

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **217110**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **391647**

(51) Int.Cl.
H02J 3/38 (2006.01)
F03B 15/06 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **28.06.2010**

(54) **Układ małej elektrowni wodnej z maszyną asynchroniczną klatkową,
pracujący na sieć wydzieloną**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
02.01.2012 BUP 01/12

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
30.06.2014 WUP 06/14

(73) Uprawniony z patentu:
POLITECHNIKA ŚLĄSKA, Gliwice, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:
MARIAN KALUS, Kalety, PL
ANDRZEJ KANDYBA, Gliwice, PL
JAN RDUCH, Ruda Śląska, PL

(74) Pełnomocnik:
rzec. pat. Urszula Ziółkowska

PL 217110 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest układ małej elektrowni wodnej z maszyną asynchroniczną klatkową, pracujący na sieć wydzieloną.

Znany jest układ małej elektrowni wodnej, pracujący na sieć wydzieloną, wyposażony w układy regulacji, zrealizowane na drodze sprzętowej, prędkości obrotowej wału niskospadowej turbiny wodnej oraz napięcia w obwodzie stojana, niskoobrotowej maszyny asynchronicznej klatkowej.

Zadaniem obwodu regulacji prędkości obrotowej wału niskospadowej turbiny wodnej, jest utrzymanie stałej wartości prędkości obrotowej wału niskoobrotowej maszyny asynchronicznej klatkowej, niezależnie od zmian wartości mocy obciążenia w obwodzie stojana tej maszyny (w obwodzie sieci wydzielonej). Natomiast zadaniem obwodu regulacji napięcia w obwodzie stojana niskoobrotowej maszyny asynchronicznej klatkowej, jest utrzymanie quasi stałej wartości napięcia przemiennego wartości skutecznej w obwodzie sieci wydzielonej, niezależnie od wartości prądu obciążenia w gałęzi tej sieci.

Strukturę obwodu regulacji prędkości obrotowej wału niskospadowej turbiny wodnej tworzą następujące podzespoły: tachogenerator, sprzężony mechanicznie z wałem niskospadowej turbiny wodnej, potencjometryczny zadajnik prędkości obrotowej turbiny wodnej, analogowy regulator prędkości obrotowej oraz serwomechanizm przysłony obrotowej, niskospadowej turbiny wodnej. Analogowy regulator prędkości obrotowej w zależności od wartości sygnału napięciowego, uzyskanego na wyjściu tachogeneratorskiego, proporcjonalnego do rzeczywistej prędkości obrotowej wału, niskospadowej turbiny wodnej, w stosunku do wartości sygnału zadanej prędkości obrotowej, uzyskanego na wyjściu zadajnika potencjometrycznego - za pośrednictwem serwomechanizmu przysłony obrotowej, niskospadowej turbiny wodnej, zwiększa lub zmniejsza przepływ wody do przestrzeni roboczej turbiny wodnej, a tym samym zwiększa lub zmniejsza moment mechaniczny na wale turbiny wodnej, stabilizując prędkość obrotową tej turbiny, niezależnie od mocy obciążenia w obwodzie stojana, niskoobrotowej maszyny asynchronicznej klatkowej.

Podstawowym warunkiem wykorzystania maszyny asynchronicznej klatkowej w roli generatora w obwodzie sieci wydzielonej, jest jej wzbudzenie. Źródłem zmiennego pola magnetycznego jest bateria kondensatorów, włączonych równolegle do trzech faz stojana tej maszyny, będącej w ruchu.

W znanym układzie małej elektrowni wodnej, pracującym na sieć wydzieloną, regulację napięcia w obwodzie stojana, niskoobrotowej maszyny asynchronicznej klatkowej realizuje się, poprzez skokową zmianę wartości pojemności, baterii kondensatorów, współpracujących równolegle z obwodem stojana tej maszyny, przy zapewnieniu stałej wartości prędkości obrotowej, wału napędowego niskospadowej turbiny wodnej. Sterowanie napięcia w obwodzie stojana, niskoobrotowej maszyny asynchronicznej klatkowej, odbywa się w regulatorze dwustanowym napięcia, zrealizowanym sprzętowo, który w zależności od potrzeb, włącza lub wyłącza poszczególne sekcje baterii kondensatorów, współpracujących z obwodem stojana tej maszyny.

Znany układ małej elektrowni wodnej, pracujący na sieć wydzieloną posiada niski poziom stabilizacji napięcia, na skutek skokowej zmiany pojemności baterii kondensatorów w obwodzie stojana, niskoobrotowej maszyny asynchronicznej klatkowej oraz możliwość wystąpienia przepięć, w chwili zmiany pojemności baterii kondensatorów, na skutek możliwości istnienia w obwodzie sieci wydzielonej indukcyjności. Również ze względu na dużą ilość sekcji kondensatorów regulacyjnych, znany układ małej elektrowni wodnej, pracujący na sieć wydzieloną, nie należy do rozwiązań tanich.

Celem wynalazku jest wyeliminowanie tych wad, poprzez zastosowanie liniowego regulatora napięcia, w obwodzie stojana niskoobrotowej maszyny asynchronicznej klatkowej, zrealizowanego na drodze software'owej, w układzie mikroprocesorowym sterowania, przy czym regulacja napięcia w sensie fizycznym, będzie się odbywała, poprzez zmianę wartości przepływu wody w przestrzeni roboczej, niskospadowej turbiny wodnej.

W układzie według wynalazku, wyjście sygnału standardowego przetwornika napięcia przemiennego wartości skutecznej, połączono z wejściem analogowym przetwornika analogowo-cyfrowego, zaś wyjście cyfrowe tego przetwornika analogowo-cyfrowego, połączono z szyną danych *D* mikroprocesora, z kolei wyjście stanu przetwornika analogowo-cyfrowego, połączone jest z wejściem sygnałowym *WAIT* mikroprocesora. Poza tym wyjście analogowe przetwornika cyfrowo-analogowego połączone jest z układem serwomechanizmu, przysłony obrotowej, niskospadowej turbiny wodnej, poprzez falownik wektorowy, zaś wejście cyfrowe przetwornika cyfrowo-analogowego, połączone jest z szyną danych *D*, mikroprocesora. Ponadto wyjście sygnałowe zadajnika prądu wartości maksymal-

nej, połączono z wejściami sygnałowymi zadawania trzech komparatorów prądu, wartości maksymalnej, zaś ich wejścia pomiarowe, odpowiednio z wyjściami sygnałów standardowych, trzech przetworników prądu przemiennego wartości skutecznej, w gałęziach faz U , V , W , w obwodzie stojana niskoobrotowej maszyny asynchronicznej klatkowej. Natomiast wyjścia sygnałowe trzech komparatorów prądu wartości maksymalnej, połączono z wejściami sygnałowymi, trójwejściowej bramki logicznej typu NOR, zaś jej wyjście sygnałowe połączono z wejściem przerwania maskowalnego $\overline{INT2}$, mikroprocesora. Poza tym wyjście sygnałowe zadajnika prędkości obrotowej wartości maksymalnej, niskospadowej turbiny wodnej, połączono z wejściem sygnałowym zadawania, komparatora prędkości obrotowej wartości maksymalnej, niskospadowej turbiny wodnej, zaś wyjście sygnałowe przetwornika obrotowo-impulsowego, połączone jest z wejściem pomiarowym komparatora prędkości obrotowej wartości maksymalnej, poprzez czujnik prędkości obrotowej, natomiast wyjście sygnałowe komparatora prędkości obrotowej wartości maksymalnej, połączone jest z wejściem przerwania maskowalnego $\overline{INT3}$, mikroprocesora. Z kolei wyjście sygnałowe pierwszego dwustanowego interfejsu wyjściowego, połączone jest z obwodem sterującym stycznika głównego, w obwodzie stojana niskoobrotowej maszyny asynchronicznej klatkowej, poprzez pierwszy przekaźnik pomocniczy prądu stałego, natomiast wejście cyfrowe pierwszego dwustanowego interfejsu wyjściowego, połączono z szyną danych D , mikroprocesora. Poza tym wyjście sygnałowe drugiego dwustanowego interfejsu wyjściowego, połączone jest z obwodem sterującym stycznika, hamulca elektromagnetycznego, umieszczonego na wale napędowym niskospadowej turbiny wodnej, poprzez drugi przekaźnik pomocniczy prądu stałego, natomiast wejście cyfrowe drugiego dwustanowego interfejsu wyjściowego, połączono również z szyną danych D , mikroprocesora. Ponadto wyjście stanu klawiatury funkcjonalno-numerycznej, połączone jest z wejściem przerwania maskowalnego $\overline{INT1}$, mikroprocesora, natomiast port cyfrowo-wyjściowy klawiatury funkcjonalno-numerycznej, połączono z szyną danych D , mikroprocesora. Z kolei wejście wysokonapięciowe przetwornika napięcia przemiennego wartości skutecznej, połączono z fazami U i V obwodu stojana niskoobrotowej maszyny asynchronicznej klatkowej, natomiast trzy fazy U , V , W obwodu stojana tej maszyny połączono z zaciskami silnopiędowymi wejściowymi stycznika głównego oraz z trzema zaciskami wejściowymi w trójfazowym kondensatorze komutacyjnym, połączonego w gwiazdę. Wreszcie zaciski wyjściowe silnopiędowe stycznika głównego, połączono z siecią trójfazową wydzieloną, poprzez obwody silnopiędowe, kolejno trzech przetworników prądu przemiennego wartości skutecznej.

Zaletą układu według wynalazku jest możliwość regulacji napięcia przemiennego wartości skutecznej w obwodzie stojana niskoobrotowej maszyny asynchronicznej klatkowej, którą cechuje wysoka dokładność, zarówno w sensie statycznym jak i dynamicznym.

Układ sterowania software'owo-hardware'owy zabezpiecza małą elektrownię wodną, przed niekontrolowanym wzrostem prędkości obrotowej wału niskospadowej turbiny wodnej ponad dopuszczalną wartość oraz przed niekontrolowanym wzrostem prądu w obwodzie stojana niskoobrotowej maszyny asynchronicznej klatkowej, również ponad dopuszczalną wartość.

Przedmiot wynalazku jest pokazany w przykładzie wykonania na rysunku, przedstawiającym schemat układu małej elektrowni wodnej z maszyną asynchroniczną klatkową, pracującą na sieć wydzieloną, napędzaną przez niskospadową turbinę wodną.

W układzie według wynalazku, zasadniczym elementem jest mikroprocesor 1 wraz z zespołem pamięci RAM 3 i ROM 4. Komunikowanie mikroprocesora 1 z pamięciami RAM 3 i ROM 4, odbywa się za pośrednictwem szyny adresowej A , a przekazywanie informacji danych, odbywa się za pośrednictwem szyny danych D . Dostęp do wybranego rodzaju pamięci jest możliwy dzięki sygnałom sterującym, wygenerowanym w układzie dekodera pamięci 2. Dekoder pamięci 2 jest połączony z wyjściem sterującym \overline{MREQ} mikroprocesora 1. Z kolei dostęp do wybranego urządzenia wejściowo-wyjściowego jest możliwy dzięki sygnałom sterującym, wygenerowanym w układzie dekodera układów wejściowo-wyjściowych 5 oraz sygnałom sterującym zapisu \overline{WR} i odczytu \overline{RD} , wygenerowanym w mikroprocesorze 1. Dekoder układów wejściowo-wyjściowych 5 jest połączony z wyjściem sterującym \overline{TORQ} mikroprocesora 1.

W skład urządzeń wejściowo-wyjściowych układu według wynalazku, wchodzi następujące podzespoły wykonawcze: przetwornik analogowo-cyfrowy 6, współpracujący z przetwornikiem napięcia przemiennego wartości skutecznej 24, klawiatura funkcyjno-numeryczna 7, przetwornik cyfrowo-analogowy 8, współpracujący z serwo-mechanizmem 16, przysłony obrotowej, niskospadowej turbiny wodnej 17, poprzez falownik wektorowy 15, pierwszy dwustanowy interfejs wyjściowy 9, współpracujący z obwodem sterowania stycznika głównego 29, w obwodzie stojana niskoobrotowej maszyny

asynchronicznej klatkowej 22, poprzez pierwszy przekaźnik pomocniczy prądu stałego 30, drugi dwustanowy interfejs wyjściowy 10, współpracujący z obwodem sterowania stycznika 20, hamulca elektromagnetycznego 18, przez drugi przekaźnik pomocniczy prądu stałego 21. W celu wstrzymania pracy programowej mikroprocesora 1, w okresie czasu konwersji przetwornika analogowo-cyfrowego 6, wyjście statusu tego przetwornika, połączono z wejściem \overline{WAIT} , mikroprocesora 1.

Działanie układu według wynalazku jest następujące, program główny mikroprocesora 1, oczekuje na uaktywnienie przycisku *start*, w klawiaturze funkcyjno-numerycznej 7, a gdy to nastąpi, przystępuje do realizacji programowej rozruchu, układu małej elektrowni wodnej, pracującej na sieć wydzieloną, która odbywa się według następującej procedury: na początku zostaje uaktywniony pierwszy dwustanowy interfejs wyjściowy 9, powodujący włączenie (przy użyciu stycznika głównego 29) trójfazowego obwodu stojana, niskoobrotowej maszyny asynchronicznej klatkowej 22 do sieci wydzielonej 35. W następnej kolejności (na drodze programowej) zostaje uaktywniony drugi dwustanowy interfejs wyjściowy 10, powodujący odblokowanie hamulca elektromagnetycznego 18, umieszczonego na wale napędowym, niskospadowej turbiny wodnej 17. Po przeprowadzeniu tej operacji mikroprocesor 1, przystępuje do realizacji programowej procesu regulacji napięcia przemiennego wartości skutecznej, w obwodzie stojana niskoobrotowej maszyny asynchronicznej klatkowej 22. Przetwornik napięcia przemiennego wartości skutecznej 24, przetwarza napięcie przemiennie wartości skutecznej w obwodzie stojana niskoobrotowej maszyny asynchronicznej klatkowej 22, na wielkość standardową napięcia, która zostaje przetworzona na wielkość cyfrową binarną w przetworniku analogowo-cyfrowym 6. Następnie mikroprocesor 1 dokonuje porównania wielkości cyfrowej binarnej, uzyskanej na wyjściu cyfrowym przetwornika analogowo-cyfrowego 6, z wielkością cyfrową binarną zadaną napięcia, wprowadzoną przez personel obsługujący przedmiotowy układ małej elektrowni wodnej, z poziomu klawiatury funkcjonalno-numerycznej 7. Wprowadzenie wielkości zadanej napięcia przemiennego wartości skutecznej, z poziomu klawiatury funkcjonalno-numerycznej 7, odbywa się przy użyciu następujących przycisków: U_{NZ} - naciśnięcie tego przycisku pozwala na wprowadzenie nowej wartości zadanej napięcia przemiennego wartości zadanej, używając do tego celu przycisków numerycznych 0 ... 9. Przyciskiem *enter* dajemy mikroprocesorowi 1, przyzwolenie na akceptację nowej wartości zadanej napięcia przemiennego wartości skutecznej w obwodzie stojana niskoobrotowej maszyny asynchronicznej klatkowej 22. Wielkość porównania jako błąd ε , zostaje wykorzystana w procesie realizacji programowej, algorytmu regulacji napięcia, w wyniku której, uzyskuje się wielkość sterującą binarną, którą mikroprocesor 1 wprowadza do rejestru cyfrowego, przetwornika cyfrowo-analogowego 8, co w rezultacie powoduje otwieranie się przysłony obrotowej, w układzie niskospadowej turbiny wodnej 17. Od tej chwili zaczyna się zwiększać przepływ wody Q , w przestrzeni roboczej niskospadowej turbiny wodnej 17.

Niskoobrotowa maszyna asynchroniczna klatkowa 22, nabiera prędkości obrotowej, doprowadzając tym samym do wzrostu napięcia przemiennego wartości skutecznej, w obwodzie stojana tej maszyny. Proces ten potrwa dopóty, dopóki rzeczywista wartość skuteczna, napięcia przemiennego w obwodzie stojana, nie osiągnie wartości zadanej.

Układ małej elektrowni wodnej według wynalazku, jest zabezpieczony przed wzrostem prądu ponad dopuszczalną wartość, w każdej z faz obwodu stojana, niskoobrotowej maszyny asynchronicznej klatkowej 22. Rolę elementów kontroli prądu w poszczególnych fazach obwodu stojana, pełnią trzy komparatory prądu wartości maksymalnej 26, 27, 28, które od strony pomiarowej, współpracują kolejno z trzema przetwornikami prądu 33, 32, 31, natomiast od strony sygnału zadawania wartości maksymalnej prądu, z układem zadawania 34, z kolei od strony wyjściowej współpracują z wejściami, trójwejściowej bramki logicznej typu NOR - 25, której wyjście sygnałowe współpracuje z wejściem przewzrostu maskowalnego $\overline{INT2}$, w układzie mikroprocesora 1.

Układ małej elektrowni wodnej według wynalazku, jest również zabezpieczony przed wzrostem prędkości obrotowej, niskospadowej turbiny wodnej 17 ponad dopuszczalną wartość. Rolę elementu kontroli prędkości obrotowej, niskospadowej turbiny wodnej 17 pełni komparator prędkości obrotowej maksymalnej 12, który od strony pomiarowej współpracuje z przetwornikiem obrotowo-impulsowym 14, poprzez czujnik pomiaru prędkości obrotowej 13, natomiast od strony sygnału zadawania wartości maksymalnej prędkości obrotowej z układem zadawania 11, z kolei od strony wyjściowej, komparator prędkości obrotowej maksymalnej, współpracuje z wejściem przerwania maskowalnego $\overline{INT3}$ w układzie mikroprocesora 1.

W przypadku przekroczenia prądu w jakiegokolwiek fazie obwodu stojana niskoobrotowej maszyny asynchronicznej klatkowej 22, ponad dopuszczalną wartość, na wyjściu trójwejściowej bramki typu NOR - 25 pojawia się 0-logiczne. Wówczas mikroprocesor 1 przechodzi do realizacji programowej,

przerwania maskowalnego $\overline{INT2}$. W trakcie realizacji programowej tego przerwania, mikroprocesor 1 ustawia pierwszy dwustanowy interfejs wyjściowy 9 w stan bierny (napięcie na wyjściu tego interfejsu będzie wówczas równe wartości zerowej) - co w rezultacie spowoduje wyłączenie stycznika głównego 29, a tym samym obwód stojana maszyny asynchronicznej klatkowej 22 zostaje odłączony od obwodu sieci wydzielonej 35. Po upływie kilkudziesięciu sekund, mikroprocesor 1 ustawia w stan aktywny pierwszy dwustanowy interfejs wyjściowy 9, włączając tym samym stycznik główny 29. Jeśli stan zwarcia nadal występuje w obwodzie sieci wydzielonej 35, mikroprocesor 1 po raz wtóry dokonuje wyłączenia stycznika głównego 29. Proces ten powtarza się trzy razy i jeśli za trzecim razem stan zwarcia w obwodzie stojana maszyny asynchronicznej klatkowej 22 trwa nadal, mikroprocesor 1 wyłącza stycznik główny 29 i po tej operacji przystępuje do zatrzymania układu małej elektrowni wodnej. Do rejestru przetwornika cyfrowo-analogowego 8, zostaje wpisana zerowa wartość binarna, co spowoduje, iż serwomechanizm 16 zamyka przysłonę obrotową niskospadowej turbiny wodnej 17, w następstwie czego, wirnik tej turbiny wytraca swoją prędkość obrotową. Następnie mikroprocesor 1 ustawia w stan bierny drugi dwustanowy interfejs wyjściowy 10, powodując wyłączenie hamulca elektromagnetycznego 18.

W przypadku przekroczenia prędkości obrotowej wału niskospadowej turbiny wodnej 17, ponad dopuszczalną wartość, na wyjściu komparatora prędkości obrotowej maksymalnej 12 pojawia się 0-logiczne. Mikroprocesor 1 przechodzi do realizacji programowej przerwania maskowalnego $\overline{INT3}$. W trakcie realizacji programowej tego przerwania, mikroprocesor 1 do rejestru przetwornika cyfrowo-analogowego 8, wpisuje zerową wartość binarną, co spowoduje, iż serwomechanizm 16 zamyka przysłonę obrotową, niskospadowej turbiny wodnej 17, w następstwie czego wirnik tej turbiny wytraca swoją prędkość obrotową. Następnie mikroprocesor 1 ustawia w stan bierny, drugi dwustanowy interfejs wyjściowy 10, powodując włączenie hamulca elektromagnetycznego 18, a w ostatniej fazie obsługi programowej przerwania maskowalnego $\overline{INT3}$, mikroprocesor 1 wyłącza stycznik główny 29, odcinając tym samym obwód stojana niskoobrotowej maszyny asynchronicznej klatkowej 22 od obwodu sieci wydzielonej 35.

Wyłączenie układu małej elektrowni wodnej, pracującej na sieć wydzieloną w sposób zamierzony, przy udziale personelu obsługującego, następuje przy użyciu klawiatury funkcjonalno-numerycznej 7. Wprowadzenie w stan aktywny klawisza, spowoduje pojawienie się 0-logicznego na wejściu przerwania maskowalnego $\overline{INT1}$, mikroprocesora 1, który przystępuje do realizacji programowej tego przerwania. W trakcie realizacji programowej tego przerwania, mikroprocesor 1 do rejestru przetwornika cyfrowo-analogowego 8, wpisuje zerową wartość binarną, co spowoduje, iż serwomechanizm 16, zamyka przysłonę obrotową, niskospadowej turbiny wodnej 17, w następstwie czego, wirnik tej turbiny, wytraca swoją prędkość obrotową. W następnej kolejności mikroprocesor 1, ustawia w stan bierny pierwszy dwustanowy interfejs wyjściowy 9 oraz drugi dwustanowy interfejs wyjściowy 10, co powoduje kolejno: wyłączenie stycznika głównego 29 oraz włączenie hamulca elektromagnetycznego 18.

Niskospadową turbinę wodną 17, należy zaklasyfikować do maszyn mechanicznych, charakteryzujących się bardzo niską prędkością obrotową nominalną. Aby dostosować jej prędkość obrotową do prędkości obrotowej maszyny asynchronicznej klatkowej 22, w układzie mechanicznym małej elektrowni wodnej, pracującej na sieć wydzieloną, zastosowano przekładnię mechaniczną podwyższającą (tzw. multiplikator 19).

Podstawowym warunkiem wykorzystania niskoobrotowej maszyny asynchronicznej klatkowej 22, w roli generatora w sieci wydzielonej 35, jest jej wzbudzenie. Źródłem zmiennego pola magnetycznego jest bateria kondensatorów 23, włączonych równolegle do trzech faz U , V , W , obwodu stojana niskoobrotowej maszyny asynchronicznej klatkowej 22, będącej w ruchu.

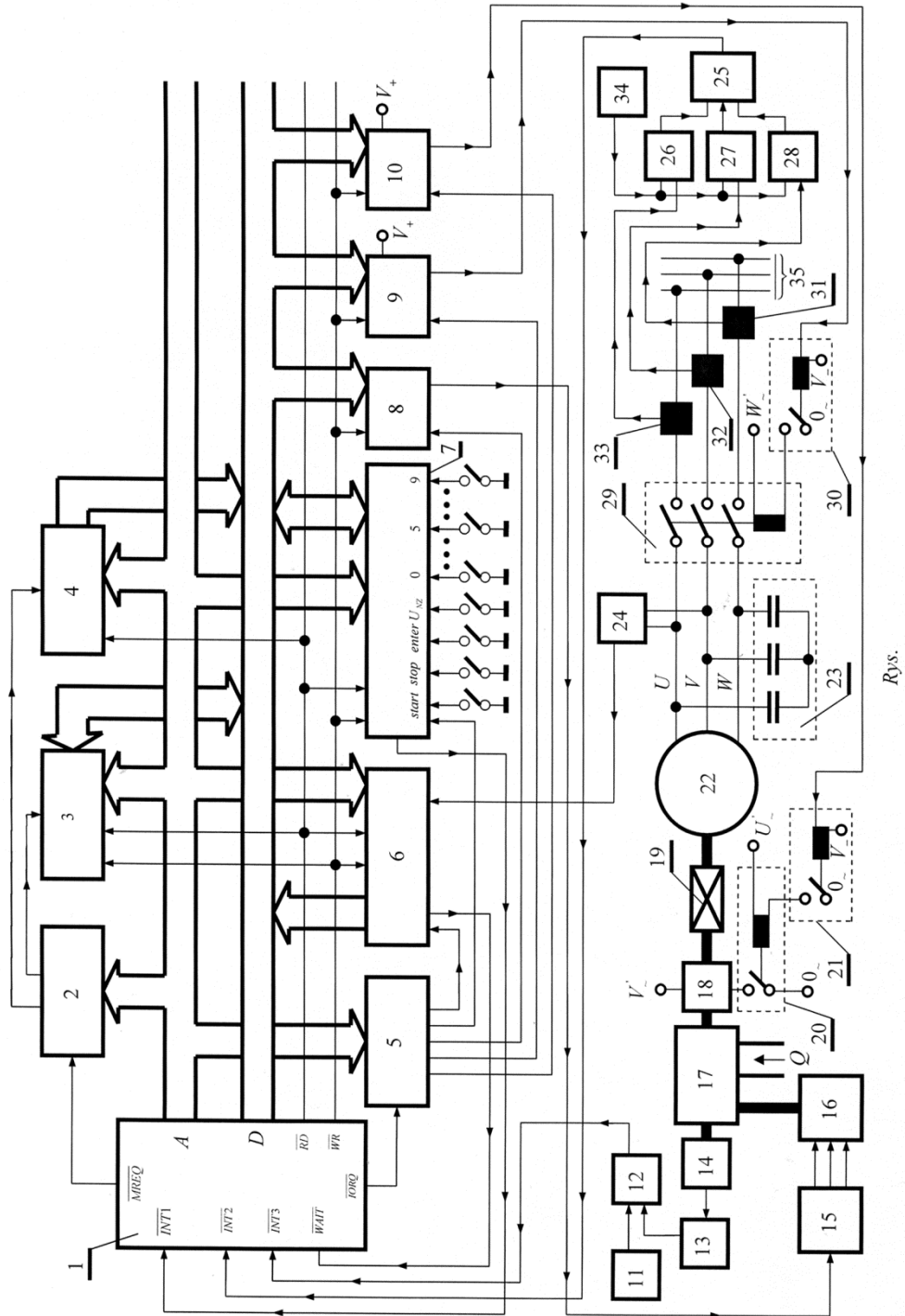
Obwody zasilające: pierwszego dwustanowego interfejsu wyjściowego 9, współpracującego z pierwszym przekaźnikiem pomocniczym prądu stałego 30 oraz drugiego dwustanowego interfejsu wyjściowego 10, współpracującego z drugim przekaźnikiem pomocniczym prądu stałego 21, podłączono do źródła zasilania napięcia stałego $V_+ - V_-$.

Obwód cewki elektromagnesu, hamulca elektromagnetycznego 18, został podłączony do źródła napięcia przemiennego $0-V'$, z kolei obwód cewki stycznika 20, współpracującego z obwodem cewki hamulca elektromagnetycznego 18, podłączono do źródła napięcia przemiennego $0-U'$, natomiast obwód cewki stycznika głównego 29, podłączono do źródła napięcia przemiennego $0-W'$.

Zastrzeżenie patentowe

Układ małej elektrowni wodnej z maszyną asynchroniczną klatkową, pracujący na sieć wydzieloną, wyposażony w mikroprocesor, niskospadową turbinę wodną, przetwornik napięcia przemiennego wartości skutecznej, przetwornik analogowo-cyfrowy, przetwornik cyfrowo-analogowy, falownik wektorowy, serwomechanizm przysłony obrotowej niskospadowej turbiny wodnej, przetwornik obrotowo-impulsowy, komparator maksymalnej prędkości obrotowej niskospadowej turbiny wodnej, trzy czujniki prądu przemiennego wartości skutecznej oraz trzy komparatory prądu wartości maksymalnej, **znamienny tym**, że wyjście sygnału standardowego przetwornika napięcia przemiennego wartości skutecznej (24), połączono z wejściem analogowym przetwornika analogowo-cyfrowego (6), zaś wyjście cyfrowe tego przetwornika analogowo-cyfrowego (6), połączono z szyną danych *D* mikroprocesora (1), z kolei wyjście stanu przetwornika analogowo-cyfrowego (6), połączone jest z wejściem sygnałowym \overline{WAIT} mikroprocesora (1), natomiast wyjście analogowe przetwornika cyfrowo-analogowego (8), połączone jest z układem serwomechanizmu (16), przysłony obrotowej niskospadowej turbiny wodnej (17), poprzez falownik wektorowy (15), zaś wejście cyfrowe przetwornika cyfrowo-analogowego (8), połączone jest z szyną danych *D*, mikroprocesora (1), ponadto wyjście sygnałowe zadajnika prądu wartości maksymalnej (34), połączono z wejściami sygnałowymi zadawania trzech komparatorów prądu, wartości maksymalnej (26), (27), (28), zaś ich wejścia pomiarowe, odpowiednio z wyjściami sygnałów standardowych, trzech przetworników prądu przemiennego wartości skutecznej (33), (32), (31), w gałęziach faz *U*, *V*, *W*, w obwodzie stojana niskoobrotowej maszyny asynchronicznej klatkowej (22), natomiast wyjścia sygnałowe trzech komparatorów prądu wartości maksymalnej (26), (27) i (28), połączono z wejściami sygnałowymi, trójwejściowej bramki logicznej typu NOR - (25), zaś jej wyjście sygnałowe połączono z wejściem przerwania maskowalnego $\overline{INT2}$, mikroprocesora (1), poza tym wyjście sygnałowe zadajnika prędkości obrotowej wartości maksymalnej (11), niskospadowej turbiny wodnej (17), połączono z wejściem sygnałowym zadawania, komparatora prędkości obrotowej wartości maksymalnej (12), niskospadowej turbiny wodnej (17), zaś wyjście sygnałowe przetwornika obrotowo-impulsowego (14), połączone jest z wejściem pomiarowym komparatora prędkości obrotowej wartości maksymalnej (12), poprzez czujnik prędkości obrotowej (13), natomiast wyjście sygnałowe komparatora prędkości obrotowej wartości maksymalnej (12), połączone jest z wejściem przerwania maskowalnego $\overline{INT3}$, mikroprocesora (1), z kolei wyjście sygnałowe pierwszego dwustanowego interfejsu wyjściowego (9), połączone jest z obwodem sterującym stycznika głównego (29), w obwodzie stojana niskoobrotowej maszyny asynchronicznej klatkowej (22), poprzez pierwszy przekaźnik pomocniczy prądu stałego (30), natomiast wejście cyfrowe pierwszego dwustanowego interfejsu wyjściowego (9), połączono z szyną danych *D*, mikroprocesora (1), poza tym wyjście sygnałowe drugiego dwustanowego interfejsu wyjściowego (10), połączone jest z obwodem sterującym stycznika (20), hamulca elektromagnetycznego (18), umieszczonego na wale napędowym niskospadowej turbiny wodnej (17), poprzez drugi przekaźnik pomocniczy prądu stałego (21), natomiast wejście cyfrowe drugiego dwustanowego interfejsu wyjściowego (10), połączono również z szyną danych *D*, mikroprocesora (1), ponadto wyjście stanu klawiatury funkcjonalno-numerycznej (7), połączone jest z wejściem przerwania maskowalnego $\overline{INT1}$, mikroprocesora (1), natomiast port cyfrowy wejściowo-wyjściowy, klawiatury funkcjonalno-numerycznej (7), połączono z szyną danych *D*, mikroprocesora (1), z kolei wejście wysokonapięciowe przetwornika napięcia przemiennego wartości skutecznej (24), połączono z fazami *U* i *V* obwodu stojana niskoobrotowej maszyny asynchronicznej klatkowej (22), natomiast trzy fazy *U*, *V*, *W* obwodu stojana tej maszyny, połączono z zaciskami silnopiędowymi wejściowymi stycznika głównego (29) oraz z trzema zaciskami wejściowymi w trójfazowym kondensatorze komutacyjnym (23), połączonego w gwiazdę, wreszcie zaciski wyjściowe silnopiędowe stycznika głównego (29), połączono z siecią trójfazową wydzieloną (35), poprzez obwody silnopiędowe, kolejno trzech przetworników prądu przemiennego wartości skutecznej (33), (32) i (31).

Rysunek



Rys.

