

Patent dodatkowy
do patentu

Zgłoszono: 20.XI.1962 (P 100 112)

Pierwszeństwo: 22.XI.1961 Francja

Opublikowano: 31.VIII.1966

Kl. 21 c, 46/50

MKP G 0546

11/14

UKD BIBLIOTEKA

Urzędu Patentowego
Państwa Polskiej Ludowej

Właściciel patentu: Rhône-Poulenc S.A., Paryż (Francja)

Regulator dyskretny

1

Wynalazek dotyczy regulatorów dyskretnych o dwóch lub trzech stanach.

Znana jest zasada działania takich regulatorów przeznaczonych do utrzymywania wartości regulowanej w pobliżu wartości zadanej. Gdy wielkość regulowana odchyła się od wartości zadanej, czujnik stwierdza to odchylenie i wysyła informację do regulatora, który ma za zadanie sprowadzić wielkość regulowaną do wartości zadanej przez wysłanie sygnałów dyskretnych do elementu regulacyjnego.

Czujnik reaguje na „tak albo nie”, czyli nie rejestruje stopnia odchylenia od wartości zadanej lecz tylko rejestruje fakt, że wielkość regulowana nie jest zgodna z wartością zadana. Wskutek tego czujnik przesyła stale informacje do regulatora, dopóki wielkość regulowana nie zostanie sprowadzona do wartości zadanej. Jeżeli układ regulowany ma pewną bezwładność, to powrót do wartości zadanej nie występuje natychmiast po pierwszym sygnale i układ regulacyjny wysyła szereg dalszych sygnałów, które powodują szybszy powrót wielkości regulowanej do wartości zadanej.

Z chwilą gdy wartość zadana zostanie osiągnięta, regulator zaprzestaje działania, jednak ze względu na swą bezwładność układ regulacyjny działa w dalszym ciągu z nabytą prędkością, a wielkość regulowana odchyła się od wartości zadanej w kierunku przeciwnym. Działanie regula-

2

tora „tak albo nie” powoduje zatem oscylacje, których amplituda zależna od bezwładności układu, może być duża i może nawet niekiedy wzrastać przy każdej oscylacji.

Omówiony przebieg został przedstawiony graficznie na fig. 1 załączonego rysunku.

Na wykresie tym rzędne przedstawiają wartości zmiennej wielkości X , a odcięte — czas. Dwa stany 0 i 1 są przedzielone prostą AL , która odpowiada wartości X_0 zadanej układowi regulacyjnemu. Czujnik jest wyregulowany w ten sposób, że reaguje w chwili gdy wartość X_0 przestaje być dotrzymywana. Jeżeli np. w chwili oznaczonej za pomocą odciętej punktu A wielkość regulowana zaczyna odchyłać się od wartości X_0 i przechodzi z obszaru 0 do obszaru 1 czujnik reaguje natychmiast i przekazuje informację do regulatora, który za pomocą dowolnych środków przesyła sygnał do elementu korekcyjnego w celu sprowadzenia wielkości regulowanej do wartości zadanej.

W następnej chwili odpowiadającej punktowi B regulowana wartość nie powraca jeszcze do zadanej wartości z powodu bezwładności układu. Wysłany zostaje zatem do układu regulacyjnego drugi sygnał, który wzmacnia działanie korekcyjne. W chwili odpowiadającej punktowi C regulowana wielkość w dalszym ciągu odchyła się od wartości zadanej, ale już z mniejszą prędkością. W chwili odpowiadającej punktowi D odchylenie osiąga maximum, a następnie zaczyna zmniejszać się. Po-

nieważ czujnik reaguje na „tak albo nie” przeto regulator wysyła nadal sygnały do elementu regulacyjnego także w chwilach odpowiadających punktom **E** i **F**, a szybkość powracania do wartości zadanej staje się coraz większa.

Czujnik przestaje przekazywać informacje dopiero gdy układ osiągnie stan oznaczony punktem **G**. Ale w tej chwili, na skutek uzyskanej prędkości pod wpływem nadmiaru impulsów, wartość zadana zostaje przekroczona w drugim kierunku. Wielkość regulowana przechodzi z obszaru **I** do obszaru **O** tym głębiej im więcej było impulsów w nadmiarze oraz im dłuższy był czas trwania każdego impulsu.

Przejście do obszaru **O** może być wykryte przez ten sam czujnik albo też przez inne czujniki, które będą działać na układ regulacyjny dokładnie tak samo jak i przedtem, lecz tym razem w kierunku odwrotnym, ażeby sprowadzić odchylenie do wartości zerowej.

Gdyby impulsy można było zatrzymać z chwilą, gdy wielkość regulowana znajdzie się w obszarze **D—E**, to powrót do wartości zadanej mógłby odbywać się z mniejszą prędkością, a tym samym mniejsze byłoby odchylenie w obszarze **O**. Ponieważ jednak czujnik reaguje tylko na „tak lub nie” a nie według funkcji wielkości odchylenia zatrzymywanie impulsów w rozważanych układach regulacyjnych jest rzeczą niemożliwą.

Wadą tych układów regulacyjnych w zastosowaniu do układów o dużej bezwładności jest więc podtrzymywanie oscylacji o dużej amplitudzie dookoła wartości zadanej. Proponowano już różne sposoby zmniejszania amplitudy zmian wielkości regulowanej i stłumienia drgań.

Spośród tych sposobów jedne są oparte na przesunięciu punktu wartości zadanej w funkcji czasu działania na element regulacyjny, inne zaś są oparte na wykorzystaniu działania dozwolonego przez impulsy działające na element regulacyjny.

Wadą pierwszego z tych sposobów jest przesuwanie punktu wartości zadanej, co wywołuje niepewność działania, drugi zaś sposób jest często niewystarczający do stłumienia drgań układu regulacyjnego.

Wynalazek niniejszy ma na celu stworzenie układu regulacyjnego dyskretnego o dwóch lub trzech stanach. Zgodnie z wynalazkiem uzyskuje się to przez dołączenie do układu regulacyjnego urządzenia kompensacyjnego umożliwiającego szybkie wstrzymanie nadmiarowego działania układu regulacyjnego, przez co zapewnione zostaje kolejne wykonanie następujących operacji logicznych:

Urządzenie kompensacyjne rejestruje działanie układu regulacyjnego, oddziaływujące na element regulacyjny w danym kierunku (np. dodatnim), dopóki wielkość regulowana nie przekroczy wartości zadanej. Z chwilą gdy wielkość regulowana przekracza wartość zadana, tzn. z chwilą gdy czujnik już nie działa na układ regulacyjny, do regulatora zostaje przekazany rozkaz zastosowania korekcji w stopniu odpowiadającym części zarejestrowanego działania równej ułamkowi $1/K$ (gdzie **K** jest liczbą większą od 1), lecz tym razem w kierunku przeciwnym (ujemnym) i w ciągu okresu

stanowiącego określony, możliwie mały ułamek tego okresu, w którym odbywało się działanie układu regulacyjnego w kierunku pierwotnym (dodatnim).

W tych warunkach odchylenie odwrotne (ujemne) w stosunku do wartości zadanej, powstające pod wpływem działania nadmiaru impulsów regulatora, zostaje znacznie zmniejszona i trwa krócej (punkty **G**, **H** i **I** na krzywej przedstawionej na fig. 1).

Praktycznie zespół regulacyjny według wynalazku może być zestawiony według schematów przedstawionych na fig. 2 i 3, na których należy wyróżnić następujące obwody: a) obwód regulacyjny zwykłego typu z przekładnikiem **R** i nadajnikiem impulsów czynnych **IA** albo o małej częstotliwości powtarzania, przy czym czas trwania i działania mogą być regulowane, b) obwód kompensacyjny zawierający zestaw **M** z elementami pamięciowymi i sterującymi oraz nadajnik **ID** impulsów liczących o dużej częstotliwości powtarzania i również uregulowanym czasie trwania i działania, oraz c) czujniki **D** (fig. 2) albo **D+** i **D-** (fig. 3) a także element regulacyjny **OR**.

Elementy tych obwodów mogą być dowolnego znanego typu i działają w oparciu o zjawiska mechaniczne, elektryczne, elektroniczne lub pneumatyczne.

Jako nadajniki impulsowe **IA** oraz **ID** najlepiej jest zastosować nadajniki o jednakowym czasie ich działania, np. od 0,5 do 5 sek, lecz o różnym czasie przerw w ich działaniu. Czas przerw w ich działaniu winien być krótszy dla nadajnika **ID** niż dla nadajnika **IA**. Nadajnik **ID** można np. tak nastawić, aby przerwy w czasie jego działania były regulowane pomiędzy wartościami skrajnymi, z których każda przedstawia określony ułamek, np. $1/10$ do $1/100$ wartości skrajnych czasu przerw działania nadajnika **IA**.

Wybór urządzeń stanowiących zespół **M** zależy od rodzaju środków użytych w regulatorze, jak również od zjawisk, które mają być zarejestrowane w czasie działania tych urządzeń. Działanie to może być wyrażone albo liczbą impulsów nadawanych przez nadajnik **IA**, podczas okresu działania albo też w postaci czasu, w jakim działa regulator, bądź wreszcie może być wyrażone amplitudą przesunięcia elementu regulacyjnego. Niezależnie od sposobu wykonania zespołu **M** zespół ten powinien wykonywać w pewnej kolejności operacje logiczne wyżej zdefiniowane.

Urządzenia realizujące te operacje mogą być następujące: (fig. 4) element pamięciowy **m**, element programowy **p** oddziaływujący na element **m** w celu sprowadzenia go na zero przy pomocy elementu **Z** styki **C1**, **C2**, **C3**, **C4**, **C5** połączone z elementem programowym i uruchamiane odpowiednio przez czujnik, nadajnik impulsowy **IA**, element pamięciowy **m**, element programowy **p** i nadajnik impulsów **ID**. Styk **C3** zamyka obwód programowy **cp** jeżeli element pamięciowy nie jest na zerze i przeciwnie przerywa ten obwód w tym samym czasie, kiedy zamyka obwód zasilania nadajnika **ID**, gdy element pamięciowy **m** jest na zerze. Styk **C4** zamyka inny obwód zasilania **ID** kiedy element pamięciowy **m** nie jest na zerze.

Poza tym styk **Cr**, umieszczony między przekaźnikiem **R** i nadajnikiem **IA**, jest sterowany przez element programowy **p** i umożliwia utrzymanie przerwy połączenia między przekaźnikiem **R** i nadajnikiem **IA** wtedy, gdy element programowy **p** jest czynny.

W przypadku, gdy regulator działa na element regulacyjny za pomocą impulsów elektrycznych, wówczas elementem rejestrującym to działanie może być np. przełącznik skokowy (typu wybieraka telefonicznego lub jakiegokolwiek inny), wykonujący jeden skok przy każdym impulsie wysyłanym z regulatora. Zaczynając od styku zerowego w chwili gdy przerywa się działanie regulatora, przełącznik taki dochodzi do styku **N** po wysłaniu przez regulator **N** impulsów do elementu regulacyjnego, przy czym wielkość regulowana przekracza wartość zadaną.

Element programowy **p** użyty w tym przypadku może stanowić ten sam przełącznik skokowy, sprzężony z układem przekaźnikowym. W chwili gdy wielkość regulowana osiągnie wartość zadaną, przekaźnik przykładu napięcie na styk $P \frac{N}{K}$, przełącznika (gdzie **P** jest liczbą całkowitą styków albo skoków przełącznika, a **K'** — liczbą całkowitą poniżej określoną), powodując przejście przełącznika ze styku **N** na styk $P \frac{N}{K}$, bez wywołania oddziaływania na element regulacyjny, a następnie pobudza do działania nadajnik **ID** impulsów o dużej częstotliwości powtarzania, który przekazuje elementowi regulacyjnemu rozkaz reagowania.

Przełącznik porusza się wówczas o jeden skok za każdym impulsem nadajnika **ID** i po $\frac{N}{K}$, impulsach powraca w położenie zerowe, przerywając w ten sposób reagowania i przedstawiając kompensator w położenie rejestrowania.

Wartość **K'** jest tak wybrana, że biorąc pod uwagę czas jej trwania, ilość $\frac{N}{K}$, impulsów nadajnika **ID** wywołuje reakcję przeciwną, odpowiadającą ułamkowi $1/K$ wybranego działania całkowitego. W praktyce w obwodzie regulacyjnym i w obwodzie kompensacyjnym pracuje się przy użyciu impulsów, z których każdy ma ten sam (lub prawie ten sam) czas trwania, wskutek czego w tym przypadku można przyjąć, że **K'** jest równe **K**.

W urządzeniu według wynalazku można oczywiście zastosować zespół **M** w rodzaju opisanego przełącznika skokowego, aczkolwiek może być użyty także dowolny inny zespół, mogący rejestrować powyżej określone działanie i natychmiast po tym sterować nadajnik **ID**. Współczynnik $\frac{1}{K}$ jest zatem ustalony jako funkcja charakterystyk układu regulowanego. W przypadku gdy praca tego układu wywołana działaniem regulatora może być przedstawiona za pomocą krzywej symetrycznej, jaką jest część krzywej **ADG** na fig. 1, wydaje się rzeczczą korzystną przyjąć dla ułamka $\frac{1}{K}$ wartość $1/2$.

Obwody zespołów regulacyjnych przedstawione na fig. 2 i 3 zawierają oprócz różnych wyżej wymienionych elementów pewną liczbę połączeń, a mianowicie połączenie między elementem czujnikowym oraz przekaźnikiem **R** i stykiem **C1**, połączenie obwodu impulsów nadajnika **IA** z ele-

mentem regulacyjnym i stykiem **C2**, połączenie między stykami **C3** i **C4** a wejściem nadajnika impulsów **ID** oraz połączenie obwodu impulsowego **ID** z elementem regulacyjnym **OR** i ze stykiem **C5** elementu sprawozdania na zero elementu programowego.

Te różne połączenia mogą być dokonywane mechanicznie, pneumatycznie lub elektrycznie w zależności od rodzaju przyrządów podlegającychłączeniu.

Sposób działania wyżej opisanego zespołu regulacyjno-kompensacyjnego wynika ze schematów według fig. 2, 3 i 4. Niech np. schemat według fig. 2 przedstawia przypadek regulacji o dwóch stanach. W chwili gdy wielkość regulowana odchyliła się od wartości zadanej przechodząc np. z obszaru **O** do obszaru 1, czujnik **D** uruchamia jednocześnie przekaźnik **R** i styk **C1**. W tej fazie przełącznik **Cr** łączy przekaźnik **R** i nadajnik **IA**. Przekaźnik **R** może więc z kolei uruchomić nadajnik **IA**, który wysyła impulsy do elementu regulacyjnego **OR**. Jednocześnie obwód rejestrujący albo pamięciowy **cm**, który był zamknięty przez wyłącznik **C1**, pod wpływem czujnika rejestruje działanie obwodu regulacyjnego przy każdym zamknięciu styku **C2**, sterowanego np. przez impulsy nadajnika **IA**.

W chwili gdy wielkość regulowana przekracza wartość zadaną w kierunku przeciwnym, czyli z obszaru 1 do obszaru **O**, czujnik **D** przestaje oddziaływać na przekaźnik **R** i na styk **C1**. Następuje wówczas przerwanie obwodu regulacyjnego i obwodu rejestrującego **cm** przez przekaźnik **R** i styk **C1**. Z chwilą uruchomienia elementu pamięciowego **m** obwód programowy **cp**, którego przerwa została już zamknięta przez styk **C3**, zostaje całkowicie zamknięty przez styk **C1**, który nie jest już sterowany czujnikiem.

Element programowy zaczyna wówczas działać na styki **C4** i **Cr**, zamykając styki **C4** i otwierając styki **Cr** między przekaźnikiem **R** i nadajnikiem **IA**, czyli element programowy przyjmuje określony stan, związany ze stanem przyjętym przez element pamięciowy **m**. W tej chwili wielkość za pomocą której element **m** mierzył całkowite działanie regulatora, została sprowadzona do zera, przy czym równocześnie na styku **C3** został zamknięty obwód zasilania **ID**.

Nadajnik **ID** zaczyna zatem działać i wysyła impulsy o dużej częstotliwości powtarzania do elementu regulacyjnego **OR**, wywołując za pomocą odpowiedniego układu działanie przeciwne do działania poprzedniego. Jednocześnie element **Z** sprowadzania do zera działa przy każdym zamknięciu styku **C5**, sterowanego np. przez impulsy nadajnika **ID**. Wracając do położenia zerowego element programowy **p** działa ponownie na styki **C4** i **Cr**, przerywając działanie nadajnika **ID** i łącząc ponownie przekaźnik **R** z nadajnikiem **IA**.

Teraz może rozpocząć się nowy cykl. Przerwa na styku **Cr** podczas działania elementu programowego **p** uniemożliwia działanie obwodu regulacyjnego **R-IA-OR** pod wpływem przypadkowego powrotu wielkości regulowanej w obszarze 1, dopóki element programowy nie zakończy swego działania.

W przypadku układu przedstawionego na fig. 3, która wyjaśnia regulację za pomocą regulatora o trzech obszarach, elementy R i M zawierają poza tym układ pozwalający na informowanie o obszarze, w jakim znajduje się wielkość i tym samym umożliwia odpowiednie działanie, przy czym regulator działa w obszarach skrajnych, a kompensator zaczyna działać w kierunku przeciwnym w obszarze pośrednim.

Układ regulacyjny z kompensatorem według wynalazku korzystnie jest stosować łącznie z wszelkimi układami całkującymi albo bezwładnościowymi, które nie podążają szybko do nowego stanu równowagi po każdej zmianie elementu regulacyjnego. Przykład układu tego rodzaju stanowią maszyny z zamkniętą taśmą metalową, służące do wytwarzania błon filmowych przez nalewanie kolodium. Wiadomo, że wstęgi tych maszyn, mogące mieć znaczne wymiary (np. kilkadziesiąt metrów długości w rozwinięciu i ponad metr szerokości) i wywierające znaczne siły na walce prowadnicze i napędowe (rzędu wielu ton) wykazują dużą bezwładność.

Z drugiej zaś strony wymaganie regularności stawiane dla filmu narzucają bardzo wąskie ograniczenie przesunięć bocznych, jakie wstęga wykonuje zawsze pod wpływem różnych przyczyn. Jeżeli pozostawi się działanie takiej maszyny bez regulatora, to bez względu na równoległość walców napędowych i prowadniczych, wstęga wykonuje znaczne przesunięcia boczne. Można temu zapobiec przez zmianę kierunku osi walca prowadniczego za pomocą narządu regulacyjnego, złożonego z elektrycznego silnika nastawczego ze ślimakiem i ślimacznicą dla wywołania małych przesunięć jednego z końców osi walca prowadniczego. Osoba obsługująca maszynę uruchamia element regulacyjny gdy spostrzeże przesunięcie wstęgi względem ustalonych znaków. Korzystniej jest jeżeli takie urządzenie jest uruchamiane automatycznie za pomocą czujnika.

W ten sposób wyposażono w automatyczną regulację (fig. 5) maszynę do wytwarzania błony filmowej. Maszyna ta ma następujące charakterystyki. Długość wstęgi w rozwinięciu — 28 m, szerokość wstęgi — 1,40 m, obciążenie łożysk — 8—10 ton, regulowana prędkość liniowa od 200 m do 1200 m/godz.

Maszyna ta była z początku wyposażona w regulację z prostym regulatorem, który posiadał jako czujniki dwie komórki fotoelektryczne A i B uruchamiane przez dwie wiązki świetlne, umieszczone z obu stron wstęgi prostopadle do niej i wysyłane przez układ optyczny, którego ognisko znaj-

dowało się w płaszczyźnie wstęgi, przy czym maszyna ta była zaopatrzona w celowniki, przekładnik, nadajnik impulsów o regulowanym czasie trwania od 0,5 do 10 sek i czasie przerw regulowanym między 0,5 i 10 min., a także maszyna ta posiadała element regulacyjny z nastawczym silnikiem elektrycznym oraz wspomniany wyżej ślimak i ślimacznicę umożliwiające przesuwanie łożyska, na które przenosi się działanie z prędkością rzędu wielkości 0,4 mm na minutę.

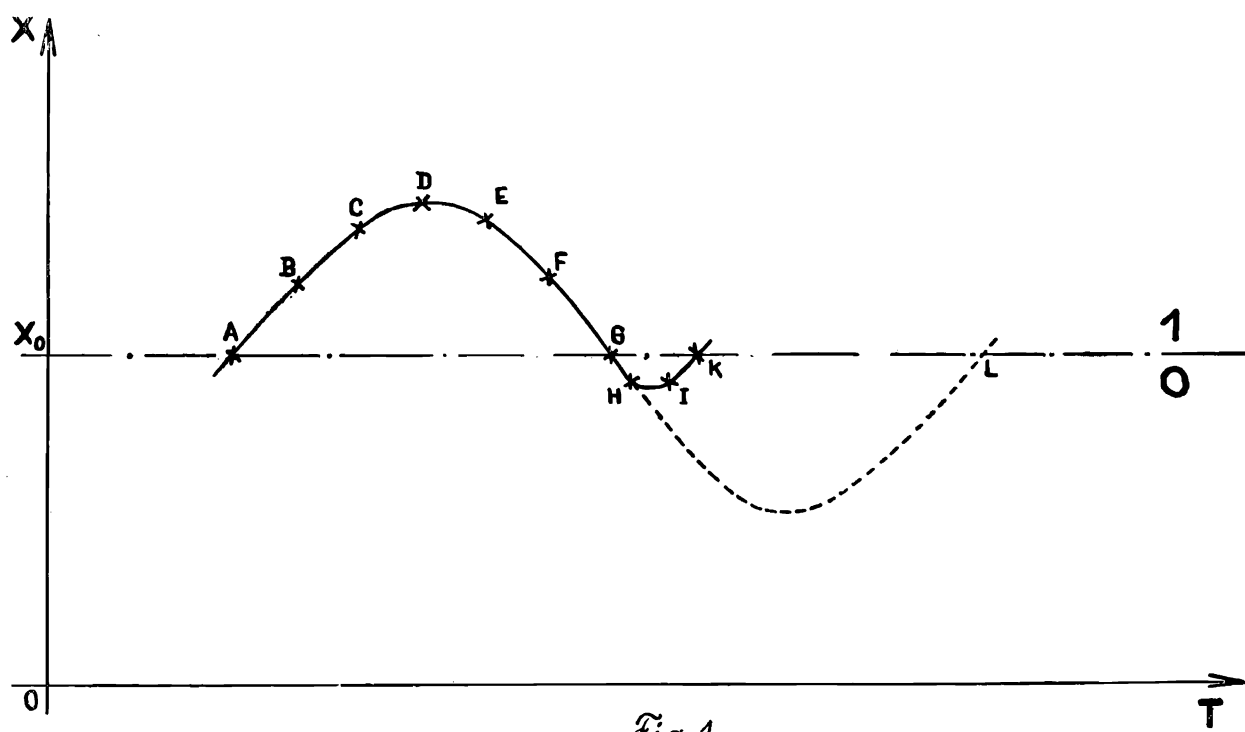
Następnie próbowano polepszyć regulację maszyny, wprowadzając do poprzedniego obwodu według schematu na fig. 3 obwód reakcji przeciwnej, zawierający zespół M, złożony z przełącznika telefonicznego opisanego typu i regulowanego dla wartości $\frac{1}{K}$ równego 1/2 oraz nadajnika impulsów o dużej częstotliwości powtarzania i o czasie trwania impulsu od 0,5 do 10 sek. z przerwami regulowanymi od 0,5 do 5 sek.

Podczas działania maszyny z regulatorem prostym i w najlepszych warunkach jego pracy, tzn. przy impulsach o czasie trwania 10 sek. przedzielonych przerwami o czasie trwania 6 min., otrzymano jeszcze znaczne przesunięcia, które powiększały się przy każdym wychyleniu wstęgi w obie strony granic, ustalonych przez ogniska promieni świetlnych układu czujnikowego. Stosując kompensator regulacyjny oraz stosując w obwodzie reakcyjnym impulsy o czasie trwania 10 sek., przedzielone przez czasy przerwy trwające 3 sek. zdołano stłumić znaczne wahania, które były podtrzymywane przez prosty układ regulacyjny.

System regulacji z kompensacją pozwala na stosowanie dużych prędkości liniowych, przy których stabilizacja ręczna wstęgi byłaby praktycznie niemożliwa bez zniszczenia taśmy.

Zastrzeżenie patentowe

Regulator dyskretny o dwóch lub trzech stacjach zaopatrzony w urządzenie kompensacyjne, znamienne tym, że urządzenie kompensacyjne ma element pamięciowy (m) do rejestrowania całkowitego działania układu regulacyjnego tego regulatora do chwili gdy wielkość regulowania nie zostanie doprowadzona do wielkości zadanej, oraz nadajnik impulsów o dużej częstotliwości powtarzania (ID) do przekazywania elementowi regulacyjnemu, z chwilą powrotu wielkości regulowanej do tej wartości, rozkazu zastosowania korekcji w kierunku przeciwnym do poprzedzającego działania regulatora, zmniejszając to działanie do ułamka dającego się regulować i mniejszego od jedności.

*Fig. 1*

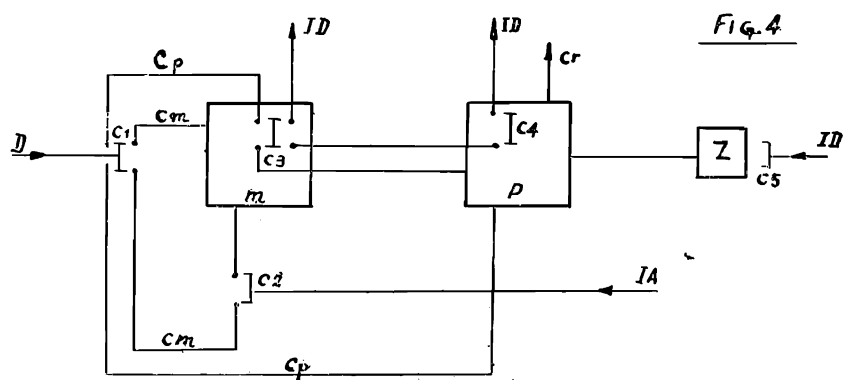
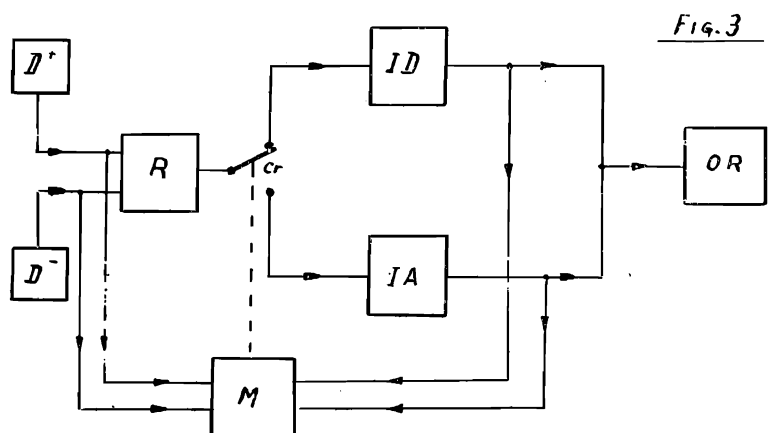
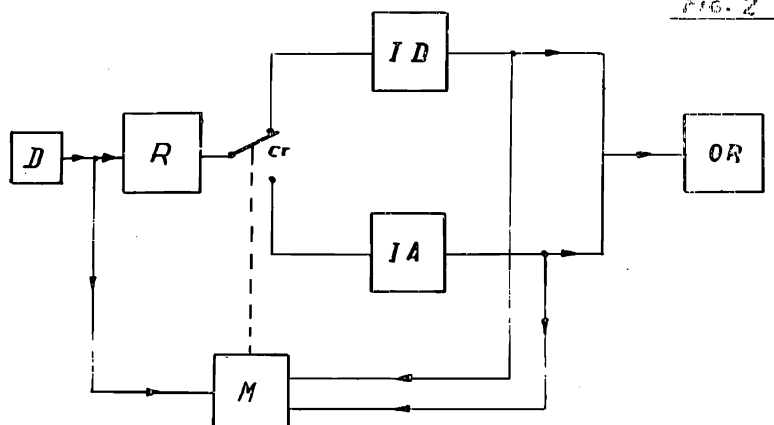


Fig. 5

