem proporcjonalności. Drugie uzwojenie wzbudzące 14 komparatora 12, poprzez pierwszy opornik 19 o oporności „r” jest zasilane napięciem uzyskiwanym przez przeciwsobne włączanie źródła 18 napięcia „a” do różnicy potencjałów „V” istniejącej na zaciskach elektrolizera 2. Przez uzwojenie 14 przepływa zatem prąd równy $j = \frac{V-a}{r}$.

W dającym się nasycać obwodzie magnetycznym 17 komparatora 12 znajduje się trzecie uzwojenie 15, zasilane ze źródła 21 napięcia zmiennego o dowolnej częstotliwości „f”, wybranej jako równej 400 Hz, oraz czwarte uzwojenie 16, które zasilane detektorem harmonicznym 20. Ten detektor harmonicznego wybiera drugą harmoniczną prądu zmiennego, dostarczanego przez prądnice 21 i transformuje następnie ten prąd harmoniczny na prąd sinusoidalny o częstotliwości „f”, przesuniętej w fazie o $+\frac{\pi}{2}$ lub $-\frac{\pi}{2}$ w stosunku do prądu dostarczanego przez prądnice 21.

Dwufazowy silnik 23 ma swoje stałe uzwojenie fazowe 24 połączone z zaciskami prądnicy 21, podczas gdy jego uzwojenie 25 fazy sterowanej jest połączone za pośrednictwem wzmacniacza 22 z wyjściem detektora 20. Silnik ten napędza suwak pierwszego opornika 19, bezpośredni wskaźnik 26, zaopatrzony ewentualnie w urządzenie zapisujące chwilową oporność wewnętrzną oraz suwak drugiego opornika 27.

Opornik ten stanowi część obwodu, przez który przepływa prąd „j”, proporcjonalny do średniej wartości „(R)” oporności „R” i który zawiera włączone szeregowo źródło 28 prądu stałego urządzenie całkujące 29 i urządzenie porównujące 30, które porównuje wartość „(R)” z wartością odniesienia „R₀” i które za pośrednictwem dawkopłukacza czasu 31 przesyła rozkaz regulowania do silnika przeznaczonego do przemieszczania układu anodowego elektrolizera 2. Prąd „j” wzbudza urządzenie pomiarowe 32, które jest wycechowane na wartość średnią (R) i które może być zaopatrzone w przyrząd zapisujący. Zaciski 41, 42, 43, 44 umożliwiają kolejne przyłączenie rozpatrywanego urządzenia do zacisków elektrolizerów 1, 2, 3. Działanie tego urządzenia jest opisane poniżej.

Prądy $i = AI$ i $j = \frac{V-a}{r}$ są doprowadzane odpowiednio do uzwojeń 13 i 14 komparatora fazowego 12.

Pod działaniem całej liczby amperozwojów stałe pole magnetyczne nasycą obwód magnetyczny 17 transformatora, który tworzą wraz z obwodem magnetycznym uzwojenia 15 i 16 i powoduje powstawanie w uzwojeniu 16 zniekształconego prądu zmiennego, który oprócz częstotliwości podstawowej zawiera częstotliwości harmoniczne. Ten zniekształcony prąd wzbudza detektor 20, który selekcjonuje drugą harmoniczną o częstotliwości „2f”, następnie transformuje ją na prąd o częstotliwości „f” przesuniętej w fazie względem prądu, który przepływa w uzwojeniu 15, o $+\frac{\pi}{2}$ lub $-\frac{\pi}{2}$, zależnie od

znaku stałego pola magnetycznego, które nasycą obwód magnetyczny 17 i od którego zależy biegunowość drugiej harmonicznej. Sygnał ten przechodzi przez wzmacniacz 22 i wzbudza uzwojenie 25 silnika 23, którego drugie uzwojenie 24 jest bezpośrednio zasilane z prądnicy 21. Kierunek obrotu tego silnika zależy od znaku przesunięcia fazowego prądu dostarczanego przez detektor 20, a zatem od znaku stałego pola magnetycznego w obwodzie 17, który z kolei zależy od względnej wartości „i” oraz „j”. Gdy $i = j$ to pole równa się zero, detektor 20 zasilany napięciem o niezniekształconej częstotliwości „f” nie zasilą wcale uzwojenia 25. Silnik 23 zatrzymuje się. W takiej chwili mamy $i = j$ to znaczy $AI = \frac{V - a}{r}$ a stąd $\frac{V - a}{I} = R = Ar$.

W stanie równowagi obserwowana chwilowa oporność „R” elektrolizera 2 jest zatem proporcjonalna do „a” oporności opornika 19. A zatem gdy nie ma równowagi, to silnik obraca się i działa na opornik 19 aż do ustalenia się nowej równowagi, a zatem obrót silnika jest proporcjonalny do „R”, którego wartość jest pokazywana i ewentualnie zapisywana przez urządzenie wskaźnikowe 26.

Stwierdzono, że oporność wewnętrzna elektrolizera podlega wahaniom, których amplituda jest znaczna. Stwierdzono z jednej strony istnienie stałych wahań okresowych, które zachodzą mniej więcej co sekundę i mają amplitudę mniej więcej 1 mikrohm, które są związane z samym zjawiskiem elektrolizy, i które są prawdopodobnie spowodowane wydzielaniem gazów towarzyszących elektrolizie, a z drugiej strony istnienie fluktuacji bardziej powolnych o okresie wynoszącym około minuty i o amplitudzie, która może osiągać wartość 5 mikrohmów. Te ostatnie fluktuacje, które wydają się być związane z ruchami metalu i które same wynikają z nierównomiernego rozkładu prądu, są tym większe, im elektrolizer jest większej mocy i wydają się być mniejsze na elektrolizerach o anodach wstępnie wypalanych, niż na elektrolizerach o anodach Soederberga.

Szybkie zmiany oporności wewnętrznej stanowią jedną z poważniejszych trudności, jakie spowodowały niepowodzenia zanotowane przy próbach zastosowywania samoczynnej regulacji. Wskazane byłoby zatem usunięcie lub zmniejszenie tych zmian oporności i bazowanie regulacji nie na chwilowej wartości oporności „R”, ale na wartości średniej „(R)”, odniesionej do czasu większego od jednej sekundy i mniejszego od 10 minut, który jest najczęściej wybierany w granicach od 15 sekund do 2 minut.

W tym celu silnik 23 napędza drugi opornik 27 zasilany z prądnicy 28 o niezmiennym napięciu prądu stałego, poprzez integrator 29, który po prostu może być utworzony z układu oporność — pojemność lub jeszcze

lepiej z obwodu zrównoważonego w rodzaj mostka Wheatstone'a i którego stała czasowa jest zasadniczo równa czasowi, w obrębie którego chce się uzyskać wartość średnią oporności. To całkowanie może być przeprowadzane za pomocą dowolnego innego urządzenia mechanicznego lub elektrycznego. A zatem w obwodzie prądnicy 28 płynie prąd o natężeniu „J” proporcjonalnym do średniej wartości oporności „(R)”. W urządzeniu porównującym 30 wartość natężenia prądu „J” jest porównywana z wartością natężenia prądu „J₀”, która odpowiada wartości odniesienia „R₀” oporności „R”, a prąd w ten sposób uzyskany może poprzez przekątnik sterować silnikiem urządzenia podnośnikowego układu anodowego elektrolizera.

Wskazane jest za pomocą przekątników zawartych w urządzeniu porównującym 30, porównywać wartość prądu „J” z rozmaitymi stałymi wartościami natężenia prądu „J₀, J₁, J₂...”, które stanowią granicę kolejnych stref, i przekazywać rozkaz regulowania w funkcji strefy, w której ustalono średnią wartość oporności „(R)”. Poza tym wskazane jest przeprowadzenie regulacji tylko w określonych odstępach czasu. Tę rolę spełnia przekątnik czasowy 31. Fig. 2 podaje przykład zrealizowania tego rodzaju regulacji.

Na osi odciętych odkłada się czas t, poprzedzający polaryzację anodową, a na osi rzędnych zmiany $\Delta(R)$ obserwowanej oporności wewnętrznej R, takie jakie są odczytywane lub zapisywane na urządzeniu pomiarowym 32. Urządzenie porównujące 30 rozróżnia dla zmian $\Delta(R)$ strefę 0, odnośnik 51, zawartą pomiędzy wartościami $\Delta(R)$, odpowiadającymi rzędnymi 56 i 58, strefę +1, odnośnik 52, zawartą pomiędzy rzędnymi 56 i 57, strefę -1, odnośnik 54, zawartą pomiędzy rzędnymi 58 i 59, strefę +2, odnośnik 53, odpowiadającą wartościom $\Delta(R)$ większym od rzędnej 57, strefę -2, odnośnik 55, odpowiadającą wartościom $\Delta(R)$ mniejszym od rzędnej 59.

Urządzenie porównujące 30, zależnie od wartości $\Delta(R)$, nie wysyła żadnego rozkazu jeżeli wartość $\Delta(R)$ znajduje się w strefie 0 wysyła rozkaz wykonania pewnej liczby obrotów, powiedzmy „n”, w kierunku podnoszenia do góry układu anodowego, jeżeli wartość $\Delta(R)$ znajduje się w strefie -1, wysyła rozkaz wykonania pewnej liczby „p” obrotów w kierunku podnoszenia do góry układu anodowego, jeżeli wartość $\Delta(R)$ znajduje się w strefie -2, przy czym „p” jest oczywiście większe od „n”, wysyła rozkaz wykonania pewnej liczby „m” obrotów w kierunku opuszczania w dół układu anodowego, jeżeli wartość zmiany oporności $\Delta(R)$ znajduje się w strefie +1, wysyła rozkaz zapalenia sygnału załadowania, który może być sygnałem świetlnym bez rozkazu regulacji jeżeli $\Delta(R)$ znajduje się w strefie +2.

Urządzenie porównujące 30 umożliwia zmianę szerokości strefowych aż do 0,5 $\mu\Omega$, to znaczy 0,05 V/100 000 A, a także wartości „p, n, m”. Środkowy guzik regulacyjny umożliwia poza tym oddziaływanie zespołu stref dla każdego regulowanego elektrolizera. Regulacja ta działa tylko w stałych odstępach czasu, powiedzmy równych 30 minut, gdzie czasy w których może odbywać się regulacja, są przedstawione strzałkami 61, 62, 63, 64.

Krzywa 65 narysowana linią ciągłą, pokazuje jak zmienia się wartość oporności $\Delta(R)$ przed polaryzacją anodową, wówczas gdy nie działa regulacja odległości między biegunowej lub regulacja ręczna, podczas gdy krzywa 66, narysowana linią kreskową, pokazuje tę sa-

ma krzywą wówczas gdy działa regulacja. Widoczne jest, że w chwili 105 minut, odpowiadającej strzałce 61, wartość oporności $\Delta(R)$ znajduje się w strefie 0.

Urządzenie porównujące 30 nie przesyła więc żadnego sygnału regulacji automatycznej. Natomiast w chwili 75 minut odpowiadającej strzałce 62, wartość oporności $\Delta(R)$ znajduje się w strefie +1. Regulator zaczyna działać i sprowadza wartość $\Delta(R)$ do strefy 0. To samo działanie odbywa się w chwili 45 minut odpowiadającej strzałce 63. Natomiast w chwili 15 minut odpowiadającej strzałce 64 krzywa 66 znajduje się w strefie +2. Żaden rozkaz regulacji nie został podany, ale nastąpiło zapalenie sygnału świetlnego, który jak to już było wyjaśnione wyżej stanowi rozkaz załadowania elektrolizera tlenkiem glinowym.

Podczas działania elektrolizera, przy pominięciu zjawiska związanego ze zmianami zawartości rozpuszczonego w kąpeli tlenku glinowego, istnieje działanie dwóch przeciwstawnych sobie zjawisk, a mianowicie zwiększa się warstwa stopionowego aluminium przy jednoczesnym zużywaniu się anody. Te dwa zjawiska odbywają się z prawie jednakowymi prędkościami tak, że w celu zachowania właściwej odległości międzybiegunowej trzeba działać z umiarem na układ anodowy podnosząc go do góry lub opuszczając w dół. Nie jest możliwe wyznaczenie dla tej podstawowej regulacji wartości stałej, ale opisane wyżej urządzenie regulacyjne przeprowadza to działanie w sposób zupełnie poprawny.

Niektóre prace zakłócają również regulację anody, a mianowicie podnoszenie do góry ruchomej ramy, na której osadzony jest układ anodowy, a w przypadku elektrolizerów z anodami Soederberga wyciąganie kołków zmienia oporność wewnętrzną, przy czym zmiana ta powinna być dostatecznie małą, aby nie pociągać za sobą uruchomienia urządzenia regulacyjnego, a użytkuje się ją za pomocą rozłożenia na etapy wyciągania kołków tej samej anody, załadowywanie tlenku glinowego, które powoduje zmianę odległości międzybiegunowej, a zmiana ta dzięki regulacji prowadzi do podniesienia do góry ruchomej ramy, spust aluminium, który może zmuszać do przerywania regulacji i do ustawienia z powrotem ręcznie wartości tego samego znaku oporności wewnętrznej, przy czym regulacja ta jest zbyt powolna, ale tę ostatnią wadę można zupełnie wyeliminować za pomocą wprowadzenia strefy regulacyjnej —3, umieszczonej poniżej opisanej już strefy —2 i dającej pewną znaczną liczbę obrotów, większą od „p”, w kierunku podnoszenia do góry układu anodowego.

Wreszcie śledzona oporność wewnętrzna mierzona za pomocą opisanego urządzenia, zależy od zawartości rozpuszczonego tlenku glinowego w kąpeli elektrolizera. Gdy ta zawartość obniża się w sposób ciągły pomiędzy dwiema kolejnymi operacjami załadowywania tlenku glinowego do elektrolizera, to stwierdza się, powolne i ciągle zwiększanie się tej oporności, o ile chodzi o „R” lub o „(R)”. To zwiększanie się jest również korygowane za pomocą urządzenia automatycznego.

Jeżeli zawartość rozpuszczonego tlenku glinowego spada do takiej wartości, że zbliża się chwila powstania zjawiska polaryzacji anodowej czyli strefa 0 na fig. 2, to obserwuje się przyspieszone wznoszenie się krzywej. To wznoszenie się, które trwa od 2 do 3 godzin, nie przekracza z początku strefy regulacyjnej 52 i jest korygowane przez regulator. Jednakże to wznoszenie się

przyspiesza się coraz bardziej do miejsca obejmującego więcej niż jedną strefę pomiędzy dwoma kolejnymi działaniami regulatora, tak jak to się odbywa w czasie 15 minut odpowiadającym strzałce 64. Regulator zostaje wówczas wyłączony z obwodu i następuje załadowywanie elektrolizera tlenkiem glinowym, po ukazaniu się opisanego wyżej świetlnego sygnału. Po takim załadowaniu obserwuje się nagłe obniżenie się śledzonej oporności wewnętrznej, któremu towarzyszy stopniowe obniżenie się krzywej parabolicznej z ustabilizowaniem się jej po upływie 15 — 20 minut.

Można przypuszczać, że chodzi tu o dwa zjawiska z jednej strony masa tlenku glinowego i części skorupy, którą przebija się przed rozpoczęciem załadowywania, spadają na dno elektrolizera powodując podniesienie się do góry powierzchni metalu, a to pociąga za sobą zmniejszenie się odległości międzybiegunowej, i stąd pochodzi nagły spadek śledzonej oporności, a z drugiej strony stopniowe rozpuszczanie się tlenku glinowego w kąpeli zmienia charakterystykę elektrolitu.

Zostało ustalone, że nie ma potrzeby zajmować się hipotezami odnośnie rzeczywistej przyczyny zmian śledzonej oporności wewnętrznej. Może tu chodzić równie dobrze o zmianę siły przeciwelektromotorycznej elektrolizy jak i o zmianę rzeczywistej oporności wewnętrznej. Ta funkcja regulatora rozpoznawania chwili, w której wskazane jest załadowanie elektrolizera tlenkiem glinowym, ma poważne znaczenie.

W korzystnej odmianie opisanego sposobu usuwa się strefę +2 w taki sposób, aby umożliwić działanie regulatora w każdych okolicznościach, gdy tylko krzywa 66 przekroczy rzędną 56. Załadowywanie tlenkiem glinowym jest sterowane za pomocą pewnej liczby zadziałań regulatora w strefie +1. Doświadczenie pokazuje, że dla elektrolizerów z elektrodami Soederberga o mocy 100 kiloamperów, ta liczba zadziałań regulatora zawiera się w granicach od 1 do 10, a najczęściej w granicach od 1 do 5.

W przypadkach gdy przekracza się sześć zadziałań regulatora opóźnianie przewidywanej polaryzacji jest nieznaczne, załadowywanie powinno się więc odbywać prawie natychmiast i często zachodzi polaryzacja anodowa zanim zdążyło się przeprowadzić załadowanie tlenkiem glinowym. Na tę liczbę zadziałań regulatora mają znaczny wpływ względne prędkości zużywania się anody i podnoszenie się do góry poziomu metalu. W praktyce dla rozpatrywania elektrolizerów dobiera się 3 lub 4 zadziałania regulatora jeżeli chce się zapewnić wystarczająco długie opóźnienie, na przykład 2 godziny przed załadowaniem, a co pozwala połączyć razem operację załadowywania dla pewnej liczby elektrolizerów, a wynika z tego 5 lub nawet 6 zadziałań regulatora, jeżeli chce się przeprowadzić wystarczająco szybko załadowanie, przy opóźnieniu rzędu na przykład pół godziny po otrzymaniu sygnału.

Jednym z czynników wpływających na wybór liczby zadziałań regulatora jest objętość kąpeli, przy czym inne czynniki pozostają bez zmian. W elektrolizerach o bardzo małej objętości kąpeli oraz w przypadku elektrolizerów o anodach wstępnie wypalanych załadowywanie może już być konieczne po pierwszym zadziałaniu regulatora, gdy natomiast w przypadku elektrolizerów o bardzo dużej objętości kąpeli można przeprowadzać załadowywanie dopiero po liczbie zadziałań regulatora, która może dochodzić do 10.

Tytułem przykładu rozpatrywany sposób został zastosowany do szeregu elektrolizerów z anodami Soederberga o mocy 100 kiloamperów.

Regulacja odbywała się za pomocą opisanej wyżej aparatury. Wielkość przemieszczania anody wyrażała się liczbą obrotów wału, który steruje przemieszczaniem anody, przy czym każdy obrót tego wału odpowiadał przemieszczaniu anody wynoszącym $\frac{1}{3}$ mm, albo zmianie napięcia o 0,1 V lub też zmianie oporności wewnętrznej o 0,1 mikrooma, a przemieszczenie to może również wyrażać się czasem trwania impulsu, przekazywanego do silnika, który zapewnia przemieszczanie układu anodowego.

Regulator jest przyłączony kolejno do elektrolizerów rozpatrywanego szeregu, przy czym każdy elektrolizer jest regulowany co 30 minut. Dla każdego elektrolizera czas pomiaru wynosi 1 minuta 15 sekund, ażeby umożliwić całkowanie oporności „R” w wystarczająco długim czasie, przy czym właściwa regulacja trwa 10 sekund, a przyłączanie na następny elektrolizer za pomocą działania styczników 42, 43, 45 trwa 5 sekund. Praca urządzenia wynosi zatem 1 minuta 30 sekund na elektrolizer, a zatem jedno takie urządzenie może obsłużyć 20 elektrolizerów.

Zakładamy, że stała wielkości siły przeciwelektromotorycznej $a = 1,6$ V. Rozkazy przekazywane przez regulator są dla strefy -2, $t = 10$ obrotów w kierunku podnoszenia do góry anody, dla strefy -1, $n = 2$ obroty w kierunku podnoszenia do góry anody dla strefy -0, żadnego rozkazu, dla strefy +1, $n = 2$ obroty w kierunku opuszczania do dół anody, dla strefy +2, zapalanie się sygnału świetlnego nakazującego załadowywanie tlenkiem glinowym.

W pierwszym okresie był regulowany tylko jeden elektrolizer i w okresie czterech miesięcy średnia wydajność Faraday'a tego regulowanego elektrolizera wynosiła 89,0% w stosunku do 87,7% dla kontrolowanych elektrolizerów najbardziej podobnych, ale regulowanych ręcznie.

Następnie regulacja została zastosowana do zespołu pięciu elektrolizerów w tych samych warunkach, ale strefa +2 została usunięta, przy czym sygnał świetlny załadowywania tlenkiem glinowym był uruchamiany za pomocą przełącznika pamięciowego, wówczas gdy w strefie +1 zostało stwierdzone pięć zadziałań regulatora po załadowywaniu tlenkiem glinowym.

Wydajność Faraday'a odniesiona do czterech miesięcy była równa 88,0% w stosunku do 84,5% dla szeregu nieregulowanych elektrolizerów najbardziej podobnych. Wydajności są tu mniejsze niż wydajności przytoczone w pierwszym przykładzie, ponieważ chodzi tu o elektrolizery o innej izolacji cieplnej, eksploatowanych w innych warunkach.

Zużycie fluoru na tonę wyprodukowanego aluminium wynosiło 18 kG w stosunku do 30 kG nieregulowanych elektrolizerów wzorcowych.

Pełny szereg 20 elektrolizerów działa w ten sposób od wielu miesięcy przy regulowaniu ich co 30 minut tak, że jeden aparat pomiarowy i regulacyjny wystarcza dla zapewnienia regulacji elektrolizerów tego całego szeregu. Działanie jego jest bardzo dobre i zostało stwierdzone zmniejszenie zużycia prądu elektrycznego, a zwłaszcza zużycie fluoru.

Opisane urządzenie może być wykonane w różnych odmianach. W szczególności może być uproszczone urządzenie całkowujące, jeżeli do mierzenia oporności wewnętrznej zastosuje się przyrząd o większej stałej czasowej i w miarę możliwości mniejszej czułości. Znacznie prostsze urządzenie amortyzujące jest wówczas wystarczające.

Z drugiej strony zmiany oporności, a zwłaszcza zmiany powolne, są mniej znaczne w przypadku elektrolizerów o anodach wstępnie wypalanych i opisany przyrząd całkowujący byłby zatem niepotrzebnie skomplikowany. Wystarczy więc w obwodzie głównym, utworzonym przez uzwojenie 16 komparatora i silnik 23, przewidzieć elektryczną lub mechaniczną stałą czasową, a to umożliwi skasowanie obwodu całkowującego, w skład którego wchodzi opornik 27, źródło 28 prądu stałego oraz urządzenie całkowujące 29. Wówczas silnik 23 za pomocą komparatora, odgrywającego rolę urządzenia porównującego 30, steruje silnikiem zapewniającym przemieszczanie układu anodowego elektrolizera.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób przewidywania efektu anodowego i systematycznego zasilania elektrolizerów aluminium, według którego niezbędna wartość wewnętrznej oporności elektrycznej kąpeli utrzymywana jest przez zasilanie elektrolizera tlenkiem glinu, **znamienny tym**, że dokonuje się przewidywania efektu anodowego obserwując zmiany wartości wewnętrznej oporności „R” kąpeli, którą wyznacza się przez obliczenie stosunku między spadkiem napięcia „U” na zaciskach elektrolizera, a natężeniem prądu przez niego przepływającego, przy czym spadek napięcia „U” wykorzystuje się do obliczenia różnicy między napięciem występującym na zaciskach elektrolizera, a przybliżoną wartością siły przeciwelektromotorycznej „a” elektrolizera, w celu regulacji położenia układu anodowego zgodnie z wartością wewnętrznej oporności „R”, po czym kompensuje się wahania wewnętrznej oporności „R” kąpeli przez wprowadzenie ilości tlenu glinu zależnie od odstępów czasu przed wystąpieniem efektu anodowego, wyznaczonych przez komparator podłączony dla pomiaru w okresie dłuższym niż 1 sekunda lecz krótszym od 10 minut.

2. Sposób według zastrz. 1 **znamienny tym**, że od średniej wartości oporności „(R)” obserwowanej wewnętrznej oporności elektrycznej elektrolizera odejmuje się wartość oporności odniesienia „R₀”, a układ anodowy reguluje się tylko, jeżeli wartość bezwzględna przyrostu oporności $[\Delta(R)] = (R) - R_0$ jest wyższa niż wartość założona.

3. Sposób według zastrz. 2, **znamienny tym**, że zakres założonej wartości przyrostu oporności $[\Delta(R)]$ dzieli się na strefy i wysyła się rozkaz do mechanizmu dla przemieszczenia układu anodowego odpowiedni dla tej strefy, w której znajdzie się obserwowana wartość przyrostu oporności $[\Delta(R)]$.

4. Urządzenie do stosowania sposobu według zastrz. 1—3, **znamiennie tym**, że zawiera magnetyczny komparator fazowy (12), którego nasycalny rdzeń magnetyczny (17) zawiera cztery uzwojenia, z których pierwsze uzwojenie (13) jest połączone przez opornik (46) do zacisków opornika bocznikowego (11), drugie uzwojenie (14) sta-

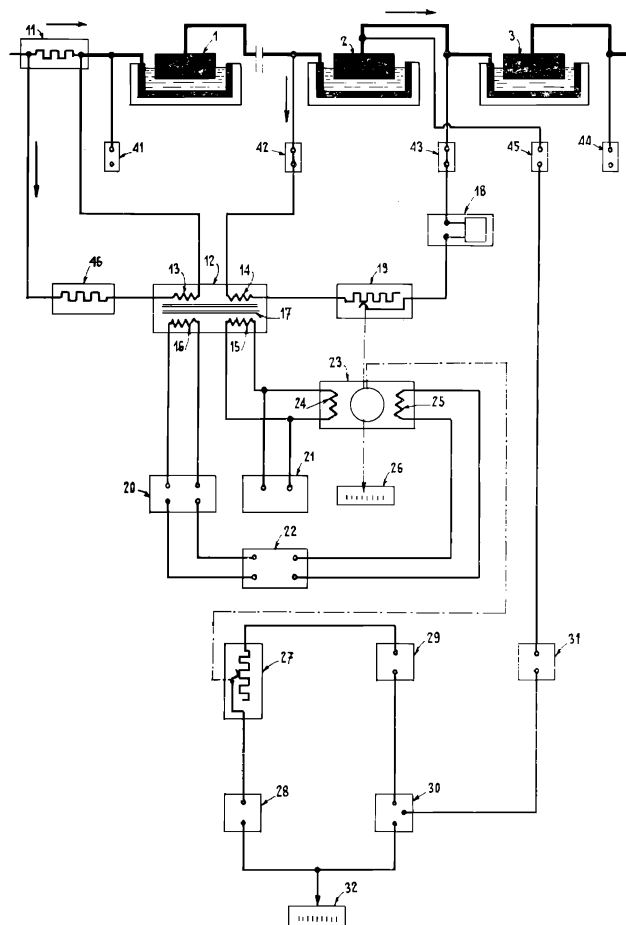
nowi część obwodu zawierającego włączony szeregowo pierwszy opornik regulowany (19), jednokierunkowe źródło (18) prądu stałego oraz elektrolizer (1), którego elektryczna oporność wewnętrzna ma być mierzona, przy czym elektrolizer (1) i źródło (18) prądu stałego połączone są przeciwsobnie, trzecie uzwojenie (15) podłączone jest do źródła (21) prądu zmiennego o częstotliwości „f” Hz, a czwarte uzwojenie (16) jest podłączone do detektora harmonicznego (20), dostarczającego napięcia o częstotliwości „f”, przesuniętej w fazie o $+\frac{\pi}{2}$

lub o $-\frac{\pi}{2}$ względem napięcia źródła prądu zmiennego

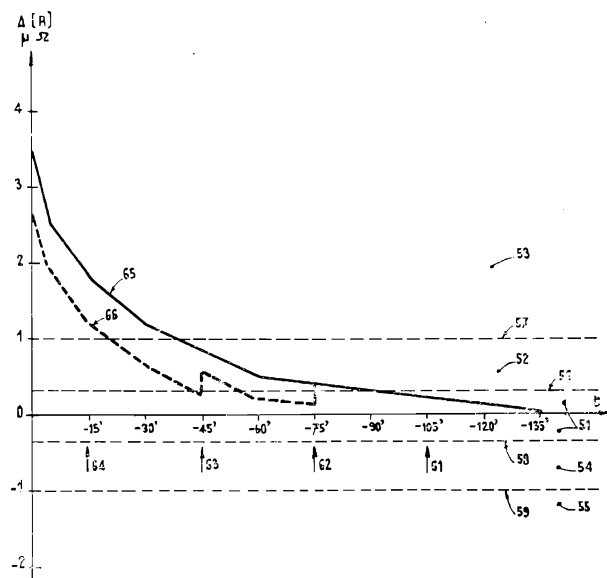
oraz zawiera dwufazowy silnik (23), którego jeden z obwodów (24) podłączony jest do źródła (21) prądu zmiennego, a drugi obwód (25) poprzez wzmacniacz (22) do detektora harmonicznego (20), przy czym wał silnika (23)

jest połączony z pierwszym regulowanym opornikiem (19), ze wskaźnikiem (26) do odczytywania wartości oporności, oraz z drugim regulowanym opornikiem (27) a ponadto ma obwód całkujący średnią wartość oporności, zawierający włączony szeregowo drugi regulowany opornik (27), źródło (28) prądu stałego, urządzenie całkujące (29), amperomierz (32) wskazujący średnią wartość oporności „(R)” oraz urządzenie (30), porównujące średnią wartość oporności „(R)” z wartością oporności odniesienia „R₀” połączone z mechanizmem podnoszącym do góry układ anodowy elektrolizera.

5. Urządzenie według zastrz. 4, **znamiennie tym**, że układ połączeń zawierający drugie uzwojenie (14) komparatora fazowego (12) i układ połączeń regulacji zawierają styczniki (41) do (45), w celu łączenia tych układów kolejno do różnych wariantów (1) do (3) zasilanych szeregowo ze wspólnego źródła prądu.



— Fig. 1 —



— Fig. 2 —