



Patent dodatkowy
do patentu

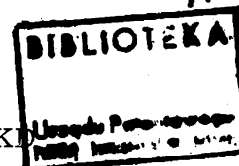
Zgłoszono: 09.IX.1966 (P 116 392)

Pierwszeństwo:

Opublikowano: 25. IX. 1968

Kl. 21 g, 21/31

MKP G 21 c



Twórca wynalazku: mgr inż. Jacek Kaniewski

Właściciel patentu: Instytut Badań Jądrowych, Warszawa (Polska)

**Sposób kształtowania sygnału niezgodności dla sterowania
częścią wykonawczą układu regulacji i elementami zabezpieczeń
reaktora jądrowego, oraz układ pomiarowy do stosowania tego
sposobu**

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób kształtowania sygnału niezgodności umożliwiający wykorzystanie tego sygnału do sterowania zarówno częścią wykonawczą układu regulacji jak i elementami zabezpieczeń reaktora jądrowego we wszystkich stanach operacyjnych reaktora włączając jego rozruch i zmiany mocy, oraz układ pomiarowy służący do stosowania tego sposobu w ramach układu regulacji i zabezpieczeń reaktora jądrowego.

Znane są takie sposoby kształtowania sygnału niezgodności, by układ regulacji automatycznej, w którym sygnał ten steruje częścią wykonawczą, umożliwiał zarówno prowadzenie automatycznych rozruchów i zmian mocy reaktora jądrowego z zadaną prędkością i do zadanego poziomu mocy, jak i automatyczną stabilizację mocy reaktora na zadanym poziomie.

Jeden ze sposobów polega na porównaniu w układzie pomiarowym sygnału będącego liniową lub nieliniową funkcją mocy reaktora ze zmieniającym się według określonego zadanego programu sygnałem odniesienia.

Podobnym sposobem jest porównywanie ze stałym sygnałem odniesienia sygnału wyjściowego z układu do pomiaru mocy reaktora, przy czym zmienia się według określonego zadanego programu czułość układu pomiarowego.

Oba te sposoby wymagają zwykle stosowania elementów elektromechanicznych, jak potencjo-

2

metry napędzane serwo-silnikiem, służących do programowania zmiennych w czasie sygnałów odniesienia, lub zmiany czułości układu pomiarowego. Obniża to niezawodność układu pomiarowego i całego układu regulacji reaktora. Inny sposób kształtowania sygnału niezgodności polega w ogólnym przypadku na porównywaniu z określonym stałym sygnałem odniesienia równocześnie dwóch sygnałów otrzymywanych z układu pomiarowego, a mianowicie sygnału proporcjonalnego do rzeczywistej mocy reaktora i sygnału proporcjonalnego do pewnej liniowej lub nieliniowej funkcji rzeczywistej prędkości zmiany mocy reaktora.

Sposób ten może być zrealizowany za pomocą układu pomiarowego nie zawierającego elementów elektromechanicznych, a więc o stosunkowo dużej niezawodności. Ponadto zapewnia on bezpośrednią informację o rzeczywistej prędkości zmiany mocy reaktora, co jest szczególnie ważne w przypadku zaistnienia potrzeby ręcznego sterowania reaktorem. Wykorzystanie takiego sygnału niezgodności również do sterowania progowymi elementami układu zabezpieczeń reaktora jądrowego pod warunkiem, że spełnia on dodatkowe wymagania z punktu widzenia zabezpieczeń, może prowadzić do zwiększenia bezpieczeństwa i uproszczenia obsługi przez operatora układu regulacji i zabezpieczeń.

Sterowanie elementów zabezpieczeń, tym samym sygnałem niezgodności, który steruje częścią wy-

konawczą układu regulacji zapewnia sygnalizację w obwodach zabezpieczeń w przypadku uszkodzenia dowolnej części układu regulacji, gdyż takie uszkodzenie powoduje zawsze wzrost bezwzględnej wartości sygnału niezgodności.

Ułatwienie obsługi układu polega na tym, że zmiana nastawy mocy zadanej lub prędkości zadanej nie wymaga dokonywania zmian wartości progów sygnalizacji obwodów układu zabezpieczeń.

Dodatkowe wymagania dotyczące sposobu kształtowania sygnału niezgodności, który nadawałby się do jednoczesnego sterowania częścią wykonawczą układu regulacji i elementami progowymi układu zabezpieczeń we wszystkich stanach operacyjnych, a więc pozwoliłyby na pełną automatyzację sterowania reaktorem jądrowym, są trudne do spełnienia. Dlatego rozwiązania takie są dotąd niespotykane. Trudności polegają między innymi na tym, że z reguły wymagana jest sygnalizacja innych wartości odchylenia prędkości zmiany mocy i innych wartości odchylenia mocy reaktora od ich wartości zadanych.

Dodatkową trudność przedstawia konieczność uniknięcia sygnalizacji w układzie zabezpieczeń spowodowanej zmianą wartości zadanej mocy na niższą w celu zmniejszenia poziomu mocy reaktora w sposób automatyczny.

Celem wynalazku jest znalezienie takiego sposobu kształtowania sygnału niezgodności by ten sygnał mógł być wykorzystany w układzie automatycznej regulacji i zabezpieczeń reaktora jądrowego do sterowania jednocześnie częścią wykonawczą układu regulacji i elementami progowymi układu zabezpieczeń we wszystkich stanach operacyjnych, to jest w trakcie rozruchu, stabilizacji i zmian mocy reaktora.

Zadaniem wynalazku jest znalezienie odpowiedniej formuły logicznej sygnału niezgodności, określającej jakie sygnały składowe mają tworzyć sygnał niezgodności, oraz znalezienie odpowiedniego przekształcenia sygnału proporcjonalnego do prędkości zmian mocy reaktora, aby po zsumowaniu go z pozostałymi składowymi otrzymać sygnał niezgodności, zapewniający sygnalizację innych wartości względnych odchylenia prędkości zmian mocy i innych wartości względnych odchylenia mocy reaktora od ich wartości zadanych, oraz umożliwiającą całkowicie automatyczne rozruchy i zmiany poziomu mocy reaktora przy nieprzerwanym działaniu układu zabezpieczeń.

Cel ten został osiągnięty przez wybranie w charakterze składowych sygnału niezgodności stałego sygnału odniesienia oraz sygnału proporcjonalnego do stosunku rzeczywistej mocy reaktora do jej wartości zadanej i sygnału zależnego od prędkości zmian mocy, który może być automatycznie odłączany gdy moc reaktora zbliża się do wartości zadanej.

Zadanie to według wynalazku rozwiązano przez zastosowanie sposobu kształtowania sygnału niezgodności polegającego na tym, że sygnał niezgodności jest tworzony przez porównanie ze stałym sygnałem odniesienia sumy sygnału proporcjonalnego do stosunku wartości rzeczywistej mocy reaktora do jej wartości zadanej i sygnału zależnego

od stosunku wartości rzeczywistej prędkości zmiany logarytmu mocy do wartości zadanej tej prędkości, przy czym sygnał zależny od prędkości zmiany logarytmu mocy jest przekształcony w obwodzie nieliniowym układu pomiarowego w taki sposób, że przyrosty sygnału wyjściowego obwodu nieliniowego w obszarze prędkości ujemnych są proporcjonalne do przyrostów sygnału wejściowego ze współczynnikiem proporcjonalności równym wartości względnej najmniejszego sygnalizowanego dodatniego odchylenia mocy od jej wartości zadanej, w obszarze prędkości dodatnich są proporcjonalne do przyrostów sygnału wejściowego ze współczynnikiem proporcjonalności równym jedności, gdy prędkość jest mniejsza od zadanej i ze współczynnikiem proporcjonalności równym stosunkowi wartości względnej najmniejszego sygnalizowanego dodatniego odchylenia mocy od jej wartości zadanej do najmniejszego sygnalizowanego odchylenia prędkości wzrostu logarytmu mocy od jej wartości zadanej, gdy prędkość jest większa od zadanej.

Dzięki temu jeden i ten sam układ sygnalizujący sterowany sygnałem niezgodności otrzymanym przez zsumowanie sygnału mocy względnej z przekształconym w opisany sposób sygnałem prędkości zmiany logarytmu mocy i porównanie ich ze stałym sygnałem odniesienia może sygnalizować żądane odchylenia prędkości na początku rozruchu, gdy moc jest mała, lub sygnalizować żądane odchylenia mocy po przekroczeniu jej wartości zadanej, lub też odchylenia sumy tych sygnałów w stanach pośrednich.

Wynalazek zostanie objaśniony dokładnym opisem sposobu wzajemnego dopasowania sygnałów składających się na sygnał niezgodności oraz opisem budowy i działania wykonanego układu pomiarowego, przy pomocy rysunku, na którym fig. 1 przedstawia charakterystykę obwodu nieliniowego przekształcającego sygnał prędkości zmiany logarytmu mocy, fig. 2 przedstawia przebieg zmiany mocy reaktora podczas automatycznego rozruchu uzyskany przy zastosowaniu w układzie regulacji układu pomiarowego działającego w opisany sposób, oraz fig. 3 przedstawia uproszczony schemat blokowy układu pomiarowego.

Przedstawiony sposób dopasowania sygnałów polega na takim przekształceniu sygnału proporcjonalnego do wartości prędkości V zmian logarytmu mocy odniesionej od jej wartości zadanej V_z by sygnał otrzymany w wyniku przekształcenia podlegał zależności $f(V/V_z)$ określonej w następujący sposób:

dla $V/V_z < 0$ nachylenie charakterystyki $f(V/V_z)$ jest równe Δ_{N1} ,

dla $0 < V/V_z < 1$ nachylenie charakterystyki $f(V/V_z)$ jest równe 1,

dla $V/V_z > 1$ nachylenie charakterystyki $f(V/V_z)$ jest równe Δ_{N1}/Δ_{V1} ,

przy czym Δ_{N1} jest najmniejszym sygnalizowanym poziomem odchylenia sygnału mocy od wartości zadanej, Δ_{V1} jest najmniejszym wymagającym poziomem sygnalizowanego odchylenia sygnału prędkości wzrostu logarytmu mocy od jej wartości zadanej. Zależność $f(V/V_z)$ przedstawia fig. 1.

W układzie pomiarowym przyjęto następującą postać sygnału niezgodności:

$$\varepsilon = -1 + N/N_z + f(V/V_z)$$

gdzie N jest rzeczywistą wartością mocy reaktora, a N_z jest wartością zadaną mocy reaktora.

Uwzględniając charakter zastosowanego przekształcenia $f(V/V_z)$ otrzymuje się następujące zależności dla sygnału niezgodności w różnych stanach operacyjnych, zestawionych w tabeli.

Stan operacyjny	Przedział prędkości zmian mocy	Postać sygnału niezgodności
Rozruch lub zwiększanie mocy reaktora.	$0 < V < V_z$ $V > V_z$	$\varepsilon = -1 + N/N_z + V/V_z$ $\varepsilon = -1 + N/N_z + \frac{\Delta_{N1} V - V_z}{\Delta_{V1} V_z}$
Stabilizacja mocy reaktora	Sygnał $f(V/V_z)$ odłączony	$\varepsilon = -1 + N/N_z$
Zmniejszanie mocy reaktora	$V < 0$ $V > 0$ (stan awaryjny)	$\varepsilon = \Delta_{N1}(1 - V/V_z)$ $\varepsilon = \Delta_{N1} + V/V_z$

W przypadku zmniejszenia mocy reaktora sygnał proporcjonalny do względnej mocy reaktora N/N_z jest ograniczony przez działanie układu logicznego na poziomie nieco niższym od wartości $1 + \Delta_{N1}$, w przeciwnym bowiem razie przełączenie nastawy N_z na niższą spowodowałoby sygnalizację alarmową. Stąd wynika postać sygnału niezgodności w tabeli, gdyż w tym stanie $\varepsilon = -1 + N/N_z + f(V/V_z) = -1 + 1 + \Delta_{N1} + f(V/V_z) = \Delta_{N1}(1 - V/V_z)$.

Układ automatycznej regulacji działający w oparciu o wytworzony w układzie pomiarowym sygnał niezgodności według postaci podanych w powyższym opisie będzie utrzymywać podczas rozruchów i zwiększania mocy wartość $N/N_z + V/V_z = 1$ (przy czym wzrostowi N/N_z będzie towarzyszyć malenie V/V_z), podczas stabilizacji mocy — wartość $N = N_z$, oraz podczas zmniejszania mocy — wartość prędkości $V = V_z$.

Podczas zmniejszania mocy wartość $V = -V_z$ będzie utrzymywana do momentu, gdy sygnał mocy zacznie maleć poniżej wartości $(1 + \Delta_{N1})$. N_z , po czym prędkość zmaleje do zera.

Przykład działania układu regulacji sterowanego sygnałem niezgodności ukształtowanym zgodnie z powyższym opisem przedstawia fig. 2 na której pokazano w skali liniowej zmiany mocy reaktora uzyskane podczas automatycznego rozruchu i zmian mocy reaktora.

Budowę i działanie układu pomiarowego można objaśnić na podstawie fig. 3, która przedstawia uproszczony schemat blokowy układu, nie obejmujący elementów zasilających i czujników oraz aparatury pomiarowej dostarczającej sygnał proporcjonalny do prędkości zmian logarytmu mocy.

Prąd komory jonizacyjnej, mierzącej strumień neutronów w reaktorze przesyłany jest na wejście nastawnika wartości zadanej mocy 1/

Nastawnik mocy zawierający obwód sprzężenia zwrotnego wzmacniacza operacyjnego o wejściu elektrometrycznym 2 połączony jest z wejściem i wyjściem wzmacniacza 2. Na wyjściu wzmacnia-

cza 2 otrzymuje się napięcie proporcjonalne do wartości względnej prądu komory I/I_z a zatem i do N/N_z , przy czym skala nastawnika może być opisana zarówno w jednostkach prądu I_z jak i w jednostkach mocy reaktora N_z . Napięcie to podawane jest na wejście wzmacniacza porównującego 3 jako sygnał N/N_z , oraz na wejście układu logicznego 4 sterującego działaniem układu. Na wejście wzmacniacza porównującego 3 podawane są także: stały sygnał odniesienia z obwodu sygnału odniesienia 7

oraz dopasowany według przedstawionego w opisie sposobu sygnał $f(V/V_z)$ zależny od wartości względnej sygnału prędkości zmian logarytmu mocy.

Sygnał ten otrzymuje się z aparatury logarymicznej przetwarzającej sygnał z drugiej komory jonizacyjnej za pomocą wzmacniacza logarytmicznego i wzmacniacza różniczkującego poprzez nastawnik wartości zadanej prędkości zmian mocy 8, nieliniowy obwód przekształcający 9 i element dołączający 10. Do wyjścia wzmacniacza porównującego 3, który wytwarza sygnał niezgodności dołączone są: wzmacniacz korekcyjny 5 i układy progowe sygnalizacji 6. Wzmacniacz korekcyjny zawierający szeregowy element korekcyjny typu PD może sterować bezpośrednio wzmacniaczem mocy części wykonawczej układu regulacji. Układy progowe sygnalizacji powodują przekazanie sygnałów ostrzegawczych lub alarmowych w przypadku, gdy sygnał niezgodności przekracza nastawione wartości dodatnie lub ujemne $\varepsilon \geq \Delta_N$ lub $\varepsilon \leq -\Delta_N$.

Zadaniem układu logicznego 4 jest dołączenie do wejścia wzmacniacza porównującego 3 dopasowanego sygnału prędkości zmian logarytmu mocy z chwilą rozpoczęcia procesu automatycznej lub ręcznej zmiany mocy reaktora, oraz odłączanie tego sygnału z chwilą dostatecznego przybliżenia się do nowej wartości zadanej mocy. Ponadto z chwilą rozpoczęcia zmniejszania mocy układ logiczny 4 powoduje ograniczenie sygnału mocy N/N_z na poziomie nieco mniejszym od $1 + \Delta_{N1}$. Czynność ta ze względu na bezpieczeństwo wymaga podania z nastawnika mocy na wejście układu logicznego sygnału wysyłanego w chwili przełączenia nastawy wartości zadanej mocy na mniejszą wartość.

W układzie pomiarowym wykonanym w oparciu o przedstawiony nowy sposób kształtowania sygnału niezgodności uzyskano zmniejszenie ilości aparatury w porównaniu z innymi podobnymi rozwiązaniami oraz ułatwienie obsługi przez uniknięcie konieczności przestrajania progów działania sygna-

lizacji przy zmianach wartości mocy lub prędkości zmian mocy, umożliwiając jednocześnie pełną automatyzację rozruchów i zmian mocy reaktora jądrowego.

Przedstawiony zestaw aparatury prądowej proporcjonalnej nadaje się do zastosowania w układach sterowania i zabezpieczeń wszystkich rodzajów jądrowych reaktorów doświadczalnych.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób kształtowania sygnału niezgodności dla sterowania częścią wykonawczą układu regulacji i elementami zabezpieczeń reaktora jądrowego, **znamienny tym**, że sygnał niezgodności tworzy się przez porównanie ze stałym sygnałem odniesienia sumy sygnału proporcjonalnego do stosunku wartości rzeczywistej mocy reaktora do jej wartości zadanej i sygnału zależnego od stosunku wartości rzeczywistej prędkości zmiany logarytmu mocy od wartości zadanej tej prędkości, przy czym sygnał zależny od prędkości zmiany logarytmu mocy przekształca się w obwodzie nieliniowym układu pomiarowego w taki sposób, że przyrosty sygnału wyjściowego tego obwodu w obszarze prędkości ujemnych są proporcjonalne do przyrostów sygnału wej-

ściowego ze współczynnikiem równym wartości względnej najmniejszego sygnalizowanego dodatniego odchylenia mocy do jej wartości zadanej, a w obszarze prędkości dodatnich są proporcjonalne do przyrostów sygnału wejściowego ze współczynnikiem proporcjonalności równym jednemu, gdy prędkość jest mniejsza od zadanej i ze współczynnikiem proporcjonalności równym stosunkowi wartości względnej najmniejszego sygnalizowanego odchylenia dodatniego mocy od jej wartości zadanej do wartości względnej najmniejszego sygnalizowanego odchylenia prędkości wzrostu logarytmu mocy od jej wartości zadanej, gdy prędkość jest większa od zadanej.

2. Układ pomiarowy składający się z proporcjonalnego wzmacniacza elektrometrycznego z nastawnika mocy reaktora, nastawnika prędkości zmian mocy i obwodu nieliniowego, oraz ze wzmacniacza porównującego wytwarzającego sygnał niezgodności do stosowania sposobu według zastrz. 1 **znamienny tym**, że obwód nieliniowy (9) przekształcający sygnał zależny od prędkości zmian mocy reaktora włączony jest między wyjściem nastawnika wartości zadanej prędkości zmian mocy (8) i poprzez element dołączający (10) z wejściem wzmacniacza porównującego (3).

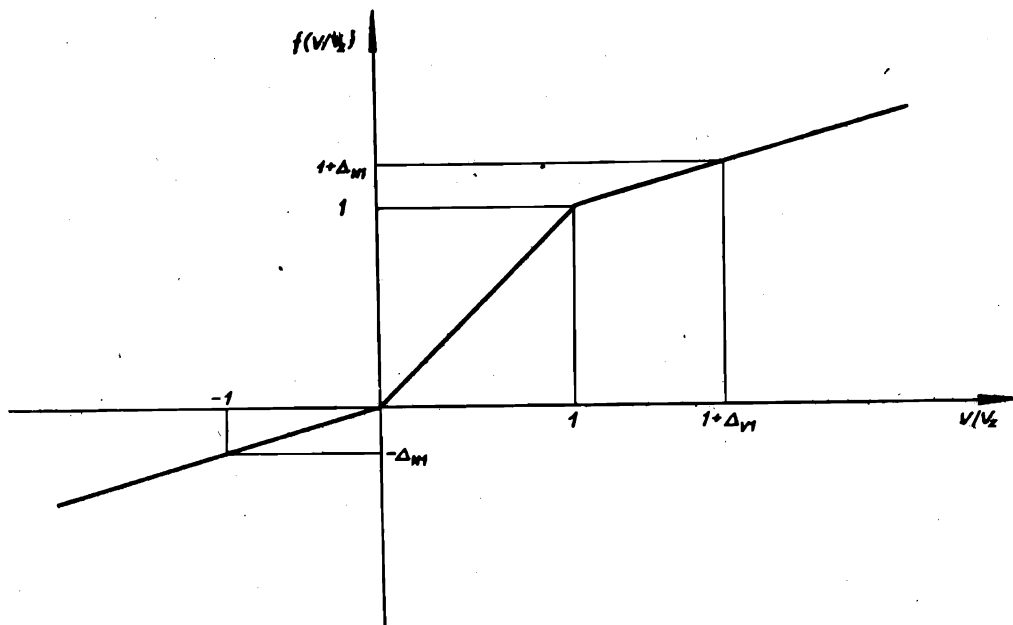


Fig. 1

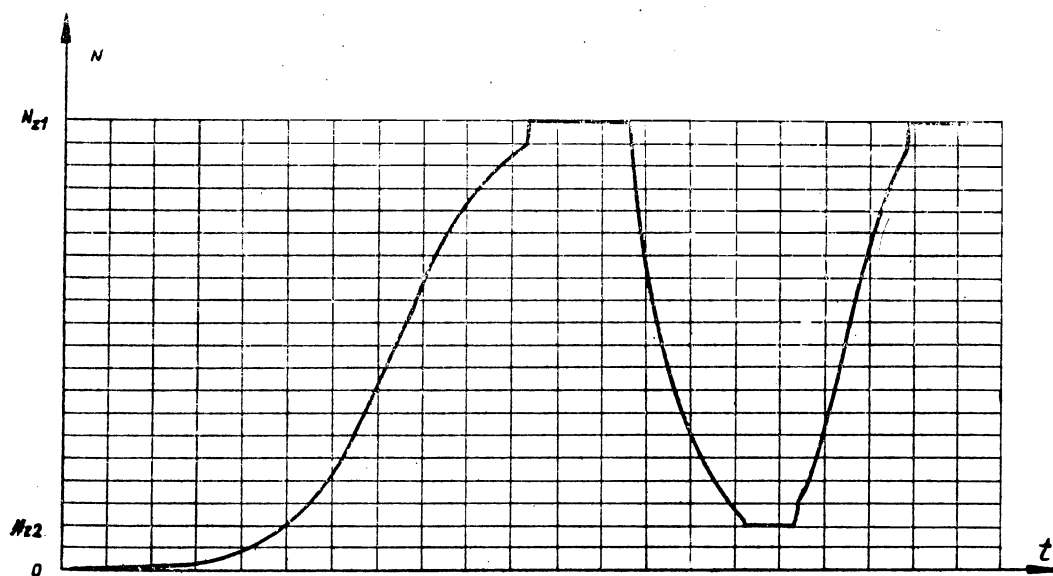


Fig. 2

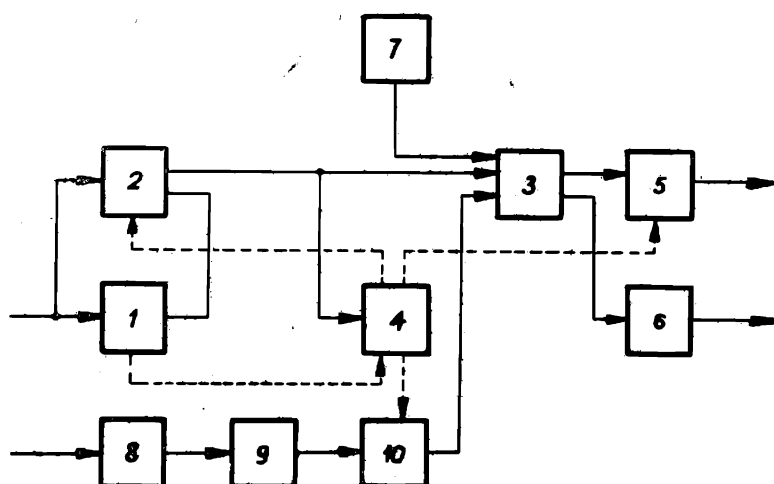


Fig. 3