



Patent dodatkowy
do patentu nr _____

Zgłoszono: 20.02.1969 (P. 131854)

Pierwszeństwo _____

Zgłoszenie ogłoszono: 26.02.1973

Opis patentowy opublikowano: 31.12.1975

Kl. 40c,1/02

MKP C22d 1/02



Twórca wynalazku: _____

Uprawniony z patentu: Campagne Péchiney, Paryż (Francja)

Urządzenie do automatycznego regulowania odległości anodowej wanien elektrolitycznych

1

Przedmiotem wynalazku jest urządzenie do automatycznego regulowania odległości anodowej wanien elektrolitycznych, zwłaszcza do wanien elektrolitycznych do produkcji aluminium, które posiadają ciągłą anodę lub do wanien, z których każda wyposażona jest w odrębną anodę.

Znany jest sposób automatycznego regulowania odległości anodowej wanien elektrolitycznych polegający namierzeniu pozornej oporności według wzoru:

$$R = \frac{U - e}{I}$$

w którym R oznacza oporność, U — napięcie na zaciskach badanej wanny, e — siłę przeciwelektromotoryczną, I oznacza natężenie prądu przepływającego przez wannę. Wspomnianą oporność przyrównuje się do założonej wartości R_0 , następnie silnik, który kieruje położeniem jednej z elektrod otrzymuje impuls zależny od różnicy $R - R_0$, przy czym odległość elektrod wzrasta jeżeli wspomniana różnica $R - R_0$ ma wartość ujemną, a zmniejsza się w przypadku przeciwnym.

Znany jest z polskiego opisu patentowego nr 63.207, w którym określa się przybliżoną wartość R oporności wanny poprzez stosunek pomiędzy spadkiem napięcia U na wannie, równym różnicy pomiędzy różnicą między potencjałem U na zaciskach wanny, założoną wielkością A siły przeciw-elektromotorycznej, a natężeniem prądu I płynącego przez wannę. Oblicza się średnią wartość (R) oporności R w okresie od 1 sekundy do 10 minut

2

i przystosowuje się położenie elektrod do tak określonej wartości (R).

Urządzenie zawiera komparator fazy o czterech uzwojeniach, w którym przez pierwsze uzwojenie płynie prąd I , drugie mierzy różnicę $U - a$, podczas gdy trzecie jest podłączone do źródła napięcia zmiennego o częstotliwości f , czwarte natomiast zasila detektor harmonicznych dostarczający napięcie o częstotliwości f przesunięte w fazie o $+\frac{\pi}{2}$ lub $-\frac{\pi}{2}$ w stosunku do napięcia podawanego przez źródło napięcia zmiennego, zgodnie ze znakiem pola w obwodzie magnetycznym komparatora. Silnik jest zasilany, z jednej strony źródłem napięcia zmiennego, z drugiej z detektora harmonicznych, obroty silnika są proporcjonalne do R . Obwód wartości średniej daje (R).

Urządzenie to jest drogie i wrażliwe na uszkodzenia mechaniczne, a ponadto jest mało odporne na mechaniczne i chemiczne działanie otaczającej atmosfery. Z drugiej strony prawidłowe działanie komparatora fazy może zostać zakłócone polem magnetycznym nowoczesnych wanien o dużych natężeniach prądu. W urządzeniu tym brak jest układu, który sygnalizowałby lub korygował złą pracę wanny. Urządzenie to jest ponadto skomplikowane, kosztowne i ma elementy stosunkowo kruche, które wymagają ochrony od ścierania i korozji, które to występują w procesie elektrolizy.

Przedmiotem wynalazku jest urządzenie do automatycznej regulacji odległości anodowej wanien elektrolitycznych, proste, mało kosztowne i mało wrażliwe na środowisko procesu.

W urządzeniu według wynalazku wytwarza się napięcie proporcjonalne do $U - RI$, gdzie U oznacza napięcie na zaciskach wanny, I — natężenie prądu przez nią przepływającego, zaś R jest założoną wartością oporności wewnętrznej wanny wyznaczonej jako wanna odniesienia, przy czym tak otrzymaną wartość przyrównuje się do e — siły przeciwelektromotorycznej elektrolizy, następnie zasila się silnik, który steruje położeniem jednej z elektrod, anody lub katody wanny, we wszystkich przypadkach jeżeli wartość $U - RI$ jest różna od e , tym więcej im większa ustali się różnica i w taki sposób, ażeby odległość anodowa była ograniczona, jeżeli $U - RI$ jest większe od $e + a$ i żeby ona wzrosła jeżeli $U - RI$ jest mniejsze od $e - a$. Urządzenie to wyróżnia się tym, że zawiera pierwszy obwód składający się z przetwornicy napięcia dostarczającej napięcie kU proporcjonalne do U , drugi obwód zawierający przetwornicę natężenia, dostarczającą prąd $i = k'I$ proporcjonalny do napięcia panującego na zaciskach bocznika połączonego szeregowo z wanną i w konsekwencji do natężenia prądu przepływającego przez tę ostatnią, a także potencjometr zamontowany do zacisków powyższej drugiej przetwornicy dostarczającej napięcie $k'k''I$ proporcjonalne do $k'I$, której regulacja pozwala spełnić wyrównanie do kRI , gdzie R jest zadaną wartością oporności wewnętrznej wanny, oraz w końcu trzeci obwód zawierający co najmniej jeden przekąźnik graniczny włączony szeregowo z dwoma pierwszymi obwodami, które same są połączone względem siebie przeciwnie. Przekąźnik ten wysyła impuls elektryczny za każdym razem jeżeli $k(U - RI)$ jest różne od ke ponad z góry określoną wartość, który to impuls ma znak zależny od znaku wartości $ke - k(U - RI)$.

Przedmiot wynalazku jest przedstawiony w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia ogólny schemat urządzenia do regulacji, fig. 2 — wykres działania urządzenia według fig. 1, a fig. 3 — odmianę urządzenia według fig. 1.

Zgodnie z wynalazkiem regulator może zawierać elementy nieruchome, mało kosztowne, odporne na otoczenie, spełniające elektrycznie wartość $U - RI$, gdzie R jest zadaną wartością oporności wewnętrznej wanny, dając uporządkowaną regulację przez impuls elektryczny identyczny w każdym przypadku, jeżeli $U - RI$ przekroczy granicę zawartą między dwoma wartościami granicznymi $e - a$ i $e + a$, gdzie a jest połową zakresu przewidzianego dla wartości e .

Tak więc urządzenie według wynalazku składa się z wanny elektrolitycznej 5 mającej katodę 51 połączoną z biegunem 54 i anodę połączoną z biegunem 53. Anoda może być wprowadzana w ruch przesuwany prostopadły za pomocą silnika elektrycznego 55 zasilanego według założenia na rysunku prądem stałym jednofazowym na zaciskach 56 i 57. Prąd elektryczny wlewa do wanny przez biegun 53, przepływa przez anodę 52, przez przestrzeń między elektrodową, następnie przez katodę 51 i wy-

plywa przez biegun 54. Napięcie między biegunami 53 oznaczone jest symbolem U , zaś prąd przechodzący przez wannę — symbolem I .

W przypadku ogniowej elektrolizy tlenu glinu, proces prowadzi się pod bardzo słabym napięciem, rzędu 4 volt i bardzo wysokim natężeniem, rzędu 65—125 kiloamperów. Powoduje to konieczność połączenia pewnej liczby wanien w szereg, w celu podwyższenia całkowitego napięcia. Z szeregiem połączonych wanien łączy się bocznik 6, którego jeden zacisk 61 połączony jest z biegunem 54 wanny, zaś zacisk drugi 62 — z obojętnym zaciskiem urządzenia zasilającego wanny z szeregu.

Urządzenie do regulowania zawiera pierwszy obwód stanowiący przetwornicę wejściową napięcia 1, drugi obwód stanowiący co najmniej jeden przekąźnik graniczny 4.

Przetwornice wejściowe pozwalają odizolować urządzenie do regulacji od potencjału wanny regulowanej. Każda przetwornica może zawierać tytułem przykładu modulator, transformator lub demodulator. Przetwornica wejściowa napięcia 1 dostarcza napięcie kU proporcjonalne do U . Zawiera ona dwa zaciski wejściowe 11 i 12 połączone na krótko z biegunami 54 i 53 wanny i dwa zaciski wyjściowe 13 i 14, między którymi panuje napięcie kU .

Przetwornica wejściowa natężenia 2 dostarcza prąd $i = k'I$ proporcjonalny do I . Jest ona połączona przez swe zaciski wejściowe 21 i 22 na krótko z zaciskami 61 i 62 bocznika 6.

Potencjometr 3 ma dwa zaciski wejściowe 31 i 32 połączone na krótko z zaciskami wyjściowymi 23 i 24 przetwornicy wejściowej natężenia 2. Jego regulacji dokonuje się za pomocą suwaka 33. Dostarcza on więc między swymi zaciskami wyjściowymi 33 i 32 napięcie proporcjonalne do jego prądu wyjściowego $k'I$, to znaczy napięcie równe $k'k''I$. Potencjometr reguluje się tak ażeby $k'k''I = kRI$. W istocie potencjometr może być wprost wykalkulowany na wartość R , a zatem na wartość założonej oporności wewnętrznej wanny 5.

Dwa obwody, z których pierwszy utworzony jest przez przetwornicę wejściową napięcia 1, drugi przez połączenie przetwornicy wejściowej natężenia 2 i potencjometr 3 są połączone przeciwnie względem siebie. W następstwie tego zaciski 14 i 32 są między sobą połączone; zatem także między zaciskami 13 i 33 napięcie jest równe $k(U - RI)$.

Przekąźnik 4 ma dwa zaciski wejściowe 41 i 42 połączone na krótko z zaciskami 13 i 33 oraz dwa zaciski wyjściowe 43 i 44 połączone z biegunami 57 i 56 silnika 55 sterującego ruchem przemieszczania anody 52. W końcu, przekąźnik 9, którego rola będzie wyjaśniona dalej, którego zaciski 93 i 94, jak również przekąźnik graniczny 4 otrzymuje napięcie równe $k(U - RI)$.

Jeżeli wanna jest prawidłowo regulowana napięcie to jest równe ke , gdzie e jest siłą elektromotoryczną elektrolizy. Przekąźnik ma granicę ka tzn., że daje na swe zaciski wyjściowe 43 i 44 impuls prądowy zawsze identyczny, przy czym tylko w przypadku jeżeli $k(U - RI)$ wykracza poza zakres $k(e - a)$ i $k(e + a)$, tzn. jeżeli $U - RI$ wykracza poza granicę $(e - a)$ i $(e + a)$. Jeśli tak jest istotnie, to

przekaznik 4 wysyła impuls o tej samej intensywności, którego jednak zwrot zależy od znaku różnicy $U - RI - e$. Jeżeli $U - RI$ jest większe od $e + a$, zwrot jest taki, żeby uruchamiany silnik 55 ograniczał odległość anodową, a przeciwnie, jeżeli $U - RI$ jest mniejsze od $e - a$, zwrot jest odwrotny, tzn., że silnik 55 zwiększa odległość anodową.

W istocie według opisanego sposobu reguluje się nie opór pozorny $R = \frac{U - e}{I}$, lecz wartość zbliżoną

wystarczająco do wartości praktycznej. Na wykresie, który przedstawia fig. 2, natężenie I przedstawia odcięta, zaś napięcie U — rzędna. Na osi U nanosi się punkty $(e - a)$, e i $(e + a)$, przy czym wartość pierwsza i ostatnia stanowią wartości graniczne, zabezpieczone przez regulację od siły przeciw-elektromotorycznej elektrolizy. Zakłada się, że natężenie normalnie równe I_0 może zmieniać się między I_1 i I_2 . Wyznacza się proste z następujących równań:

$$\begin{aligned} U &= e(R + r)I \\ U &= e + a + RI \\ U &= e - a + RI \end{aligned}$$

oraz $U = e + (R - r)I$, które przecinają prostą odciętej I , ściśle w punktach A , A' , D' i D oraz prostą odciętej I_2 ściśle w punktach B , B' , C' i C . r wyznacza granicę regulacji oparu pozornego R .

Poza tym wyznacza się prostą z równania:

$$U = e + RI,$$

która przecina prostą odciętej I_0 w punkcie 0.

W teoretycznej regulacji oporu pozornego, wanna nie będzie regulowana podczas, gdy działa tak, że odpowiedni jej punkt pozostanie wewnątrz trapezu $ABCD$, ograniczonego prostymi:

$$\begin{aligned} U &= e + (R + r)I \\ \text{oraz } U &= e + (R - r)I, \end{aligned}$$

ograniczającymi zakres regulacji.

W istocie, w urządzeniu według wynalazku trapez $ABCD$ został zastąpiony diagramem równoległych $A'B'C'D'$, ograniczonym prostymi:

$$\begin{aligned} U &= e + a + IR \\ \text{oraz } U &= e + a + RI. \end{aligned}$$

Różnica regulacji, zerowa dla normalnego natężenia I_0 , wzrasta ze zmianą natężenia.

Tytułem przykładu określa się niewielki wpływ tej różnicy; w przypadku wani $I = 80 \text{ kA}$ regulowanych do $U = 3,9 \text{ V}$ dla natężenia nominalnego, w granicach $\pm 0,04 \text{ v}$ ($a = 0,004 \text{ v}$), odchylenie granic regulacji wynosi 5 mV dla spadku prądu 10 kA ($I_1 = 70 \text{ kA}$). Wartość ta jest do przyjęcia w praktyce, zwłaszcza jeżeli szeregi nowoczesnych wani są także regulowane pod względem natężenia, w następstwie czego zmiany I są bardzo niewielkie i większość regulacji dotyczy ściśle natężenia nominalnego. Należy także zauważyć, że różnica ta prowadzi do rozszerzenia zakresu wskutek spadków natężenia w przypadku jak wyżej, z $0,04 \text{ v}$ do $0,045 \text{ v}$. Nie ryzykuje się więc wysłania polecenia regulacji do wanny, której punkt działania będzie mieścił się w granicach określonych dla natężenia normalnego. Nie będzie miało to natomiast miejsca w przypadku wzrostu natężenia, w którym granice — odwrotnie — są wyższe, jednakże przypadek

taki praktycznie nie zaistnieje dla szeregu o regulowanym natężeniu.

Korzystnie jest kiedy w przypadku zakłócenia istnieje możliwość szybkiego wydobywania anody 52.

W tym celu łączy się równolegle do przekazywacza granicznego 4, którego granica jest wyregulowana na $k - a$, drugi przekazywacz 7, włączony ściśle w ten sam sposób, tzn. że jego zaciski wyjściowe 71 i 72 są połączone z odpowiednimi zaciskami 41 i 42 przekazywacza 4, zaś zaciski wyjściowe 73 i 74 są połączone z odpowiednimi zaciskami 43 i 44. Przekazywacz ten nie działa jak tylko gdy $U - RI$ jest mniejsza od $e - a'$, gdzie a' jest wartością uprzednio ustaloną i wysoce przewyższającą a (pięć razy w przypadku urządzenia wykonanego przez zgłaszającego, w celu spełnienia stawianych mu wymogów). Przekazywacz 7 wysyła do silnika 55 impuls elektryczny silniejszy lub dłuższy trwający od tego, który wysyłany jest przez przekazywacz 4.

Korzystnie jest dodać trzeci przekazywacz 8 powodujący w przypadku niestabilnego działania wanny szybkie wyciągnięcie anody.

Przekazywacz ten jest tego samego typu co przekazywacz 7, jednakże jeden z jego zacisków, np. zacisk 81 jest połączony z odpowiednim zaciskiem 41 przekazywacza 4 pośredni kondensator 85, który nie przepuszcza drgań niestabilności. Inny zacisk wejściowy 82 połączony jest z zaciskiem 42, podczas gdy zaciski wyjściowe 83 i 84 są połączone z odpowiednimi zaciskami 43 i 44.

Korzystnie jest jeżeli w urządzeniu znajduje się czwarty przekazywacz 9, którego rolą jest przerwanie regulacji wanny, która znajdzie się za bardzo poza normalnymi granicami regulacji. Zaciski wejściowe 91 i 92 tego przekazywacza są połączone z zaciskami 41 i 42, podczas gdy zaciski wyjściowe 93 i 94 włączone w jedno z połączeń np. 43—57 regulatora silnika 55. Przekazywacz 9 jest identyczny jak przekazywacz 4, jednak jego granica ustawiona jest na ka'' , gdzie a'' jest wyższa od a' .

Przekazywacz (9), w normalnych warunkach, zwiera swoje styki (93) i (94), i łączy biegun (43) z biegunem (57). Odłącza on regulację, to znaczy oddziela bieguny (43)—(73)—(83) i (93) z jednej strony, od biegunów (94) i (57), które są połączone na stałe, kiedy wanna odchodzi zbyt od równowagi pozytywnej określonej przez wskaźnik regulacyjny.

Działanie urządzenia jest proste. Po wyregulowaniu potencjometru 3, napięcie równe $k(U - RI)$ panuje między zaciskiem 13 a suwakiem potencjometru 3. Napięcie to przyłożone jest wprost na wyjściu przekazywaczy 4, 7 i 9 oraz poprzez kondensator 85 na wyjściu przekazywacza 8.

Podczas gdy $k(U - RI)$ pozostaje zawarte między $k(e + a)$ i $k(e - a)$, działanie jest stabilne, nic się nie wytwarza, silnik 55 nie jest zasilany i anoda 52 jest unieruchomiona. Jeżeli $k(U - RI)$ staje się większe niż $k(e + a)$ lub mniejsze niż $k(e - a)$, nie osiągając jednak $k(e + a)$, działa tylko przekazywacz 4 i wysyła do silnika 55 impuls prądu powodujący zmianę położenia anody 52. $R(U - RI)$ przybiera zatem wartość bliską ke i z reguły niższą od wartości zawartych w przedziale $k(e + a)$ i $k(e - a)$.

Jeżeli w następstwie zakłócenia opór wewnętrzny wanny spada nagle i wystarczająco aby $k(U - RI)$

stało się niższe niż $(k e - a')$ zostaje uruchomiony przekaźnik 7 i wysyła do silnika 55 impuls prądu o wiele silniejszy lub trwający w czasie dłuższym, uruchamiający ten silnik z największą szybkością i powodujący tym samym szybkie wyciągnięcie anody do czasu aż wartość $k(U - RI)$ stanie się ponownie bliska $k e$.

Jeżeli z jakiegokolwiek przyczyny działanie wanny stanie się niestabilne, $k(U - RI)$ ulega szybkim zmianom, które przetworzone przez kondensator 85 działają na przekaźnik 8 zaś ten ostatni działa tak jak przekaźnik 7, zapewniając szybkie wyciągnięcie anody.

W końcu, jeśli $k(U - RI)$ zmienia się nagle i spada do wartości mniejszej niż $k(e - a'')$ przekaźnik 9 przerywa kontakt między zaciskami 93 i 94 powodując przerwanie regulacji.

Urządzenie według wynalazku może być stosowane zarówno do regulowania jednej wanny o wystarczająco szerokich granicach parametrów pracy, jak i do regulowania większej liczby wanien. W tym celu wystarczy połączyć połączenia 11—54, 12—53 oraz 94—57 pod warunkiem jednak, że można stosować tę samą wartość R dla wszystkich wanien połączonych z tym samym regulatorem. Jeśli zamierza się uzyskać tę wartość niezależną dla każdej wanny, należy połączyć także połączenia 33—82 i 23—31 i przewidzieć dla każdej wanny oddzielny potencjometr.

Można w sposób prosty uniknąć tego dodatkowego i stosunkowo kosztownegołączenia przez umieszczenie dodatkowego potencjometru 10 w obwodzie napięcia, według fig. 3. Po połączeniu tego obwodu, wszystkie dodatkowe połączenia stają się zbędne. Zaciski 101 i 102 na zakończeniu uzwojenia wspomnianego potencjometru 10 są na krótko połączone z biegunami 53 i 54 wanny, podczas gdy suwak i zacisk 102 połączone są z zaciskami wejściowymi 11 i 12 przetwornicy 1 przez element pośredni przełącznika wanien.

Potencjometr 10 pozwala wysyłać do regulatora nie napięcie wanny, lecz frakcję U' tego napięcia. W tym przypadku regulator utrzymuje wannę pod wyższym napięciem, takim żeby U' stało się równe U_n , czyli wartości zadanej dla uzyskania natężenia normalnego.

Następujące wyliczenie pozwala obliczyć błąd regulacji indywidualnej wanien. Przyjęto, że wanna ma potencjometr 10 wyregulowany na maximum tzn., że suwak 103 jest w położeniu 101. Regulator reguluje ją na natężenie normalne I_n , do założonej wartości U_n takiej jak:

$$U_n = R_n I_n + c$$

Przesuwając potencjometr do regulatora wysyła się napięcie $U' = hU$, gdzie zakłada się, że h jest zawarte między 0,8 a 1.

Dla natężenia normalnego, wanna doprowadzona jest do regulacji takiej jak $U' = U_n$, przy czym odpowiadający opór R' określony jest przez:

$$U = \frac{U_n}{h} = \frac{R_n I_n}{h} = R' I_n + e$$

skąd

$$R' = \frac{R_n}{h} + e \frac{(1-h)}{h I_n}$$

W celu zmiany natężenia i doprowadzenia natężenia wanny do wartości I_n , napięcie na jej zaciskach staje się:

$$U_1 = R' I_1 + e$$

Wysyła się więc do regulatora napięcie:

$$\begin{aligned} U_1 &= h U_1 = h(R' I_1 + e) = \\ &= h I_1 \left[\frac{R_n}{h} + e \frac{1-h}{h I_n} + h e \right] = R_n I_1 + \\ &\quad + \frac{I_1}{I_n} e(1-h) + h e \end{aligned}$$

W regulatorze, napięcie to przyrównane jest do napięcia U_{n1} wanny regulowanej do wartości założonej, z potencjometrem na maximum $(h=1)$:

$$U_{n1} = R_n I_1 + e$$

błąd ze stosowania potencjometru 10 jest równy różnicy:

$$\Delta U = U'_1 - U_{n1}$$

$$\Delta U = R_n I_1 + \frac{I_1}{I_n} e(1-h) + h e - R_n I_1 - e$$

$$\Delta U = e \left[\frac{I_1}{I_n} (1-h) + h - 1 \right]$$

U zanika dla $I_1 = I_n$ i dla $h=1$ oraz wzrasta ze zmianą natężenia i przy przesuwaniu suwaka.

Tytułem przykładu, dla wanny zasilanej prądem 80kA i regulowanej do 4V oraz dla zmiany natężenia o 10kA błąd wynosi 0,01V przy $h=0,95$ tzn. dla poprawki +0,2V. Osiąga on 0,02V przy $h=0,90$ tzn. dla poprawki +0,4V, która rzadko jest osiągana w praktyce.

Przy poprawkach, których w praktyce dokonuje się przez zwiększenie odległości anoda-katoda, można przyjąć jako pozycję normalną potencjometru 10 tę, która odpowiada $h=1$ tzn. suwak 103 w położeniu 101.

Fakt wysłania za pomocą zespołu przekaźnika 4 zawsze identycznego impulsu wykazuje duże zalety, a mianowicie: można za pomocą licznika impulsów określić w każdym momencie jego częstotliwość powtarzania oraz zarówno opóźnić jak i przybliżyć efekt anodowy przez stopniowe podnoszenie tej częstotliwości. Jest więc możliwe ulepszenie wanny aluminium, czemu przeszkadza niespodziewany efekt anodowy.

Zastrzeżenia patentowe

1. Urządzenie do automatycznego regulowania odległości anodowej wanien elektrolitycznych, **znamiennie tym**, że ma trzy układy, z których pierwszy stanowi przetwornicę napięcia (1), połączoną z zaciskami (51, 52) wanny (5) i podającą napięcie KU proporcjonalne do U — napięcia na biegunach (53, 54) wanny (5), a drugi układ zawiera przetwornicę natężenia (2), podłączoną do zacisków (61—62) bocznika (6), połączonego szeregowo z wanną (5), z której płynie prąd proporcjonalny do natężenia prądu płynącego przez wannę (5), zaś trzeci układ zawiera potencjometr (3) połączony z zaciskami (23, 24) przetwornicy (2) drugiego układu podający napięcie $(K' K'' I)$, którego regulacja pozwala na osiągnięcie wartości (KRI) , gdzie (R) jest założoną

wartością oporu wewnętrznego wanny, natomiast trzeci układ zawiera przynajmniej jeden przełącznik progowy (4), o wartości progowej K_a , połączony szeregowo z dwoma pierwszymi układami względem siebie połączonymi przeciwnie, który to przełącznik wysyła impuls elektryczny do silnika (55), sterującego ruchem anody, wtedy gdy $K(U - RI)$ różni się o wartość K_e na plus od wartości uprzednio założonej, przy czym znak tego impulsu zależy od znaku wyrażenia $K_e - K(U - RI)$.

2. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że ma przełącznik wani włączony z jednej strony między bieguny (53 i 54) wanny a przetwornicę napięcia (1), zaś z drugiej strony pomiędzy przełącznik progowy (4) a silnik (55).

3. Urządzenie według zastrz. 2, **znamiennie tym**, że zawiera potencjometr (10) włączony pomiędzy bieguny (53 i 54) wanny a przetwornicę napięcia (1).

4. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że zawiera przełącznik progowy (7), połączony rów-

noległe z pierwszym przełącznikiem (4), którego wartość progowa K_a' przewyższa wartość K_a pierwszego przełącznika, i który wytwarza impuls elektryczny o energii większej od energii impulsu pierwszego przełącznika.

5. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że zawiera przełącznik (8), którego wejście (81—82), jest przyłączone równoległe do wejścia (41—42) pierwszego przełącznika progowego (4) przez kondensator (85) przepuszczający tylko drgania niestabilności, a wyjście (83—84) tego przełącznika (8) jest połączone równoległe z wyjściem (43—44) pierwszego przełącznika.

6. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że zawiera przełącznik progowy (9), którego wejście (91—92) połączone jest równoległe z wejściem (41—42) pierwszego przełącznika (4), a wyjście (93—94) jest połączone szeregowo z obwodem zasilania silnika (55) sterowania anody, przy czym przełącznik posiada wartość progową (K_a'') przewyższającą wartość progową (K_a') drugiego przełącznika (7).

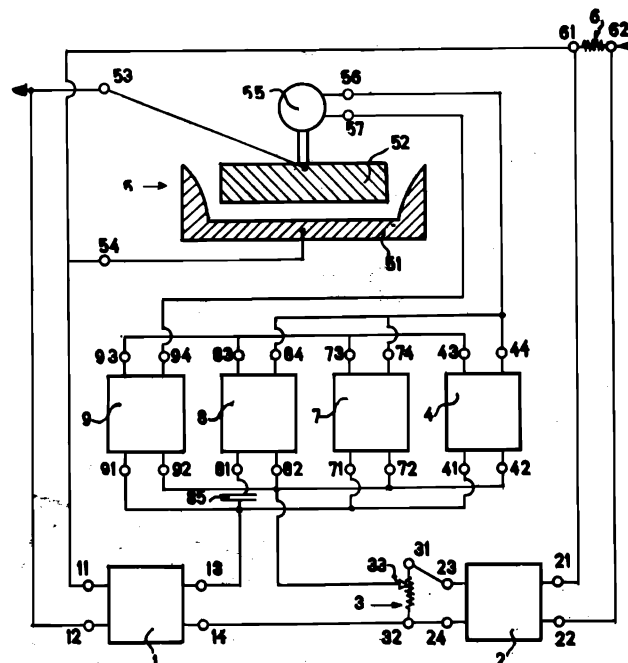


Fig. 1

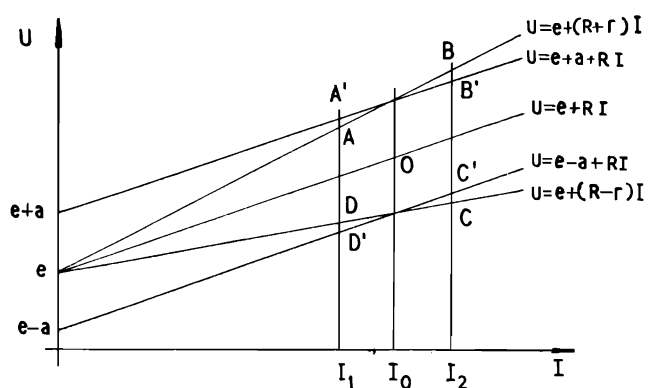


Fig. 2

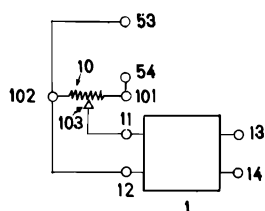


Fig. 3

