

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **217109**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **391648**

(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 dwubiegową,
pracujący na sieć sztywną**

(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 217109 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest układ małej elektrowni wodnej z maszyną asynchroniczną klatkową dwubiegową, pracujący na sieć sztywną, wyposażony w niskospadową turbinę wodną.

Znany jest układ małej elektrowni wodnej, pracujący na sieć sztywną, wyposażony w niskospadową turbinę wodną, która napędza niskoobrotową maszyną asynchroniczną klatkową, w którym do kompensacji mocy biernej zastosowano baterię kondensatorów kompensacyjnych. Stabilizacja współczynnika mocy w tej elektrowni odbywa się w sposób skokowy, poprzez dołączanie lub odłączanie kolejnych sekcji baterii kondensatorów kompensacyjnych, co jest realizowane w sensie technicznym w układzie dwustanowego regulatora współczynnika mocy.

Znany układ małej elektrowni wodnej, pracujący na sieć sztywną umożliwi pracę w dwóch reżimach. W pierwszym z nich niskoobrotowa maszyna indukcyjna klatkowa znajduje się w reżimie pracy silnikowej, w fazie rozruchu tej maszyny tzn. przy zamkniętej przysłonie obrotowej w przestrzeni roboczej, niskospadowej turbiny wodnej. W drugim z nich po przeprowadzeniu rozruchu i osiągnięciu stanu statycznie ustalonego, niskoobrotowej maszyny asynchronicznej klatkowej, po otwarciu przysłony obrotowej w niskospadowej turbinie wodnej i wzroście mocy na jej wale, niskoobrotowa maszyna asynchroniczna klatkowa, po osiągnięciu prędkości obrotowej nadsynchronicznej, przechodzi w stan pracy generatorowej.

W znanym układzie małej elektrowni wodnej, rozruch małej elektrowni wodnej, odbywający się w reżimie pracy silnikowej, bezpośrednio na sieć sztywną, wywołuje silne uderzenie prądu w obwodzie tej sieci. Ponadto kompensacja mocy biernej w obwodzie stojana, niskoobrotowej maszyny asynchronicznej klatkowej, odbywa się w sposób skokowy, co może skutkować przekompensowaniem sieci sztywnej w sąsiedztwie małej elektrowni wodnej, co objawia się zwyżką napięcia przemiennego ponad wartość nominalną.

Znany układ małej elektrowni wodnej nie wykorzystuje energii spadku wody w całym zakresie przepływu, a tylko w jej części. Ma to istotne znaczenie, zwłaszcza w końcówce lata oraz w okresie wiosny, po suchej zimie, nie obfitującej dużymi opadami śniegu.

Znany układ małej elektrowni wodnej, nie zapewnia emisji mocy czynnej do obwodu sieci sztywnej według algorytmu stałej wartości zadanej, a jedynie w funkcji wielkości przepływu wody w przestrzeni roboczej, niskospadowej turbiny wodnej, przy maksymalnym otwarciu przysłony obrotowej tej turbiny.

Celem wynalazku jest wyeliminowanie tych wad, poprzez zastosowanie: dwubiegowej niskoobrotowej maszyny asynchronicznej klatkowej, układu miękkiego rozruchu (soft-startu) w obwodzie stojana tej maszyny, energoelektronicznego kompensatora mocy biernej, zamiast wielosekcyjnej baterii kondensatorów kompensacyjnych oraz liniowego regulatora mocy czynnej, zrealizowanego na drodze software'owej, w układzie mikroprocesorowym sterowania.

W układzie według wynalazku, wyjście sygnału standardowego mocy czynnej, przetwornika mocy czynnej i współczynnika mocy, połączono z pierwszym wejściem analogowym, dwuwejściowego przetwornika analogowo-cyfrowego, zaś wyjście sygnału standardowego współczynnika mocy, przetwornika mocy czynnej i współczynnika mocy, połączono z drugim wejściem analogowym, dwuwejściowego przetwornika analogowo-cyfrowego, z kolei wyjście cyfrowe tego przetwornika, połączono z szyną danych D , mikroprocesora, natomiast wyjście stanu, dwuwejściowego przetwornika analogowo-cyfrowego, połączone jest z wejściem sygnałowym \overline{WAIT} , mikroprocesora. Ponadto wyjście analogowe pierwszego przetwornika cyfrowo-analogowego, połączone jest z układem serwomechanizmu, przysłony obrotowej, niskospadowej turbiny wodnej, poprzez falownik wektorowy, zaś wejście cyfrowe pierwszego przetwornika cyfrowo-analogowego, połączono z szyną danych D , mikroprocesora. Poza tym wyjście analogowe drugiego przetwornika cyfrowo-analogowego, połączone jest z układem sterowania, energoelektronicznego kompensatora mocy biernej, zaś wejście cyfrowe drugiego przetwornika cyfrowo-analogowego, połączono z szyną danych D , mikroprocesora. Z kolei wyjście trójfazowe U, V, W przełącznika biegunów, niskoobrotowej dwubiegowej maszyny asynchronicznej klatkowej, połączono z wejściem trójfazowym energoelektronicznego kompensatora mocy biernej oraz z zaciskami wejściowymi silnopiędowymi stycznika głównego, a także z wejściem trójfazowym silnopiędowym, układu miękkiego rozruchu (soft-start'u). Natomiast trójfazowe zaciski wyjściowe silnopiędowe U', V', W' , stycznika głównego, połączono z wyjściem trójfazowym silnopiędowym układu miękkiego rozruchu (soft-start'u) oraz z trójfazową siecią sztywną, poprzez obwody silnopiędowe kolejno trzech przetworników prądu przemiennego wartości skutecznej. Ponadto wyjście sygnałowe pierwszego

dwustanowego interfejsu wyjściowego, połączone jest z wejściem sterującym zezwolenia na start, układu miękkiego rozruchu (soft-start'u), zaś wejście cyfrowe pierwszego dwustanowego interfejsu wyjściowego, połączone z szyną danych D , mikroprocesora. Z kolei wyjście sygnałowe, informujące o zakończonym rozruchu w układzie miękkiego rozruchu (soft-start'u), połączone jest z wejściem sygnałowym, dwustanowego interfejsu wejściowego, zaś wyjście cyfrowe tego dwustanowego interfejsu wejściowego, połączone z szyną danych D , mikroprocesora. Poza tym wyjście sygnałowe drugiego dwustanowego interfejsu wyjściowego, połączone jest z obwodem sterowania stycznika prądu przemiennego, hamulca elektromagnetycznego, na wale napędowym niskospadowej turbiny wodnej, poprzez pierwszy przekaźnik pomocniczy prądu stałego, zaś wejście cyfrowe drugiego dwustanowego interfejsu wyjściowego, połączone z szyną danych D , mikroprocesora. Następnie wyjście sygnałowe trzeciego dwustanowego interfejsu wyjściowego, połączone jest z wejściem sterującym przełącznika biegunów, niskoobrotowej dwubiegowej maszyny asynchronicznej klatkowej, zaś wejście cyfrowe trzeciego dwustanowego interfejsu wyjściowego, połączone z szyną danych D , mikroprocesora. Z kolei sześcioprzewodowy stojan, niskoobrotowej dwubiegowej maszyny asynchronicznej klatkowej, połączone z sześcioma wejściami silnoprądowymi przełącznika biegunów. Ponadto wyjście sygnałowe czwartego dwustanowego interfejsu wyjściowego, połączone jest z obwodem sterującym stycznika głównego, poprzez drugi przekaźnik pomocniczy prądu stałego, zaś wejście cyfrowe czwartego dwustanowego interfejsu wyjściowego, połączone z szyną danych D , mikroprocesora. Dalej wyjście sygnałowe standardowe pierwszego przetwornika prądu przemiennego wartości skutecznej, w fazie U' , połączone z pierwszym wejściem pomiarowym prądu, przetwornika mocy czynnej i współczynnika mocy oraz z wejściem pomiarowym pierwszego komparatora prądu wartości maksymalnej. Z kolei wyjście sygnałowe standardowe drugiego przetwornika prądu przemiennego wartości skutecznej, w fazie V' , połączone z drugim wejściem pomiarowym prądu, przetwornika mocy czynnej i współczynnika mocy oraz z wejściem pomiarowym drugiego komparatora prądu wartości maksymalnej. Natomiast wyjście sygnałowe standardowe trzeciego przetwornika prądu przemiennego wartości skutecznej, w fazie W' , połączone z trzecim wejściem pomiarowym prądu, przetwornika mocy czynnej i współczynnika mocy oraz z wejściem pomiarowym trzeciego komparatora prądu wartości maksymalnej. Ponadto wyjście sygnałowe układu zadawania prądu, wartości maksymalnej, połączone jest z wejściami sygnału zadanego, kolejno trzech komparatorów prądu wartości maksymalnej, natomiast wyjścia sygnałowe tych trzech komparatorów wartości maksymalnej, połączone z wejściami sygnałowymi, pierwszej trójwejściowej bramki logicznej typu NOR, natomiast wyjście sygnałowe tej pierwszej trójwejściowej bramki logicznej typu NOR, połączone z wejściem przerwania maskowalnego $\overline{INT3}$, mikroprocesora. Następnie obwód silnoprądowy pierwszego przetwornika napięcia przemiennego wartości skutecznej, połączone z potencjałami faz $U' - V'$, zaś wyjście sygnałowe standardowe tego pierwszego przetwornika napięcia przemiennego wartości skutecznej, połączone z pierwszym wejściem pomiarowym napięcia, przetwornika mocy czynnej i współczynnika mocy oraz z wejściem pomiarowym pierwszego komparatora napięcia wartości maksymalnej. Z kolei obwód silnoprądowy drugiego przetwornika napięcia przemiennego wartości skutecznej, połączone z potencjałami faz $V' - W'$, zaś wyjście sygnałowe standardowe tego drugiego przetwornika napięcia przemiennego wartości skutecznej, połączone z drugim wejściem pomiarowym napięcia, przetwornika mocy czynnej i współczynnika mocy oraz z wejściem pomiarowym drugiego komparatora napięcia wartości maksymalnej. Natomiast obwód silnoprądowy trzeciego przetwornika napięcia przemiennego wartości skutecznej, połączone z potencjałami faz $U' - W'$, zaś wyjście sygnałowe standardowe tego trzeciego przetwornika napięcia przemiennego wartości skutecznej, połączone z trzecim wejściem pomiarowym napięcia, przetwornika mocy czynnej i współczynnika mocy oraz z wejściem pomiarowym trzeciego komparatora napięcia wartości maksymalnej. Ponadto wyjście sygnałowe zadajnika napięcia wartości maksymalnej, połączone z wejściami sygnału zadanego kolejno, trzech komparatorów napięcia wartości maksymalnej, z kolei wyjścia sygnałowe tych trzech komparatorów napięcia wartości maksymalnej, połączone z wejściami sygnałowymi, drugiej trójwejściowej bramki logicznej typu NOR, zaś wyjście sygnałowe tej drugiej trójwejściowej bramki logicznej typu NOR, połączone z wejściem przerwania maskowalnego $\overline{INT4}$, mikroprocesora. Dalej wyjście sygnałowe przetwornika obrotowo-impulsowego, połączone jest z wejściem pomiarowym, komparatora prędkości obrotowej maksymalnej, niskospadowej turbiny wodnej, poprzez czujnik prędkości obrotowej, zaś wyjście sygnałowe zadajnika prędkości obrotowej maksymalnej, połączone z wejściem sygnału zadanego, komparatora prędkości obrotowej maksymalnej, natomiast wyjście sygnałowe tego komparatora prędkości obrotowej maksymalnej, połączone z wejściem przerwania maskowalnego $\overline{INT2}$, mikroprocesora. Wreszcie wyjście stanu klawia-

tury funkcjonalno-numerycznej, połączono z wejściem przerwania maskowalnego $\overline{INT1}$, mikroprocesora, zaś port cyfrowy wejściowo-wyjściowy tej klawiatury funkcjonalno-numerycznej, połączony jest z szyną danych D , mikroprocesora.

Zaletą układu według wynalazku jest regulacja współczynnika mocy, w wyniku zastosowania energoelektronicznego kompensatora mocy biernej, który cechuje wysoka dokładność, zarówno w sensie statycznym jak i dynamicznym. Dzięki zastosowaniu w dwubiegowej niskoobrotowej maszyny asynchronicznej klatkowej, elektrownia wodna jest w stanie wykorzystać energię spadku wody, praktycznie w całym zakresie przepływu.

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 i napięcia międzyprzewodowego w obwodzie stojana dwubiegowej niskoobrotowej maszyny asynchronicznej klatkowej, również ponad dopuszczalną wartość.

Przedmiot wynalazku jest pokazany w przykładzie wykonania na rysunku, przedstawiającym schemat układu małej elektrowni wodnej z dwubiegową niskoobrotową maszyną asynchroniczną klatkową, pracującego na sieć sztywną energetyczną, 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} , wygenerowanych w mikroprocesorze 1. Dekoder układów wejściowo-wyjściowych 5 jest połączony z wyjściem sterującym \overline{IORQ} mikroprocesora 1.

W skład urządzeń wejściowo-wyjściowych układu według wynalazku, wchodzi następujące podzespoły wykonawcze: dwuwejściowy przetwornik analogowo-cyfrowy 6, współpracujący z przetwornikiem pomiarowym mocy czynnej i współczynnika mocy 32, klawiatura funkcjonalno-numeryczna 7, pierwszy przetwornik cyfrowo-analogowy 8, współpracujący z serwomechanizmem 20, przysłony obrotowej, niskospadowej turbiny wodnej 21, poprzez falownik wektorowy 19, drugi przetwornik cyfrowo-analogowy 9, współpracujący z energoelektronicznym kompensatorem mocy biernej 28, dwustanowy interfejs wejściowy 10, współpracujący z wyjściem informującym, o zakończonym rozruchu w układzie miękkiego rozruchu (soft-startu) 29, pierwszy dwustanowy interfejs wyjściowy 11, współpracujący z wejściem sterującym zezwolenia na start, układu miękkiego rozruchu (soft-startu) 29, drugi dwustanowy interfejs wyjściowy 12, współpracujący z obwodem sterującym stycznika prądu przemiennego 25, hamulca elektromagnetycznego 22, poprzez pierwszy przekaźnik pomocniczy prądu stałego 26, trzeci dwustanowy interfejs wyjściowy 13, współpracujący z wejściem sterującym przełącznika biegunów 27 oraz czwarty dwustanowy interfejs wyjściowy 14, współpracujący z obwodem sterującym stycznika głównego prądu przemiennego 30, poprzez drugi przekaźnik pomocniczy prądu stałego 31. W celu wstrzymania pracy programowej mikroprocesora 1 w okresie 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 funkcjonalno-numerycznej 7 i gdy to nastąpi, przystępuje do realizacji programowej rozruchu układu małej elektrowni wodnej, który odbywa się według następującej procedury: w pierwszym rzędzie zostanie wyzerowany trzeci dwustanowy interfejs wyjściowy 13, co w rezultacie spowoduje ustawienie ilości biegunów w obwodzie magnetycznym, dwubiegowej niskoobrotowej maszyny asynchronicznej klatkowej 24 na niższą ich wartość (w tym stanie rzeczy, rozpatrywana maszyna asynchroniczna klatkowa 24, posiada wyższą prędkość obrotową nominalną) oraz zostanie ustawiony w stan aktywny drugi dwustanowy interfejs wyjściowy 12, powodujący odblokowanie hamulca elektromagnetycznego 22. Następnie zostanie uaktywniony pierwszy dwustanowy interfejs wyjściowy 11, co spowoduje włączenie układu miękkiego rozruchu (soft-startu) 29 do pracy. Od tej chwili zaczyna się kontrolowany rozruch, dwubiegowej niskoobrotowej maszyny asynchronicznej klatkowej 24. W czasie kontrolowanego rozruchu, mikroprocesor 1 na bieżąco kontroluje stan wyjścia binarnego, dwustanowego interfejsu wejściowego 10. W chwili, w której zostanie zakończony rozruch, na wyjściu informującym o zakończonym rozruchu, w układzie miękkiego rozruchu

(soft-startu) 29, pojawi się niski potencjał (0-logiczne), co spowoduje, iż mikroprocesor 1 uaktywni czwarty dwustanowy interfejs wyjściowy 14, zamykając tym samym stycznik główny 30, w obwodzie stojana dwubiegowej niskoobrotowej maszyny asynchronicznej klatkowej 24. Jednocześnie mikroprocesor 1 wprowadza w stan bierny (zeruje) pierwszy dwustanowy interfejs wyjściowy 11, powodując wyłączenie układu miękkiego rozruchu (soft-startu) 29. Po tej operacji programowej, dwubiegowa niskoobrotowa maszyna asynchroniczna klatkowa 24 znajduje się w reżimie pracy silnikowej.

Następnie mikroprocesor 1 przystępuje do operacji programowej - wprowadzenia układu małej elektrowni wodnej w stan pracy generatorowej. W sensie software'owym polega to na tym, iż mikroprocesor 1 przystępuje do realizacji programowej regulatora mocy czynnej oraz regulatora współczynnika mocy. Funkcja sterująca, będąca wynikiem realizacji programowej regulatora mocy, w postaci cyfrowej binarnej, zostaje wprowadzona do rejestru pierwszego przetwornika cyfrowo-analogowego 8, co spowoduje, iż serwomechanizm 20 zaczyna otwierać przesłone obrotową, niskospadowej turbiny wodnej 21. Poprzez rozwieraną przysłone obrotową przedostaje się strumień wody Q , do przestrzeni roboczej niskospadowej turbiny wodnej 21. Proces otwierania przysłony obrotowej trwa dopóty, dopóki wartość mocy czynnej, wygenerowanej w stojanie dwubiegowej niskoobrotowej maszynie asynchronicznej klatkowej 24, nie osiągnie wartości mocy zadanej, wprowadzonej do systemu mikroprocesora 1, z poziomu klawiatury funkcjonalno-numerycznej 7. Na podobnej zasadzie działa obwód regulacji współczynnika mocy w układzie małej elektrowni wodnej według wynalazku. Funkcja sterująca, jako wynik realizacji programowej regulatora współczynnika mocy, w postaci binarnej zostaje wprowadzona do rejestru drugiego przetwornika cyfrowo-analogowego 9, co w rezultacie spowoduje, iż energoelektroniczny kompensator mocy biernej 28, dostarcza taką wielkość mocy biernej, do obwodu stojana, dwubiegowej niskoobrotowej maszyny asynchronicznej klatkowej 24, współpracującej z obwodem sieci sztywnej 44, aby współczynnik mocy uzyskał wartość zadaną, wprowadzoną z klawiatury funkcjonalno-numerycznej 7, przez personel obsługujący, układ małej elektrowni wodnej według wynalazku.

Układ małej elektrowni wodnej według wynalazku jest zabezpieczony przed niekontrolowanym wzrostem prądu w każdej fazie obwodu stojana, dwubiegowej niskoobrotowej maszyny asynchronicznej klatkowej 24, ponad dopuszczalną wartość. Rolę elementów kontroli prądu w poszczególnych fazach obwodu stojana, pełnią komparatory prądu wartości maksymalnej 39, 40, 41, które od strony pomiarowej, współpracują kolejno z trzema przetwornikami pomiarowymi prądu 36, 37, 38, natomiast od strony sygnału zadawania wartości maksymalnej prądu, z układem zadawania 43, z kolei od strony wyjściowej, komparatory te współpracują z wejściami pierwszej trójwejściowej bramki logicznej typu NOR - 42, której wyjście sygnałowe współpracuje z wejściem przerwania maskowalnego $\overline{INT3}$, mikroprocesora 1.

Układ małej elektrowni wodnej według wynalazku jest również zabezpieczony przed niekontrolowanym wzrostem, wszystkich napięć międzyprzewodowych obwodu stojana, dwubiegowej niskoobrotowej maszyny asynchronicznej klatkowej 24, ponad dopuszczalną wartość. Rolę elementów kontroli napięć międzyprzewodowych stojana pełnią komparatory napięć wartości maksymalnej 45, 46, 47, które od strony pomiarowej, współpracują kolejno z trzema przetwornikami pomiarowymi napięć międzyprzewodowych 33 - $(U' - V')$, 34 - $(V' - W')$, 35 - $(U' - W')$, natomiast od strony sygnału zadawania wartości maksymalnej napięcia międzyprzewodowego, z układem zadawania 49, z kolei od strony wyjściowej, komparatory te współpracują z wejściami drugiej trójwejściowej bramki logicznej typu NOR - 48, której wyjście sygnałowe współpracuje z wejściem przerwania maskowalnego $\overline{INT4}$, mikroprocesora 1.

Układ małej elektrowni wodnej według wynalazku jest także zabezpieczony przed niekontrolowanym wzrostem prędkości obrotowej wału niskospadowej turbiny wodnej 21, ponad dopuszczalną wartość. Rolę elementu kontroli prędkości obrotowej, wału niskospadowej turbiny wodnej 21, pełni komparator prędkości obrotowej maksymalnej 16, który od strony pomiarowej, współpracuje z przetwornikiem obrotowo-impulsowym 18, poprzez czujnik pomiaru prędkości obrotowej 17, natomiast od strony sygnału zadawania wartości maksymalnej prędkości obrotowej, z układem zadawania 15, z kolei od strony wyjściowej, komparator prędkości maksymalnej 16, współpracuje z wejściem przerwania maskowalnego $\overline{INT2}$, mikroprocesora 1.

W przypadku przekroczenia wartości prądu w jakiegokolwiek fazie obwodu stojana, dwubiegowej niskoobrotowej maszyny asynchronicznej klatkowej 24, ponad dopuszczalną wartość, na wyjściu pierwszej trójwejściowej bramki logicznej typu NOR - 42, pojawi się 0-logiczne. Wówczas mikroprocesor 1 przechodzi do realizacji programu przerwania maskowanego $\overline{INT3}$. W trakcie realizacji programowej tego przerwania, mikroprocesor 1 ustawia czwarty dwustanowy interfejs wyjściowy, w stan

bierny (napięcie na wyjściu tego interfejsu jest równe wartości zerowej), co skutkuje wyłączeniem stycznika głównego 30, a tym samym obwód stojana dwubiegowej niskoobrotowej maszyny asynchronicznej klatkowej 24 zostaje odłączony od obwodu sieci sztywnej 44. Po tej operacji mikroprocesor 1 przystępuje do zatrzymania małej elektrowni wodnej. Do rejestru pierwszego przetwornika cyfrowo-analogowego 8, zostaje wpisana zerowa wartość binarna, co spowoduje, iż serwomechanizm 20 zamyka przysłonę obrotową, niskospadowej turbiny wodnej 21, w następstwie czego, wirnik tej turbiny zaczyna wytracać swoją prędkość obrotową. Jednocześnie mikroprocesor 1 ustawia w stan bierny drugi dwustanowy interfejs wyjściowy 12, powodując włączenie hamulca elektromagnetycznego 22.

W przypadku przekroczenia jakiegokolwiek napięcia międzyprzewodowego w obwodzie stojana, dwubiegowej niskoobrotowej maszyny asynchronicznej klatkowej 24, ponad dopuszczalną wartość, na wyjściu drugiej trójwejściowej bramki logicznej typu NOR - 48, pojawi się 0-logiczne. Wówczas mikroprocesor 1 przechodzi do realizacji programowej przerwania maskowalnego $\overline{INT4}$. W trakcie realizacji programowej tego przerwania, mikroprocesor 1 ustawia czwarty dwustanowy interfejs wyjściowy 14 w stan bierny (napięcie na wyjściu tego interfejsu jest równe wartości zerowej), co skutkuje tym, iż zostaje wyłączony stycznik główny 30, a tym samym obwód stojana, dwubiegowej niskoobrotowej maszyny asynchronicznej klatkowej 24, zostaje odłączony od obwodu sieci sztywnej 44. Następnie mikroprocesor 1 przystępuje do zatrzymania małej elektrowni wodnej według wynalazku. Do rejestru pierwszego przetwornika cyfrowo-analogowego 8, zostaje wpisana zerowa wartość binarna, co spowoduje, iż serwomechanizm 20 zamyka przysłonę obrotową, niskospadowej turbiny wodnej 21, w następstwie czego wirnik tej turbiny wytraca swoją prędkość obrotową. Jednocześnie mikroprocesor 1 ustawia w stan bierny, drugi dwustanowy interfejs wyjściowy 12, powodując włączenie hamulca elektromagnetycznego 22.

W przypadku niekontrolowanego przekroczenia prędkości obrotowej wału, niskospadowej turbiny wodnej 21, ponad dopuszczalną wartość, na wyjściu komparatora prędkości obrotowej maksymalnej 16, pojawi się 0-logiczne. Mikroprocesor 1 przechodzi do realizacji programowej, przerwania maskowalnego $\overline{INT2}$. W trakcie realizacji programowej tego przerwania, mikroprocesor 1 do rejestru pierwszego przetwornika cyfrowo-analogowego 8, wpisuje zerową wartość binarną, co spowoduje, iż serwomechanizm 20 zamyka przysłonę obrotową, niskospadowej turbiny wodnej 21, w następstwie czego wirnik tej turbiny zacznie wytracać swoją prędkość obrotową. Po tej operacji mikroprocesor 1 ustawia w stan bierny, drugi dwustanowy interfejs wyjściowy 12, powodując włączenie hamulca elektromagnetycznego 22. Jednocześnie mikroprocesor 1 ustawia w stan bierny, czwarty dwustanowy interfejs wyjściowy 14, co powoduje wyłączenie stycznika głównego 30, a tym samym obwód stojana dwubiegowej niskoobrotowej maszyny asynchronicznej klatkowej 24, zostaje odłączony od obwodu sieci sztywnej 22.

Wyłączenie układu małej elektrowni wodnej według wynalazku w sposób zamierzony, przy udziale personelu obsługującego, następuje przy użyciu klawiatury funkcjonalno-numerycznej 7. Ustawienie w stan aktywny klawisza spowoduje pojawienie się 0-logicznego na wejściu przerwania maskowalnego $\overline{INT1}$, mikroprocesora 1, który przystępuje do realizacji programowej obsługi klawiatury funkcjonalno-numerycznej 7. Mikroprocesor 1 do rejestru pierwszego przetwornika cyfrowo-analogowego 8, wpisuje zerową wartość binarną, co spowoduje, iż serwomechanizm 20, zamyka przysłonę obrotową, niskospadowej turbiny wodnej 21, w następstwie czego mała elektrownia wodna według wynalazku, przechodzi z reżimu pracy generatorowej, w stan pracy silnikowej. W następnej kolejności mikroprocesor 1 ustawia w stan bierny, czwarty dwustanowy interfejs wyjściowy 14 oraz drugi dwustanowy interfejs wyjściowy 12, powodując kolejno wyłączenie stycznika głównego 30 oraz włączenie hamulca elektromagnetycznego 22.

Klawiatura funkcjonalno-numeryczna 7 w układzie małej elektrowni wodnej według wynalazku, zawiera oprócz głównych przycisków *start*'u i *stop*'u, również 10 klawiszy numerycznych 0 ... 9 oraz klawisze funkcyjne: P_z - mocy zadanej, $\cos\varphi_z$ - współczynnika mocy wartości zadanej, P_{min} - mocy przełączania przełącznika biegunów 27, dwubiegowej niskoobrotowej maszyny asynchronicznej klatkowej 24, *enter* - klawisz akceptacji wprowadzonej wartości zadanej.

Niskospadową turbinę wodną 21, należy zaklasyfikować do maszyn mechanicznych, charakteryzujących się bardzo niską prędkością obrotową nominalną. Aby dostosować jej prędkość obrotową do prędkości obrotowej, dwubiegowej maszyny asynchronicznej klatkowej 24, w układzie mechanicznym małej elektrowni wodnej według wynalazku, zastosowano przekładnię mechaniczną podwyższającą (tzw. multiplikator) 23.

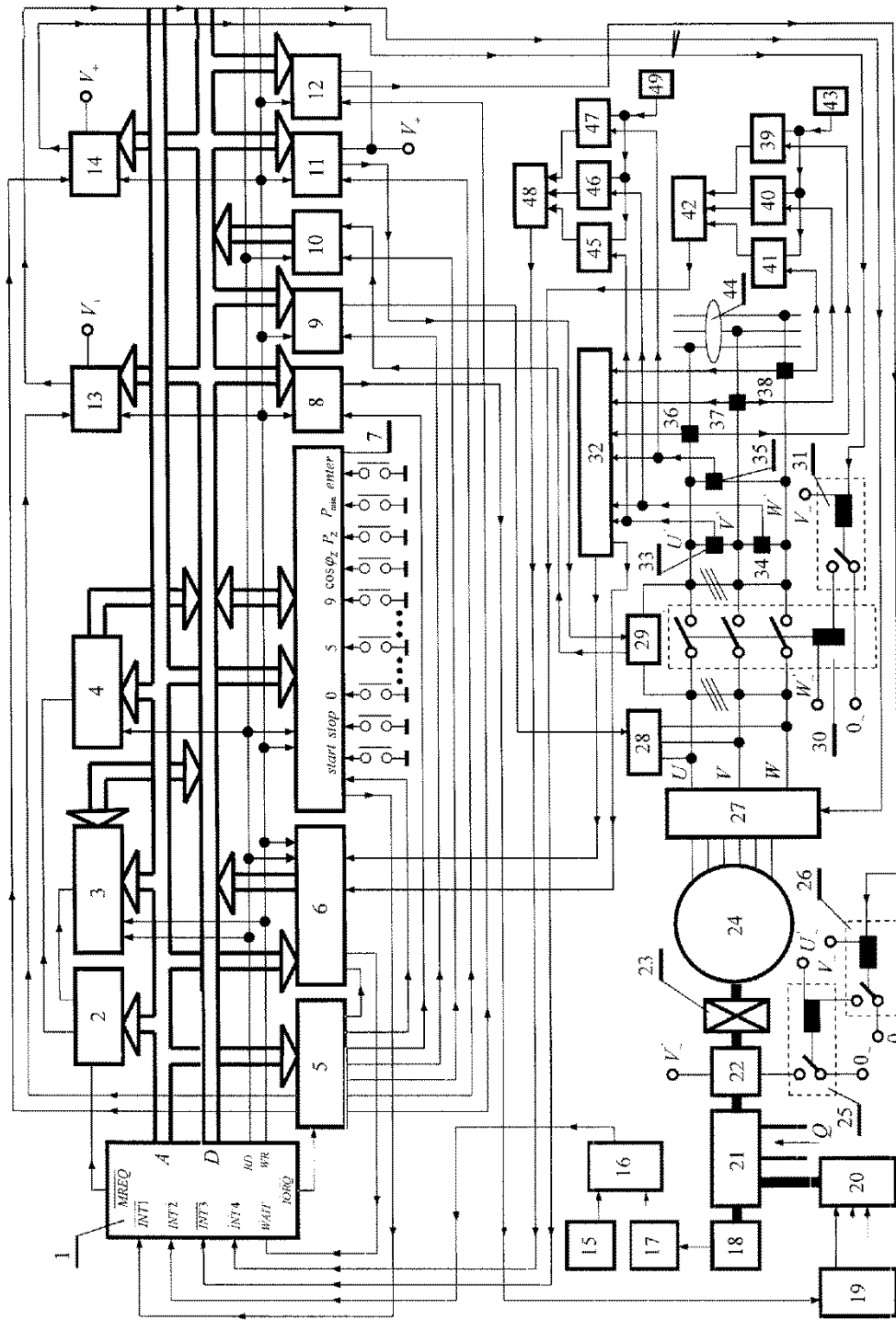
Obwody zasilające cztery dwustanowe interfejsy wyjściowe 11, 12, 13, 14, podłączono do źródła zasilania napięcia stałego: V_+ - V_- . Natomiast obwód cewki elektromagnesu, hamulca elektromagnetycznego 22, został podłączony do źródła napięcia przemiennego 0- V' ., z kolei obwód cewki stycznika prądu przemiennego 25, służącego do sterowania hamulca elektromagnetycznego 22, podłączono do źródła napięcia przemiennego 0- U' ., zaś obwód cewki stycznika głównego 30, podłączono do źródła napięcia przemiennego 0- W' ..

Zastrzeżenie patentowe

Układ małej elektrowni wodnej z maszyną asynchroniczną klatkową dwubiegową, pracujący na sieć sztywną, wyposażony w mikroprocesor, niskospadową turbinę wodną, trzy przetworniki napięcia przemiennego wartości skutecznej, trzy przetworniki prądu przemiennego wartości skutecznej, przetwornik mocy czynnej i współczynnika mocy, dwuwejściowy przetwornik analogowo-cyfrowy, dwa przetworniki cyfrowo-analogowe, trzy komparatory prądu wartości maksymalnej, trzy komparatory napięcia wartości maksymalnej, przetwornik obrotowo-impulsowy, komparator prędkości obrotowej wartości maksymalnej, falownik wektorowy, serwomechanizm przystony obrotowej, niskospadowej turbiny wodnej, energoelektroniczny kompensator mocy biernej, układ miękkiego rozruchu (soft-start), **znamienny tym**, że wyjście sygnału standardowego mocy czynnej, przetwornika mocy czynnej i współczynnika mocy (32), połączono z pierwszym wejściem analogowym, dwuwejściowego przetwornika analogowo-cyfrowego (6), zaś wyjście sygnału standardowego współczynnika mocy, przetwornika mocy czynnej i współczynnika mocy (32), połączono z drugim wejściem analogowym, dwuwejściowego przetwornika analogowo-cyfrowego (6), z kolei wyjście cyfrowe tego przetwornika, połączono z szyną danych D , mikroprocesora (1), natomiast wyjście stanu, dwuwejściowego przetwornika analogowo-cyfrowego (6), połączone jest z wejściem sygnałowym \overline{WAIT} mikroprocesora (1), ponadto wyjście analogowe pierwszego przetwornika cyfrowo-analogowego (8), połączone jest z układem serwomechanizmu (20), przystony obrotowej niskospadowej turbiny wodnej (21), poprzez falownik wektorowy (19), zaś wejście cyfrowe pierwszego przetwornika cyfrowo-analogowego (8), połączono z szyną danych D , mikroprocesora (1), poza tym wyjście analogowe drugiego przetwornika cyfrowo-analogowego (9), połączone jest z układem sterowania, energoelektronicznego kompensatora mocy biernej (28), zaś wejście cyfrowe drugiego przetwornika cyfrowo-analogowego (9), połączono z szyną danych D , mikroprocesora (1), z kolei wyjście trójfazowe U , V , W przełącznika biegunów (27), niskobrotowej dwubiegowej maszyny asynchronicznej klatkowej (24), połączono z wejściem trójfazowym energoelektronicznego kompensatora mocy biernej (28) oraz z zaciskami wejściowymi silnopiędowymi stycznika głównego (30), a także z wejściem trójfazowym silnopiędowym układu miękkiego rozruchu (soft-start'u) (29), natomiast trójfazowe zaciski wyjściowe silnopiędowe U' , V' , W' , stycznika głównego (30), połączono z wyjściem trójfazowym silnopiędowym układu miękkiego rozruchu (soft-start'u) (29) oraz z trójfazową siecią sztywną (44), poprzez obwody silnopiędowe kolejno trzech przetworników prądu przemiennego wartości skutecznej (36), (37), (38), ponadto wyjście sygnałowe pierwszego dwustanowego interfejsu wyjściowego (11), połączone jest z wejściem sterującym zezwolenia na start, układu miękkiego rozruchu (soft-start'u) (29), zaś wejście cyfrowe pierwszego dwustanowego interfejsu wyjściowego (11), połączono z szyną danych D , mikroprocesora (1), z kolei wyjście sygnałowe, informujące o zakończonym rozruchu w układzie miękkiego rozruchu (soft-start'u) (29), połączone jest z wejściem sygnałowym, dwustanowego interfejsu wejściowego (10), zaś wyjście cyfrowe tego dwustanowego interfejsu wejściowego (10), połączono z szyną danych D , mikroprocesora (1), poza tym wyjście sygnałowe drugiego dwustanowego interfejsu wyjściowego (12), połączone jest z obwodem sterowania stycznika prądu przemiennego (25), hamulca elektromagnetycznego (22), na wale napędowym niskospadowej turbiny wodnej (21), poprzez pierwszy przekaźnik pomocniczy prądu stałego (26), zaś wejście cyfrowe drugiego dwustanowego interfejsu wyjściowego (12), połączono z szyną danych D , mikroprocesora (1), następnie wyjście sygnałowe trzeciego dwustanowego interfejsu wyjściowego (13), połączone jest z wejściem sterującym przełącznika biegunów (27), niskobrotowej dwubiegowej maszyny asynchronicznej klatkowej (24), zaś wejście cyfrowe trzeciego dwustanowego interfejsu wyjściowego (13), połączono z szyną danych D , mikroprocesora (1), z kolei sześcioprzewodowy stojan, niskobrotowej dwubiegowej maszyny asynchronicznej klatkowej (24), połączono z sześcioma wejściami silnopiędowymi przełącznika biegunów (27), ponadto wyjście sygnałowe czwartego dwustanowego interfejsu wyjściowego (14), połączone jest z obwodem sterującym stycznika głównego (30),

poprzez drugi przekaźnik pomocniczy prądu stałego (31), zaś wejście cyfrowe czwartego dwustanowego interfejsu wyjściowego (14), połączono z szyną danych D , mikroprocesora (1), dalej wyjście sygnałowe standardowe pierwszego przetwornika prądu przemiennego wartości skutecznej (36), w fazie U' , połączono z pierwszym wejściem pomiarowym prądu, przetwornika mocy czynnej i współczynnika mocy (32) oraz z wejściem pomiarowym pierwszego komparatora prądu wartości maksymalnej (39), z kolei wyjście sygnałowe standardowe drugiego przetwornika prądu przemiennego wartości skutecznej (37), w fazie V' , połączono z drugim wejściem pomiarowym prądu, przetwornika mocy czynnej i współczynnika mocy (32) oraz z wejściem pomiarowym drugiego komparatora prądu wartości maksymalnej (40), natomiast wyjście sygnałowe standardowe trzeciego przetwornika prądu przemiennego wartości skutecznej (38), w fazie W' , połączono z trzecim wejściem pomiarowym prądu, przetwornika mocy czynnej i współczynnika mocy (32) oraz z wejściem pomiarowym trzeciego komparatora prądu wartości maksymalnej (41), ponadto wyjście sygnałowe układu zadawania prądu, wartości maksymalnej (43), połączone jest z wejściami sygnału zadanego, kolejno trzech komparatorów prądu wartości maksymalnej (39), (40), (41), natomiast wyjścia sygnałowe tych trzech komparatorów wartości maksymalnej (39), (40), (41), połączono z wejściami sygnałowymi, pierwszej trójwejściowej bramki logicznej typu NOR - (42), natomiast wyjście sygnałowe tej pierwszej trójwejściowej bramki logicznej typu NOR - (42), połączono z wejściem przerwania maskowalnego $\overline{INT3}$, mikroprocesora (1), następnie obwód silnoprądowy pierwszego przetwornika napięcia przemiennego wartości skutecznej (33), połączono z potencjałami faz $U' - V'$, zaś wyjście sygnałowe standardowe tego pierwszego przetwornika napięcia przemiennego wartości skutecznej (33), połączono z pierwszym wejściem pomiarowym napięcia, przetwornika mocy czynnej i współczynnika mocy (32) oraz z wejściem pomiarowym pierwszego komparatora napięcia wartości maksymalnej (45), z kolei obwód silnoprądowy drugiego przetwornika napięcia przemiennego wartości skutecznej (34), połączono z potencjałami faz $V' - W'$, zaś wyjście sygnałowe standardowe tego drugiego przetwornika napięcia przemiennego wartości skutecznej (34), połączono z drugim wejściem pomiarowym napięcia, przetwornika mocy czynnej i współczynnika mocy (32) oraz z wejściem pomiarowym drugiego komparatora napięcia wartości maksymalnej (46), natomiast obwód silnoprądowy trzeciego przetwornika napięcia przemiennego wartości skutecznej (35), połączono z potencjałami faz $U' - W'$, zaś wyjście sygnałowe standardowe tego trzeciego przetwornika napięcia przemiennego wartości skutecznej (35), połączono z trzecim wejściem pomiarowym napięcia, przetwornika mocy czynnej i współczynnika mocy (32) oraz z wejściem pomiarowym trzeciego komparatora napięcia wartości maksymalnej (47), ponadto wyjście sygnałowe zadajnika napięcia wartości maksymalnej (49), połączono z wejściami sygnału zadanego kolejno, trzech komparatorów napięcia wartości maksymalnej (45), (46), (47), z kolei wyjścia sygnałowe tych trzech komparatorów napięcia wartości maksymalnej (45), (46), (47), połączono z wejściami sygnałowymi, drugiej trójwejściowej bramki logicznej typu NOR - (48), zaś wyjście sygnałowe tej drugiej trójwejściowej bramki logicznej typu NOR - (48), połączono z wejściem przerwania maskowalnego $\overline{INT4}$, mikroprocesora (1), dalej wyjście sygnałowe przetwornika obrotowo-impulsowego (18), połączone jest z wejściem pomiarowym, komparatora prędkości obrotowej maksymalnej (16), niskospadowej turbiny wodnej (21), poprzez czujnik prędkości obrotowej (17), zaś wyjście sygnałowe zadajnika prędkości obrotowej maksymalnej (15), połączono z wejściem sygnału zadawania, komparatora prędkości obrotowej maksymalnej (16), natomiast wyjście sygnałowe tego komparatora prędkości obrotowej maksymalnej (16), połączono z wejściem przerwania maskowalnego $\overline{INT2}$, mikroprocesora (1) i wreszcie wyjście stanu klawiatury funkcjonalno-numerycznej (7), połączono z wejściem przerwania maskowalnego $\overline{INT1}$, mikroprocesora (1), zaś port cyfrowy wejściowo-wyjściowy tej klawiatury funkcjonalno-numerycznej (7), połączony jest z szyną danych D , mikroprocesora (1).

Rysunek



Rys.

