



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(21) Numer zgłoszenia: **352734**

(51) Int.Cl.  
**H05B 6/06 (2006.01)**  
**H02M 1/08 (2007.01)**

(22) Data zgłoszenia: **11.03.2002**

(54) **Układ sterowania przemiennika częstotliwości do nagrzewania indukcyjnego**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:  
**22.09.2003 BUP 19/03**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:  
**31.07.2008 WUP 07/08**

(73) Uprawniony z patentu:

**Akademia Górniczo-Hutnicza  
im. St. Staszica, Kraków, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**Jerzy Pasternak, Kraków, PL**  
**Roman Kieroński, Kraków, PL**  
**Zbigniew Waradzyn, Kraków, PL**  
**Józef Skotniczny, Kraków, PL**  
**Janusz Grzegorski, Kraków, PL**

(74) Pełnomocnik:

**Biernat Janina, Akademia Górniczo-Hutnicza  
im. St. Staszica**

(57) Układ sterowania przemiennika częstotliwości do nagrzewania indukcyjnego zawierający blok pomiarowy połączony z przekładnikami prądowymi włączonymi w obwodach falownika napięcia, którego wyjścia połączone są z układem cyfrowym oraz sterownik, którego wyjścia są połączone z łącznikami falownika napięcia przemiennika częstotliwości, a także mikrokomputer, połączony z kolejnymi wejściami układu cyfrowego, przy czym blok pomiarowy zawiera detektor zera i układ dyskryminacji prądu, zaś układ cyfrowy zawiera elementy logiczne, **znamienny tym**, że zawiera blok zabezpieczenia termicznego (BZT) obwodów falownika napięcia przemiennika częstotliwości, który podłączony jest do układu cyfrowego (DC) oraz układ optoizolacji (UOp), który jest włączony pomiędzy układem cyfrowym (UC) a sterownikiem (ST) łączników falownika napięcia, a dodatkowe wyjście (WY4) układu cyfrowego (UC) jest połączone z wejściem mikrokomputera (MK), do którego podłączona jest konsola (P) i wyświetlacz (W), a układ cyfrowy (UC) zawiera układ różniczkujący (UR), którego wejście stanowi pierwsze wejście (WE1) układu (UC) i jest połączone równocześnie z detektorem zera znanego bloku pomiarowego prądu (BPP) oraz z wejściem znanej pierwszej bramki logicznej (AND1), której wyjście stanowi pierwsze wyjście (WY1) układu (UC), a drugie wejście tej bramki (AND1) jest połączone z drugim wejściem (WE2) układu cyfrowego (UC) połączonym z mikrokomputerem (MK), natomiast wyjście układu różniczkującego (UR) poprzez drugą bramkę logiczną (AND2) jest.....

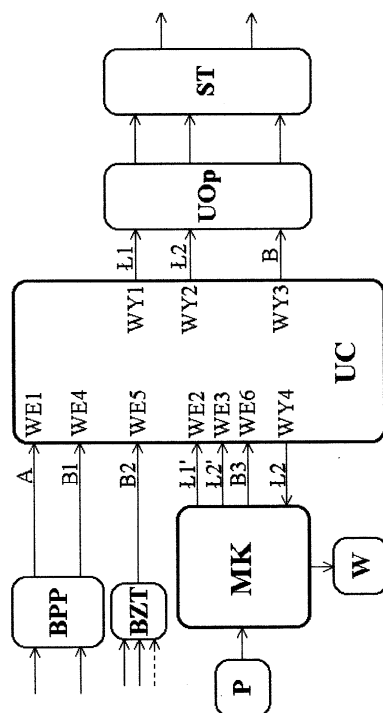


Fig. 1

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest układ sterowania przemiennika częstotliwości do nagrzewania indukcyjnego.

Znany z publikacji naukowo-technicznej (A. Kurbiel, Wł. Łoziak, Z. Waradzyn, R. Kieroński „Tranzystorowy przemiennik do nagrzewania indukcyjnego” - II Konferencja SENE'95 Sterowanie w Energoelektronice i Napędzie Elektrycznym, Łódź-Arturowek, str.396-401) przemiennik częstotliwości zawiera prostownik, zasilany z sieci prądu przemiennego oraz połączony z nim falownik napięcia, utworzony z szeregowo połączonych dwóch tranzystorów zbocznikowanych diodami, przy czym drugi tranzystor zbocznikowany jest gałęzią zawierającą kondensator połączony szeregowo z nagrzewnicą indukcyjną  $R_0L_0$ . Przemiennik częstotliwości wyposażony jest także w układ sterowania, który zawiera analogowy blok pomiarowy. Jedno wejście analogowego bloku pomiarowego połączone jest z przekładnikiem prądowym włączonym w obwodzie zasilania nagrzewnicy pomiędzy pierwszy tranzystor a gałąź zawierającą drugi tranzystor, zaś drugie wejście analogowego bloku pomiarowego połączone jest z drugim przekładnikiem prądowym włączonym w obwodzie rozładowania kondensatora w gałęzi zawierającej drugi tranzystor. Jedno wyjście analogowego bloku pomiarowego połączone jest poprzez blok cyfrowy ze sterownikiem, którego wyjścia są połączone z bramkami tranzystorów falownika napięcia. Drugie wyjście analogowego bloku pomiarowego połączone jest z mikrokomputerem jednokładowym, do którego podłączone są także kolejne wejścia bloku cyfrowego.

Analogowy blok pomiarowy zawiera detektor zera oraz dyskryminator, zaś blok cyfrowy zawiera dwa tory, z których jeden generuje sygnały sterujące dla sterownika tranzystorów falownika napięcia, a drugi generuje sygnał blokady dla tego sterownika. Pierwszy tor bloku cyfrowego zawiera układ opóźniający, którego wyjście połączone jest poprzez pierwszą bramkę logiczną NAND i inwerter z wejściem pierwszej bramki wyjściowej AND, a wejście układu opóźniającego połączone z detektorem zera analogowego bloku pomiarowego jest połączone poprzez drugi inwerter i drugą bramkę NAND z wejściem trzeciej bramki NAND, której wyjście jest połączone z jednym wejściem drugiej bramki wyjściowej AND. Ponadto drugie wejście drugiej bramki NAND jest połączone z drugim wejściem pierwszej bramki NAND i równocześnie z drugim wejściem bloku cyfrowego połączonym z mikrokomputerem, a drugie wejście trzeciej bramki NAND połączone jest z kolejnym wejściem bloku cyfrowego połączonym z mikrokomputerem, natomiast wyjście pierwszej bramki wyjściowej AND połączone ze sterownikiem jest połączone również poprzez trzeci inwerter z drugim wejściem drugiej bramki wyjściowej AND, której wyjście połączone ze sterownikiem jest połączone również poprzez czwarty inwerter z drugim wejściem pierwszej bramki wyjściowej AND.

Drugi tor bloku cyfrowego zawiera trójwejściową bramkę NAND, której zwarte wejścia połączone są z kolejnym wejściem bloku cyfrowego połączonym z dyskryminatorem wartości maksymalnej prądu analogowego bloku pomiarowego, zaś wyjście tej bramki jest połączone poprzez drugą trójwejściową bramkę NAND z wejściem blokującym sterownika i równocześnie z wejściem trzeciej trójwejściowej bramki NAND, której wyjście jest podłączone do drugiego wejścia drugiej trójwejściowej bramki NAND. Ponadto następne dwa wejścia bloku cyfrowego połączone z mikrokomputerem połączone są z wejściami bramki NAND, której wyjście jest połączone ze zwartymi ze sobą wejściami kolejnej bramki NAND podłączonej swoim wyjściem do trzeciego wejścia drugiej trójwejściowej bramki NAND, a kolejne wejście bloku cyfrowego połączone z mikrokomputerem połączone jest ze zwartymi ze sobą, pozostałymi wejściami trzeciej trójwejściowej bramki NAND.

Układ, według wynalazku, zawierający blok pomiarowy połączony z przekładnikami prądowymi włączonymi w obwodach falownika napięcia, którego wyjścia połączone są z układem cyfrowym oraz sterownik, którego wyjścia są połączone z łącznikami falownika napięcia przemiennika częstotliwości, a także mikrokomputer, połączony z kolejnymi wejściami układu cyfrowego, przy czym blok pomiarowy zawiera detektor zera i układ dyskryminacji prądu, zaś układ cyfrowy zawiera elementy logiczne charakteryzuje się tym, że zawiera blok zabezpieczenia termicznego obwodów falownika napięcia przemiennika częstotliwości, który podłączony jest do układu cyfrowego oraz układ optoizolacji, który jest włączony pomiędzy układem cyfrowym a sterownikiem łączników falownika napięcia, a dodatkowe wyjście układu cyfrowego jest połączone z wejściem mikrokomputera, do którego podłączona jest konsola i wyświetlacz. Układ cyfrowy zawiera układ różniczkujący, którego wejście stanowi pierwsze wejście układu i jest połączone równocześnie z detektorem zera znanego bloku pomiarowego prądu oraz z wejściem znanej pierwszej bramki logicznej AND, której wyjście stanowi pierwsze wyjście układu,

a drugie wejście tej bramki AND jest połączone z drugim wejściem układu cyfrowego połączonym z mikrokomputerem. Natomiast wyjście układu różniczkującego poprzez drugą bramkę logiczną AND jest połączone z kasującym wejściem przerzutnika, którego wejście ustawiające połączone jest poprzez kolejną bramkę logiczną NAND z drugim wejściem drugiej bramki AND i równocześnie z następnym wejściem układu cyfrowego, które jest połączone z kolejnym wyjściem mikrokomputera. Wyjście przerzutnika połączone jest z drugim wyjściem układu cyfrowego połączonym z układem optoizolacji i równocześnie z kolejnym wyjściem podłączonym do mikrokomputera. Ponadto układ cyfrowy zawiera trójwejściową bramkę logiczną OR, której wejścia stanowią kolejne wejścia układu cyfrowego, do których podłączone są odpowiednio układ dyskryminacji prądu znanego bloku pomiarowego, blok zabezpieczenia termicznego oraz następne wyjście mikrokomputera.

Układ sterowania przemiennika częstotliwości do nagrzewania indukcyjnego, według wynalazku, umożliwia regulację mocy pobieranej przez nagrzewnicę indukcyjną dzięki zmianie ilości oscylacji prądu w obwodzie rozładowania kondensatora falownika uzyskiwanej poprzez regulację wartości czasu załączenia łącznika tranzystorowego w tym obwodzie, a także poprzez regulację czasu zablokowania obu łączników falownika.

Przedmiot wynalazku uwidoczniony jest w przykładowym wykonaniu na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schemat ideowo blokowy układu, a fig. 2 - schemat ideowy układu cyfrowego, fig. 3a - przebieg czasowy prądu przez nagrzewnicę, a fig. 3b - przebiegi czasowe sygnałów sterowania przemiennika częstotliwości z gałęzią szeregowo połączonych: kondensatora falownika i nagrzewnicy.

Układ, według wynalazku, zawiera analogowy blok pomiarowy BPP wyposażony w detektor zera oraz blok dyskryminacji prądu nagrzewnicy i prądu zasilającego falownik napięcia. Jedno wejście analogowego bloku pomiarowego BPP połączone jest z przekładnikiem prądowym włączonym w obwodzie zasilania nagrzewnicy, a drugie wejście analogowego bloku pomiarowego BPP połączone jest z drugim przekładnikiem prądowym włączonym w obwodzie rozładowania kondensatora falownika, niewidocznych na rysunku. Natomiast wyjścia bloku pomiarowego BPP połączone są z odpowiednimi wejściami WE1, WE4 układu cyfrowego UC. Układ zawiera również blok zabezpieczenia termicznego obwodów falownika napięcia BZT, którego wyjście połączone jest z wejściem WE5 układu cyfrowego UC, a wejścia połączone są z czujnikami temperatury, nie uwidocznionymi na rysunku. Do kolejnych wejść WE2, WE3, WE6 układu cyfrowego UC podłączone są wyjścia mikrokomputera jednoukładowego MK. do którego podłączona jest konsola P i wyświetlacz W. Wyjścia WY1 - WY3 układu cyfrowego UC poprzez układ optoizolacji UOp połączone są ze sterownikiem ST, którego wyjścia połączone są odpowiednio z bramkami tranzystorowych łączników falownika napięcia, a dodatkowe wyjście WY4 układu cyfrowego UC podłączone jest do wejścia mikrokomputera MK.

Układ cyfrowy UC zawiera układ różniczkujący UR, którego wejście stanowi pierwsze wejście WE1 układu UC i jest połączone równocześnie z detektorem zera znanego bloku pomiarowego BPP oraz z wejściem znanej pierwszej bramki AND1, której wyjście stanowi pierwsze wyjście WY1 układu UC, zaś drugie wejście tej bramki AND1 jest połączone z drugim wejściem WE2 układu cyfrowego UC, które jest połączone z mikrokomputerem M K. Wyjście układu różniczkującego UR poprzez drugą bramkę AND2 jest połączone z kasującym wejściem R przerzutnika RS, którego drugie wejście ustawiające S połączone jest poprzez kolejną bramkę NAND z drugim wejściem drugiej bramki AND2 i równocześnie z następnym wejściem WE3 układu cyfrowego UC, które jest połączone z mikrokomputerem MK. Natomiast wyjście Q przerzutnika RS stanowi drugie wyjście WY2 układu cyfrowego UC. Wyjście WY2 układu cyfrowego UC jest podłączone do układu UOp i równocześnie jest zwarte z dodatkowym wyjściem WY4 tego układu UC. które jest połączone z wejściem mikrokomputera MK. Ponadto układ cyfrowy UC zawiera trójwejściową bramkę OR, której wejścia stanowią kolejne wejścia WE4 - WE6 układu cyfrowego UC, do których podłączone są odpowiednio blok dyskryminacji prądu znanego bloku pomiarowego BPP, blok zabezpieczenia termicznego BZT oraz kolejne wyjście mikrokomputera MK, a wyjście bramki OR stanowi kolejne wyjście WY3 układu cyfrowego UC i jest podłączone do układu UOp.

Działanie układu jest następujące. Po uruchomieniu układu sterowania za pomocą przycisku konsoli P następuje generowanie przez mikrokomputer MK sygnału Ł1', który w układzie cyfrowym UC zostaje skojarzony z sygnałem A z detektora zera bloku pomiarowego BPP, a uzyskany sygnał Ł1 na wyjściu WY1 układu UC powoduje załączenie łącznika tranzystorowego w obwodzie zasilania nagrzewnicy. Następuje wówczas ładowanie kondensatora falownika i przepływ prądu przez szeregowo

dołączoną nagrzewnicę przez określony stały okres czasu  $t_s$ . Przebieg płynącego prądu ma kształt pulsu i w momencie, gdy wartość prądu zmaleje do zera następuje jego wyłączenie. Po upływie czasu  $t_s$  na wejście S przerzutnika RS układu UC podawany jest z mikrokomputera MK sygnał Ł2' powodujący załączenie łącznika tranzystorowego w obwodzie rozładowania kondensatora falownika na określony regulowany okres czasu  $t_{r1}$ . Kondensator falownika rozładowuje wówczas swoją energię poprzez nagrzewnicę prądem o charakterze drgań oscylacyjnych tłumionych o częstotliwości zależnej od parametrów tego obwodu. Po upływie określonego czasu  $t_{r1}$ , wyłączenie łącznika obwodu rozładowania kondensatora falownika następuje w momencie, gdy prąd rozładowania osiągnie wartość zero, wykrywaną za pomocą detektora zera bloku pomiarowego BPP, czyli po upływie rzeczywistego czasu  $t_{r12}$  (fig. 3b), a następnie łączniki falownika pozostają zablokowane przez określony regulowany okres czasu  $t_{r2}$ . Następnie cykl pracy powtarza się.

Poprzez zmianę wartości czasu  $t_{r1}$  uzyskuje się zmianę ilości oscylacji prądu rozładowania kondensatora falownika płynącego przez nagrzewnicę, a poprzez zmianę wartości czasu  $t_{r2}$  uzyskuje się zmianę wartości czasu trwania stanu bezprądowego nagrzewnicy.

Wystąpienie stanu awaryjnego przemiennika częstotliwości, spowodowanego przekroczeniem wartości prądu dopuszczalnego w obwodzie siłowym, a wykrywanym za pomocą bloku pomiarowego BPP lub przekroczeniem temperatury dopuszczalnej jego elementów wykrywanym za pomocą bloku zabezpieczenia termicznego BZT, powoduje generowanie w układzie cyfrowym UC sygnału B blokującego obydwie łączniki falownika.

### Zastrzeżenie patentowe

Układ sterowania przemiennika częstotliwości do nagrzewania indukcyjnego zawierający blok pomiarowy połączony z przekładnikami prądowymi włączonymi w obwodach falownika napięcia, którego wyjścia połączone są z układem cyfrowym oraz sterownik, którego wyjścia są połączone z łącznikami falownika napięcia przemiennika częstotliwości, a także mikrokomputer, połączony z kolejnymi wejściami układu cyfrowego, przy czym blok pomiarowy zawiera detektor zera i układ dyskryminacji prądu, zaś układ cyfrowy zawiera elementy logiczne, **znamienny tym**, że zawiera blok zabezpieczenia termicznego (BZT) obwodów falownika napięcia przemiennika częstotliwości, który podłączony jest do układu cyfrowego (DC) oraz układ optoizolacji (UOp), który jest włączony pomiędzy układem cyfrowym (UC) a sterownikiem (ST) łączników falownika napięcia, a dodatkowe wyjście (WY4) układu cyfrowego (UC) jest połączone z wejściem mikrokomputera (MK), do którego podłączona jest konsola (P) i wyświetlacz (W), a układ cyfrowy (UC) zawiera układ różniczkujący (UR), którego wejście stanowi pierwsze wejście (WE1) układu (UC) i jest połączone równocześnie z detektorem zera znanego bloku pomiarowego prądu (BPP) oraz z wejściem znanej pierwszej bramki logicznej (AND1), której wyjście stanowi pierwsze wyjście (WY1) układu (UC), a drugie wejście tej bramki (AND1) jest połączone z drugim wejściem (WE2) układu cyfrowego (UC) połączonym z mikrokomputerem (MK), natomiast wyjście układu różniczkującego (UR) poprzez drugą bramkę logiczną (AND2) jest połączone z kasującym wejściem (R) przerzutnika (RS), którego wejście ustawiające (S) połączone jest poprzez kolejną bramkę logiczną (NAND) z drugim wejściem drugiej bramki (AND2) i równocześnie z następnym wejściem (WE3) układu cyfrowego (UC), które jest połączone z następnym wyjściem mikrokomputera (MK), a wyjście (Q) przerzutnika (RS) połączone jest z drugim wyjściem (WY2) układu cyfrowego (UC) połączonym z układem optoizolacji (UOp) i równocześnie z kolejnym wyjściem (WY4) podłączonym do mikrokomputera (MK), ponadto układ cyfrowy (UC) zawiera trójwejściową bramkę logiczną (OR), której wejścia stanowią kolejne wejścia (WE4 - WE6) układu cyfrowego (UC), do których podłączone są odpowiednio układ dyskryminacji prądu znanego bloku pomiarowego (BPP), blok zabezpieczenia termicznego (BZT) oraz kolejne wyjście mikrokomputera (MK).

Rysunki

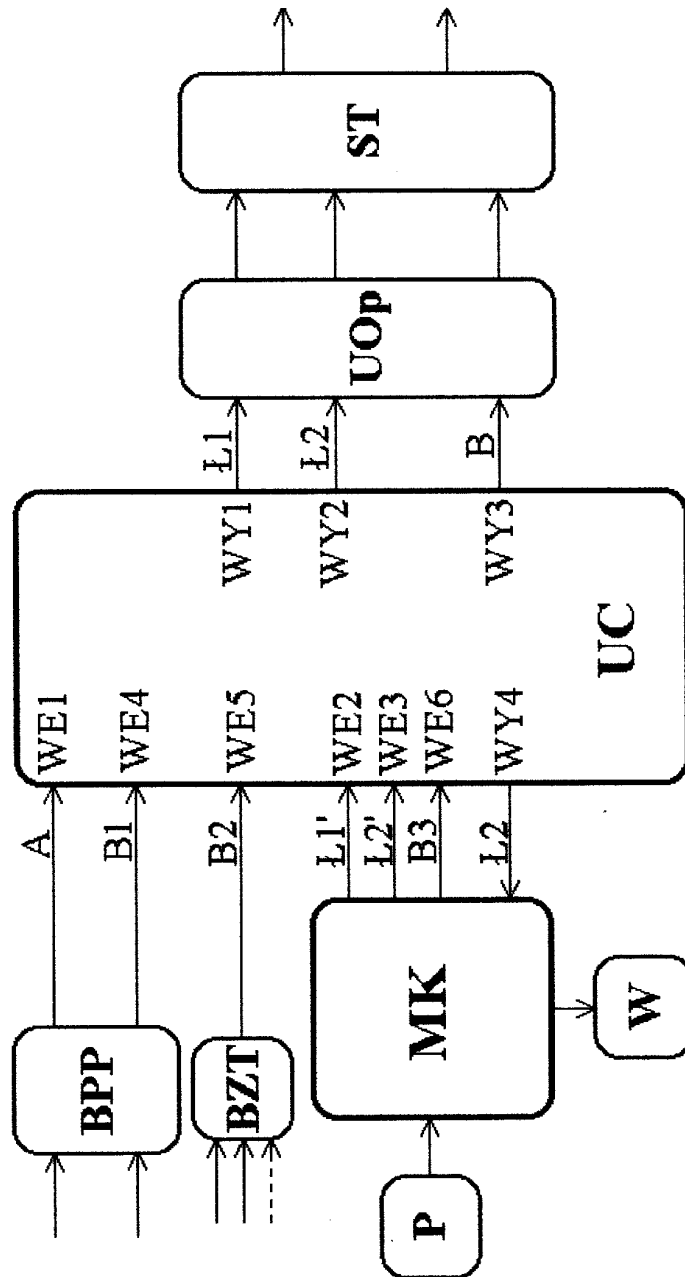


Fig. 1



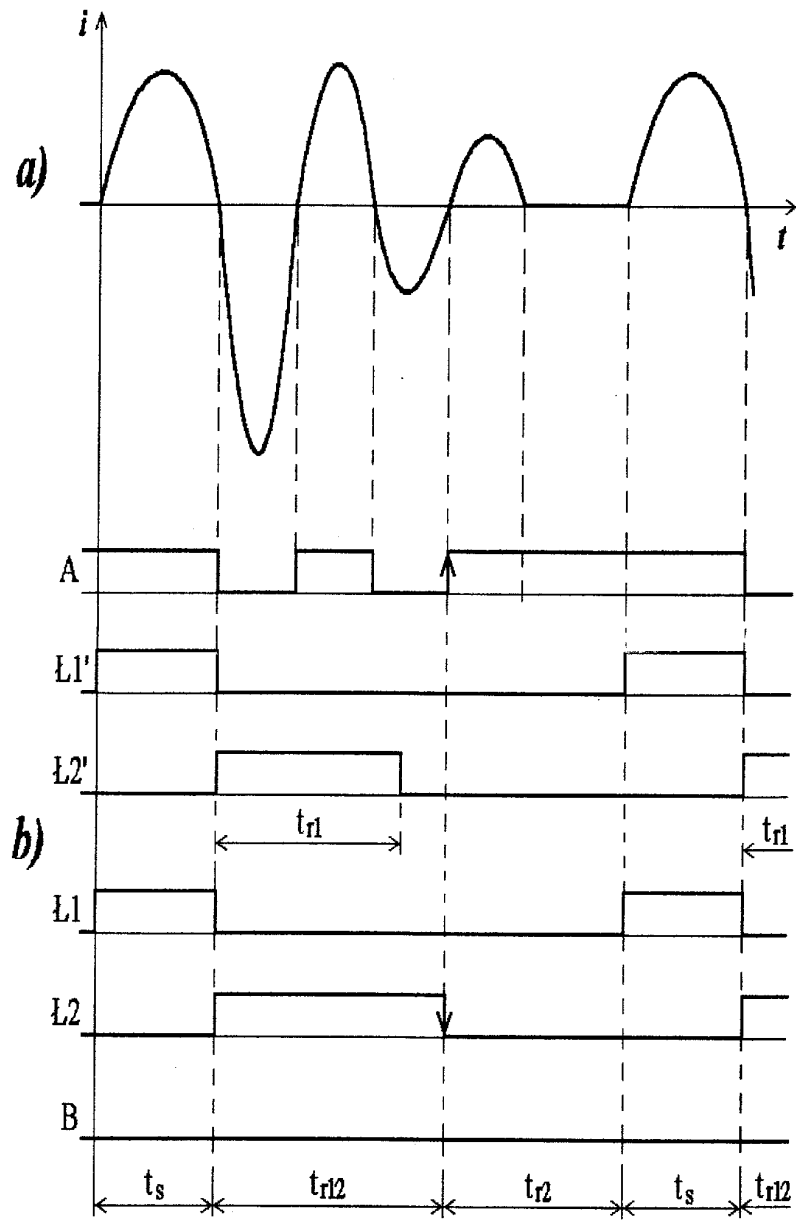


Fig. 3

