

POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA



URZĄD
PATENTOWY
PRL

OPIS PATENTOWY

102136

Patent dodatkowy
do patentu _____

Zgłoszono: 09.12.76 (P. 194306)

Pierwszeństwo: _____

Zgłoszenie ogłoszono: 24.10.77

Opis patentowy opublikowano: 31.07.1981

Int. Cl.². H03C 3/00
G01N 27/78

Int. Cl.³. H03C 3/00
G01N 27/78

Twórcy wynalazku: Michał Ostafin, Jarosław Kubiak, Paweł Kamasa,
Grzegorz Kienitz

Uprawniony z patentu: Uniwersytet im. Adama Mickiewicza,
Poznań (Polska)

Układ do przemiatania i modulacji częstotliwości w spektrometrach

Przedmiotem wynalazku jest układ do przemiatania i modulacji częstotliwości w spektrometrach, zwłaszcza jądrowego rezonansu kwadrupolowego, którego określenie skrótem jest NQR, znajdującego zastosowanie w placówkach naukowo-badawczych do kontroli jakości i szczegółowych analiz fizyko-chemicznych substancji w stanie stałym.

W spektrometrach jądrowego rezonansu kwadrupolowego (NQR) stosuje się układy do powolnego automatycznego przemiatania częstotliwości przy równoczesnej jej modulacji w celu przekształcenia sygnału NQR na sygnał składowej zmiennej, który po wzmacnieniu i detekcji rejestruje się.

W znanych rozwiązaniach opisanych w publikacjach J. Smith, D. Tong, J. Phys.E. Sci.Instrum.1,8 (1968) i D. Tong, J. Phys.E. Sci Instrum.1, 1153 (1968) układ przemiatania częstotliwości spektrometru zawiera silnik elektryczny sprzężony mechanicznie z osią kondensatora zmiennego w obwodzie rezonansowym generatora wielkiej częstotliwości. Wadą tego układu jest zależność prędkości i równomierności przemiatania częstotliwości od doboru użytych części mechanicznych oraz brak powtarzalności nastaw początku i końca przemiatania, na skutek bezwładności układu mechanicznego. Wady te zostały częściowo wyeliminowane w układzie opisanym przez V. Hughes, F.R. Hartley, J. Phys.E. Sci. Instrum. 8, 1027 (1975), w którym do przemiatania częstotliwości zastosowano napięcie o liniowo narastającym przebiegu schodkowym, przyłożonym do diody pojemnościowej w obwodzie rezonansowym detektora sygnału NQR, otrzymane z przetwornika cyfrowo-analogowego o podwyższonej dokładności. Niedogodnością tego układu jest jednak ograniczenie zakresu przemiatania użytecznym zakresem zmian pojemności diody pojemnościowej.

Do modulacji częstotliwości w opisanych wyżej układach stosuje się generator przebiegu prostokątnej fali symetrycznej o współczynniku wypełnienia 0,5, z którego sygnał analogowy podawany jest na diodę pojemnościową. Zgodnie z tym przebiegiem częstotliwość pracy spektrometru jest modulowana skokowo z dewiacją $\pm \Delta f$ względem częstotliwości środkowej F_0 i przybiera kolejno wartości $\Delta f + f_0$, f_0 , $f_0 - \Delta f$...itd. Wadą tych układów jest ograniczenie amplitud modulacji zakresem dynamicznym diody pojemnościowej, zależność amplitudy modulacji (dewiacji) oraz szybkości przemiatania od częstotliwości pracy generatora wielkiej

częstotliwości oraz trudności dokładnego pomiaru modulowanej i przemiatanej częstotliwości przy pomocy częstościomierza zliczającego i uzyskania powtarzalności nastaw wartości częstotliwości początku i końca przemiatania. Ponadto przy zastosowaniu dotychczasowych układów przemiatania i modulacji częstotliwości, rejestracja widma NQR odbywa się faktycznie w funkcji czasu, a nie w funkcji częstotliwości, co wymaga stosowania specjalnych dodatkowych kalibratorów częstotliwości do znacznikowania skali częstotliwości na taśmie rejestratora.

Układ do przemiatania i modulacji częstotliwości według wynalazku zawiera syntezer częstotliwości posiadający wejścia do cyfrowego sterowania nastawami częstotliwości w kodzie pracy syntezeru i wyjście częstotliwości przemiatanej i modulowanej. Wejścia począwszy od wybranej pozycji kodu nastawy są połączone z wyjściami rewersyjnego licznika z układem wpisywania za pośrednictwem zespołu komutacyjnych bloków, będących logicznymi układami kombinacyjnymi, zaś wejścia pozostałych pozycji kodów nastawy częstotliwości syntezeru są połączone bezpośrednio z wyjściami analogicznymi pozycji kodu rewersyjnego licznika. Każdy z komutacyjnych bloków posiada wejścia taktujące i wyjścia sygnału przeniesienia danego komutacyjnego bloku, przy czym wyjścia sygnału przeniesienia danego komutacyjnego bloku są dołączone do wejść taktujących bloku następnego. Do wejść taktujących pierwszego komutacyjnego bloku dołączone są wyjścia taktującego generatora modulacji. Do wejścia zliczenia rewersyjnego licznika dołączony jest taktujący generator przemiatania generujący nieprzerwany ciąg impulsów. Do wejść wpisywania rewersyjnego licznika dołączony jest układ wpisywania. Oprócz tego wyjścia rewersyjnego licznika są połączone z indykacyjnym układem, który przedstawia stan licznika oraz z wejściami cyfrowo-analogowego przetwornika, który odpowiednio do wag kodu rewersyjnego licznika przetwarza jego stan na sygnał analogowy na wyjściu.

Układ według wynalazku realizuje zarówno przemiatanie, jak i modulację częstotliwości w spektrometrze całkowicie w oparciu o technikę cyfrową, a tym samym eliminuje znane wady stosowanych dotychczas układów, w których zarówno do przemiatania jak i modulacji częstotliwości stosowano sygnały analogowe.

W szczególności w układzie według wynalazku modulacja częstotliwości o wymaganym przebiegu antysymetrycznym jest wynikiem okresowego przełączania częstotliwości syntezeru sygnałami cyfrowymi taktującego generatora modulacji względem wybranej pozycji kodu nastawy częstotliwości, a zatem jej amplituda jest stała, ściśle określona i niezależna od zakresu częstotliwości pracy. Wielkość amplitudy tej modulacji zależy tu jedynie od wybranego rzędu pozycji kodu nastawy względem której zachodzi przełączanie częstotliwości syntezeru, przez co można uzyskać bardzo duże dewiacje częstotliwości, nieosiągalne w układach dotychczasowych, wykorzystujących jako element modulacyjny diodę pojemnościową sterowaną sygnałem analogowym. Ponadto w rozwiązaniu według wynalazku pomiar częstotliwości nie jest zaburzony przez modulację, gdyż indykacyjny układ stanu rewersyjnego licznika pokazuje zawsze wartość danej pozycji nastawy syntezeru, względem której zachodzi przełączanie o jedną pozycję w górę i w dół, tzn. pokazuje zawsze dokładnie wymaganą wartość średnią. Przemiatanie częstotliwości odbywa się tu poprzez kolejne przełączanie wartości częstotliwości pracy syntezeru z odpowiednio dobranym małym krokiem i tempem określonym częstością taktującego generatora modulacji. Dzięki temu prędkość przemiatania w tym układzie zależy wyłącznie od częstotliwości taktowania, a nie zależy od zakresu przemiatanej częstotliwości, co było nieodłączną cechą dotychczasowych układów z diodą pojemnościową w obwodzie rezonansowym generatora wielkiej częstotliwości spektrometru.

Ważną zaletą nowego rozwiązania jest możliwość automatycznej rejestracji widma rezonansu jądrowego bezpośrednio w funkcji częstotliwości, gdyż stan rewersyjnego licznika określa jednoznacznie częstotliwość na wyjściu syntezeru. Po przetworzeniu tego stanu przy pomocy cyfrowo-analogowego przetwornika otrzymuje się sygnał analogowy proporcjonalny do częstotliwości pracy spektrometru, który można podać na oś „X” rejestratora X-Y. Eliminuje to konieczność stosowania dodatkowych urządzeń do kalibracji taśmy rejestratora w jednostkach częstotliwości, w układach dotychczasowych.

W układzie według wynalazku wysoka dokładność i powtarzalność nastaw częstotliwości jest zagwarantowana zastosowaną techniką cyfrową oraz bardzo dużą stabilnością częstotliwości syntezeru, w odróżnieniu od układu opisanego w publikacji Hughesa i Hartley'a, w którym powtarzalność nastaw częstotliwości będzie uzależniona od stabilności drgań samego detektora NQR, która jest zwykle o kilka rzędów wielkości niższa niż stabilność częstotliwości syntezeru. Wymieniona ostatnia zaleta predysponuje nowy układ przemiatania i modulacji częstotliwości szczególnie do współpracy z komputerem do cyfrowej akumulacji widma, co pozwala na efektywne wydzielenie bardzo słabych sygnałów poniżej poziomu szumów spektrometru. Poza tym układ ten w porównaniu z dotychczasowymi rozwiązaniami znacznie ułatwia obsługę spektrometru.

W celu zapewnienia wzajemnej synchronizacji układ może być wzbogacany o dodatkowe połączenie między generatorem taktującym przemiatania i taktującym modulacji. Ponadto układ według wynalazku w formie uproszczonej nie ma zespołu bloków komutacyjnych i wyjścia rewersyjnego licznika są połączone bezpośrednio z wejściami nastaw syntezeru częstotliwości.

Układ według wynalazku uwidoczniono w przykładowym wykonaniu na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schemat blokowy układu do przemiatania i modulacji częstotliwości, fig. 2a — wykres zależności częstotliwości w funkcji czasu na wyjściu syntezeru częstotliwości przy wyłączonym taktującym generatorze przemiatania, zaś fig. 2b — wykres tej samej zależności przy włączonym taktującym generatorze przemiatania, w tej samej skali czasu.

Układ do przemiatania i modulacji częstotliwości w przykładowym wykonaniu według wynalazku, zbudowany jest z syntezeru częstotliwości 1, zespołu komutacyjnych bloków 2 stanowiących logiczne układy kombinacyjne, taktującego generatora modulacji 3, cyfrowo-analogowego przetwornika 4, indykacyjnego układu 5, dziesiętnego rewersyjnego licznika 6 z wpisywaniem, taktującego generatora przemiatania 7 i układu wpisywania 8.

Syntezers częstotliwości 1 posiada wejścia cyfrowego sterowania nastawami częstotliwości zgrupowane w dekadach oznaczonych od 10^0 , 10^1 ... do 10^n , podobnie rewersyjny licznik 6 składa się z takiej samej ilości połączonych szeregowo dekad oznaczonych od 10^0 , 10^1 do 10^n . Począwszy od wybranego numeru kolejnej dekady, każde z wyjść dziesięciu pozycji danej dekady oznaczonych kolejno 0, 1, 2 do 9 licznika jest połączone z wejściami odpowiadającej dekady nastaw syntezeru 1 również oznaczonych cyframi od 0, 1, 2 do 9, za pośrednictwem komutacyjnych bloków 2 oznaczonych kolejno kB_1 , kB_2 do kB_p . Wyjścia pozostałych dekad rewersyjnego licznika 6 począwszy od dekady 10^0 są połączone bezpośrednio z wejściami odpowiednich dekad nastaw syntezeru.

Każdy komutacyjny blok 2 (kB_1 , kB_2 ... kB_p) jest identycznym układem kombinacyjnym realizującym zdefiniowaną funkcję logiczną. Posiada on dziesięć wejść połączonych z wyjściami dekad rewersyjnego licznika 6 oraz dziesięć wyjść połączonych z wejściami danej dekady nastaw częstotliwości syntezeru 1. Ponadto każdy blok 2 ma trzy wejścia taktujące oznaczone A_{-1} , A_0 , A_{+1} oraz trzy wyjścia przeniesienia oznaczone B_{-1} , B_0 , B_{+1} . Pierwszy komutacyjny blok 2 (kB_1) jego wejścia są połączone z wyjściami taktującego generatora modulacji 3, z którego uzyskiwane są impulsy o zdefiniowanej sekwencji czasowej. Wejścia taktujące pozostałych komutacyjnych bloków 2 tzn. kB_2 do kB_p są połączone z odpowiadającymi im wyjściami przeniesienia bloków poprzedzających. Wyjścia trzech dekad rewersyjnego licznika wybieranych w sekwencjach jak $10^0 - 10^1 - 10^2$, $10^1 - 10^2 - 10^3$ do $10^{n-2} - 10^{n-1} - 10^n$ są przyłączone do wejść cyfrowo-analogowego przetwornika 4, który w zależności od wag kodu przetwarza sygnał cyfrowy stanu wybranej trójki dekad na sygnał analogowy. Do wejścia zliczania oznaczonego symbolem C_0 pierwszej dekady 10^0 rewersyjnego licznika 6 dołączone jest wyjście taktującego generatora przemiatania 7. Do wejść wpisywania poszczególnych dekad rewersyjnego licznika 6 podłączone są wyjścia układu wpisywania 8, za pomocą którego wpisuje się dowolną liczbę do zawartości licznika.

Rozwiązaniem uproszczonym jest układ, w którym wyjścia wszystkich dekad rewersyjnego licznika 6 są połączone bezpośrednio z wejściami odpowiadających im dekad nastaw częstotliwości syntezeru 1. Ponadto w celu zsynchronizowania generowanych przebiegów jest wykonane połączenie między taktującymi generatorami przemiatania i modulacji.

Działanie układu jest następujące. Przed rozpoczęciem przemiatania częstotliwości do zawartości rewersyjnego licznika 6 zostaje wpisana liczba podana z układu wpisywania 8. Sygnały cyfrowe tak określonego stanu licznika są podane za pośrednictwem komutacyjnych bloków 2 (kB_1 , kB_2 do kB_p) i oprócz tego bezpośrednio na wejścia odpowiednich dekad sterowania nastawami częstotliwości syntezeru 1 i powodują wytworzenie na jego wyjściu W_1 częstotliwości ściśle odpowiadającej liczbie wpisanej do rewersyjnego licznika 6. Impulsy z taktującego generatora przemiatania 7 pojawiające się na wejściu zliczania C_0 rewersyjnego licznika 6, w przypadku zliczania „do przodu” powodują kolejne zwiększanie stanu licznika o jeden (1) w każdym takcie generatora, co powoduje odpowiednie zwiększenie o daną jednostkę częstotliwości na wyjściu syntezeru częstotliwości 1. Aktualny stan licznika jest zobrazowany przez indykacyjny układ 5. W konsekwencji na wyjściu syntezeru 1 wytworzony zostaje liniowy, schodkowo narastający w czasie przebieg przemiatanej częstotliwości. Analogicznie, w przypadku zliczania rewersyjnego licznika 6 „do tyłu”, na wyjściu syntezeru 1 wytworzony zostaje opadający w czasie przebieg przemiatanej częstotliwości.

Taktujący generator modulacji 3 wytwarza kolejno na wejściach A_{-1} , A_0 , A_{+1} komutacyjnego bloku 2 bezpośrednio po sobie następujące impulsy. Komutacyjne bloki 2 (kB_1 , kB_2 do kB_p) realizują następującą funkcję logiczną: jeżeli na wejściu A_{-1} pojawia się logiczny stan „1” oraz stan „1” pojawia się na k-tej pozycji dekady licznika 6 połączonej z danym komutacyjnym blokiem 2, to stan „1” pojawia się na wyjściu tego bloku połączonym odpowiednio z k-1 pozycją dekady syntezeru 1. Jeżeli na wejściu A_0 pojawia się logiczne „1” oraz stan „1” pojawia się na k-tej pozycji dekady licznika 6 połączonej z danym komutacyjnym blokiem 2 to stan „1” pojawia się na wyjściu tego bloku połączonym również z k-tą pozycją dekady syntezeru 1.

stan „1” pojawia się na k-tej pozycji dekady licznika 6 połączonej z danym komutacyjnym blokiem 2 to stan „1” pojawia się na wyjściu tego bloku połączonym również z k-tą pozycją dekady syntezeru 1.

Jeżeli na wejściu A_{+1} pojawi się stan „1” oraz stan „1” wystąpi na k-tej pozycji dekady licznika 6 połączonej z danym komutacyjnym blokiem 2 to stan „1” pojawia się na wyjściu tego bloku połączonym z k+1 pozycją dekady syntezeru 1. Jeżeli stan „1” pojawia się na 9-tej pozycji dekady licznika 6 połączonej z danym komutacyjnym blokiem 2 oraz stan „1” pojawia się na wejściu A_{+1} to stan „1” pojawia się na wyjściu przeniesienia B_{+1} komutacyjnego bloku 2.

Jeżeli stan „1” pojawia się na pozycji 0 dekady licznika 6 połączonej z danym komutacyjnym blokiem 2 oraz stan „1” pojawia się na wejściu A_{-1} to stan „1” pojawia się na wyjściu przeniesienia B_{-1} komutacyjnego bloku 2. W pozostałych przypadkach stan „1” występuje na wyjściu przeniesienia B_0 . Sygnały przeniesień na wyjściach (B_{-1} , B_0 , B_{+1}) każdego z komutacyjnych bloków 2 (kB_1 , kB_2 do kB_p) podane są na odpowiednie wejścia A_{-1} , A_0 , A_{+1} bloków 2, po nich następujących i wytwarzają w nich stany zdefiniowane wyżej opisaną funkcją logiczną.

Układ według wynalazku można zastosować do przemiatania i modulacji częstotliwości w spektrometrach pracujących techniką stacjonarną z wykorzystaniem superreakcyjnego, jak również autodynowego detektora NQR.

W pierwszym przypadku sygnał z wyjścia W_1 syntezeru 1 służy do synchronizacji detektora superreakcyjnego w układzie podanym przez Tonga. Natomiast w przypadku detektora autodynowego, spektrometr powinien posiadać typowy układ automatycznej regulacji częstotliwości (ARC), który dostraja samo zynn timer częstotliwość autodynowego detektora NQR do wartości aktualnej częstotliwości na wyjściu W_1 syntezeru 1. Rozwiązanie układu bez zespołu komutacyjnych bloków 2 może realizować jedynie przemiatanie częstotliwości syntezeru, bez modulacji. Z tego względu można je zastosować w spektrometrze NQR pracującym techniką impulsową, w której modulacja częstotliwości jest zbędna. Ponadto układ posiadający zsynchronizowane wzajemnie generatory przemiatania 7 i modulacji 3 znajduje zastosowanie zwłaszcza przy współpracy spektrometru z komputerem do cyfrowej akumulacji widma.

We wszystkich rozwiązaniach układu, sygnał z wyjścia W_2 cyfrowo-analogowego przetwornika 4 podaje się na kanał „X” rejestratora X-Y rejestrującego sygnał NQR na wyjściu spektrometru.

Zastrzeżenie patentowe

Układ do przemiatania i modulacji częstotliwości w spektrometrach rejestrujący widmo NQR w funkcji częstotliwości przemiatanej, z n a m i e n n y t y m, że zawiera syntezer częstotliwości (1), który ma wejścia do cyfrowego sterowania nastawami częstotliwości w kodzie pracy syntezeru i wyjście (W_1) częstotliwości przemiatanej i modulowanej, przy czym począwszy od wybranej pozycji kodu nastawy wejścia są połączone z wyjściami rewersyjnego licznika (6) z układem wpisywania (8), częściowo za pośrednictwem zespołu komutacyjnych bloków (2) a częściowo bezpośrednio z tym, że wejścia pierwszego komutacyjnego bloku (2) kB_1 są połączone z wyjściami taktującego generatora modulacji (3), a wejścia pozostałych komutacyjnych bloków (2) są połączone z wyjściami przeniesienia bloków poprzedzających, poza tym wyjścia rewersyjnego licznika (6) są przyłączone do wejść cyfrowo-analogowego przetwornika (4) i indykacyjnego układu (5), a oprócz tego do wejścia zliczania C_0 pierwszej dekady rewersyjnego licznika (6) dołączone jest wyjście taktującego generatora przemiatania (7) oraz do wejść wpisywania rewersyjnego licznika (6) podłączone są wyjścia układu wpisywania (8).

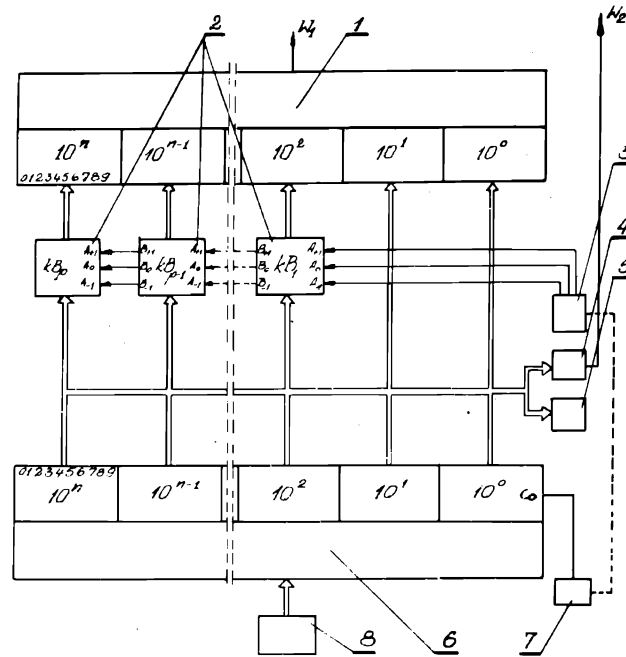


fig 1

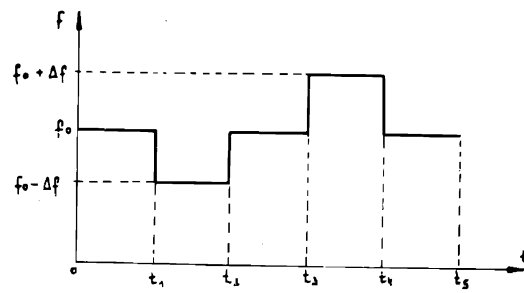


fig. 2a

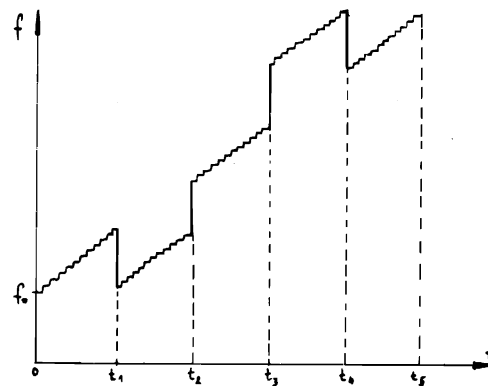


fig. 2b