



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

21 Numer zgłoszenia: 334193

22 Data zgłoszenia: 19.12.1997

86 Data i numer zgłoszenia międzynarodowego:
19.12.1997, PCT/EP97/07273

87 Data i numer publikacji zgłoszenia
międzynarodowego:
02.07.1998, WO98/28832,
PCT Gazette nr 26/98

13 B1

51 IntCl⁷
H02J 9/04

GZYTELNIA
OGÓLNA

54

Zasilacz energii

30 Pierwszeństwo:
20.12.1996,ZA,96/10787

43 Zgłoszenie ogłoszono:
14.02.2000 BUP 03/00

45 O udzieleniu patentu ogłoszono:
31.03.2004 WUP 03/04

73 Uprawniony z patentu:
Da Ponte Manuel Dos Santos, Pretoria, ZA

72 Twórcy wynalazku:
Manuel Dos Santos Da Ponte, Pretoria, ZA
Lech Grzesiak, Warszawa, PL
Włodzimierz Koczara, Warszawa, PL
Paweł Pośpiech, Radom, PL
Andrzej Niedziałkowski, Warszawa, PL

74 Pełnomocnik:
Palka Grażyna, POLSERVICE

57 1. Zasilacz energii zawierający co najmniej jedno sterowane źródło do dostarczania zmiennego, wyjściowego napięcia i/lub prądu elektrycznego, **znamienny tym, że zawiera przetwornik odsprzęgający (12) do wytwarzania pośredniego, wyjściowego prądu stałego ze zmiennego, wyjściowego napięcia i/lub prądu elektrycznego tego co najmniej jednego sterowanego źródła (10), które jest niezależne od zmian elektrycznego sygnału wyjściowego źródła (10), do przetwornika odsprzęgającego (12) są dołączone elementy wyjściowe do wytwarzania wyjściowego prądu przemiennego lub prądu stałego do zasilania zmieniającego się w czasie obciążenia (14) z pośredniego, wyjściowego prądu stałego, do przetwornika odsprzęgającego (12) są dołączone również czujniki (18, 20) i/lub (22) do kontroli napięcia i/lub prądu tego co najmniej jednego sterowanego źródła (10) i pośredniego, wyjściowego prądu stałego, a do czujników (18, 20) i/lub (22) są dołączone układy sterowania (16, 24, 26) co najmniej jednym sterowanym źródłem (10) dla regulacji mocy wymaganej przez obciążenie (14).**

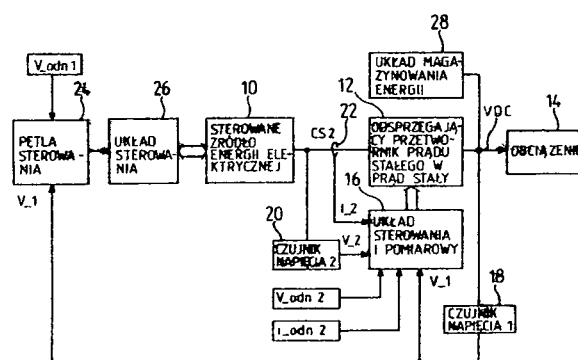


Fig 1

Zasilacz energii

Zastrzeżenia patentowe

1. Zasilacz energii zawierający co najmniej jedno sterowane źródło do dostarczania zmiennego, wyjściowego napięcia i/lub prądu elektrycznego, **znamienny tym**, że zawiera przetwornik odsprzęgający (12) do wytwarzania pośredniego, wyjściowego prądu stałego ze zmiennego, wyjściowego napięcia i/lub prądu elektrycznego tego co najmniej jednego sterowanego źródła (10), które jest niezależne od zmian elektrycznego sygnału wyjściowego źródła (10), do przetwornika odsprzęgającego (12) są dołączone elementy wyjściowe do wytwarzania wyjściowego prądu przemiennego lub prądu stałego do zasilania zmieniającego się w czasie obciążenia (14) z pośredniego, wyjściowego prądu stałego, do przetwornika odsprzęgającego (12) są dołączone również czujniki (18, 20) i/lub (22) do kontroli napięcia i/lub prądu tego co najmniej jednego sterowanego źródła (10) i pośredniego, wyjściowego prądu stałego, a do czujników (18, 20) i/lub (22) są dołączone układy sterowania (16, 24, 26) co najmniej jednym sterowanym źródłem (10) dla regulacji mocy wymaganej przez obciążenie (14).

2. Zasilacz według zastrz. 1, **znamienny tym**, że sterowane źródło (10) zawiera ogniwo paliwowe, generator hydroelektryczny, silnik wiatrowy, generator/turbinę gazową lub inny układ wytwarzania elektrycznego sygnału wyjściowego z nieelektrycznego sygnału wejściowego.

3. Zasilacz według zastrz. 1, **znamienny tym**, że sterowane źródło (10) zawiera silnik i generator, dołączone do przetwornika odsprzęgającego (12).

4. Zasilacz według zastrz. 3, **znamienny tym**, że generator jest generatorem prądu przemiennego, który dostarcza zmienne napięcie wyjściowe przy prądzie przemiennym o zmiennej częstotliwości do przetwornika odsprzęgającego (12) i do generatora jest dołączony prostownik prądu, a przetwornik odsprzęgający (12) stanowi przetwornik prądu prostowanego w pośredni prąd stały.

5. Zasilacz według zastrz. 4, **znamienny tym**, że układy sterowania (16, 24, 26) zawierają czujniki (18, 20) i/lub (22) do kontroli obciążenia wyjściowego, pośredniego prądu stałego przetwornika (12) i/lub sterowanego źródła (10).

6. Zasilacz według zastrz. 5, **znamienny tym**, że układy sterowania (16, 24, 26) są zdolne do utrzymania prądu ze sterowanego źródła (10) na określonym poziomie lub w określonym zakresie, a czujniki (18, 20) i/lub (22) zawierają czujnik napięciowy (18) do kontroli napięcia wyjściowego przetwornika (12).

7. Zasilacz według zastrz. 5, **znamienny tym**, że układy sterowania (16, 24, 26) są zdolne do utrzymania stałego napięcia wyjściowego, a czujniki (18, 20) i/lub (22) zawierają czujnik prądowy (22) do kontroli prądu ze sterowanego źródła (10).

8. Zasilacz według zastrz. 6 albo 7, **znamienny tym**, że do wyjścia przetwornika odsprzęgającego (12) jest dołączony przynajmniej pierwszy układ magazynowania energii (28) do ładowania z wyjścia pośredniego prądu stałego i do rozładowania energii na wyjściu pośredniego prądu stałego.

9. Zasilacz według zastrz. 8, **znamienny tym**, że do układów sterowania (24, 26) jest dołączony sterownik (38) dostarczania energii do obciążenia pomocniczego (32).

10. Zasilacz według zastrz. 8, **znamienny tym**, że zawiera przynajmniej drugi układ magazynowania energii (46) dołączony do układu ładowania z wyjścia pośredniego prądu stałego przetwornika (12) i do układu rozładowania drugiego układu magazynowania energii (46) równoległe z pierwszym układem magazynowania energii (28).

11. Zasilacz według zastrz. 10, **znamienny tym**, że zawiera trzeci układ magazynowania energii (56) dołączony do układu ładowania ze źródła elektrycznego (58) i pomocniczy przetwornik (48) do rozładowania trzeciego układu magazynowania energii (56) równoległe z pierwszym i drugim układem magazynowania energii (28, 46).

12. Zasilacz według zastrz. 11, **znamienny tym**, że pierwszy i drugi układ magazynowania energii (28, 46) są kondensatorami, a trzeci układ magazynowania energii (56) jest baterią.

13. Zasilacz według zastrz. 4 albo 5, albo 6, albo 7, **znamienny tym**, że do sterowanego źródła (10) jest dołączony czujnik prędkości (120) do kontroli prędkości silnika/generatora, do którego jest dołączony generator funkcji (122) do wytwarzania sygnału mocy z wyjściowego sygnału prędkości, dołączony do układów sterowania (16, 24, 26).

14. Zasilacz według zastrz. 13, **znamienny tym**, że do generatorów funkcji (134, 132) są dołączone czujniki ciśnienia i temperatury otoczenia (130, 128) dla kompensacji zmian ciśnienia i temperatury roboczej otoczenia.

15. Zasilacz według zastrz. 13, **znamienny tym**, że do generatora funkcji temperatury wyjściowej (142) jest dołączony czujnik temperatury wyjściowej (148) dla wytwarzania sygnału charakterystycznego obciążenie temperatura wyjściowa/prędkość, do którego jest dołączony sterownik (140) do wytwarzania sygnału błędu z różnicy pomiędzy sygnałem temperatury wyjściowej i sygnałem charakterystycznym obciążenie - temperatura wyjściowa/prędkość.

* * *

Przedmiotem wynalazku jest zasilacz energii, zwłaszcza stosowany do zasilania obciążeń, które zmieniają się w czasie.

W znanych zespołach generatorów elektrycznych silnik lub inne źródło napędu zasila alternator synchroniczny z nominalnie stałą prędkością, która jest obliczana w celu zapewnienia wyjściowego napięcia elektrycznego przy prądzie przemiennym o właściwej częstotliwości. W praktyce prędkość silnika nie pozostaje dokładnie stała, z uzyskiwanymi niepożądanymi zmianami częstotliwości wyjściowego napięcia elektrycznego zespołów generatorów.

Taki zespół generatorów do zasilania maksymalnego żądanego obciążenia ma zgodne z tym parametry, które mogą być bardzo nieekonomiczne w związku z faktem, że obciążenie średnie stanowi zwykle tylko 20% obciążenia szczytowego. Jest wiele zastosowań, takich jak zgrzewanie, ładowanie baterii i uruchamianie/działanie silników elektrycznych, gdzie żądane obciążenie znacznie zmienia się, z przerywanym silnym obciążaniem zespołu generatorów. Jest więc pożądane, żeby zespół generatorów, który jest stosowany w takich przypadkach, był zdolny do działania skutecznie w stanach z małym obciążeniem.

Znane są, na przykład z opisu patentowego USA nr 5 563 802, zespoły generatorów o zmiennej prędkości, które odpowiadają na zmiany żądanego obciążenia przez zmianę prędkości silnika/generatora i wykorzystują baterie do zasilania obciążenia w warunkach małego obciążenia. Układy tego rodzaju mają ograniczony zakres operacyjny prędkości silnika, krótką trwałość baterii w związku z błędnymi cyklami pracy i słabe wyniki w niesprzyjających warunkach pracy.

Zasilacz energii według wynalazku zawiera przetwornik odsprzęgający do wytwarzania pośredniego, wyjściowego prądu stałego ze zmiennego, wyjściowego napięcia i/lub prądu elektrycznego tego co najmniej jednego sterowanego źródła, które jest niezależne od zmian elektrycznego sygnału wyjściowego źródła, do przetwornika odsprzęgającego są dołączone elementy wyjściowe do wytwarzania wyjściowego prądu przemiennego lub prądu stałego do zasilania zmieniającego się w czasie obciążenia z pośredniego, wyjściowego prądu stałego, do przetwornika odsprzęgającego są dołączone również czujniki do kontroli napięcia i/lub prądu tego co najmniej jednego sterowanego źródła i pośredniego, wyjściowego prądu stałego, a do czujników są dołączone układy sterowania co najmniej jednym sterowanym źródłem dla regulacji mocy wymaganej przez obciążenie.

Korzystnie sterowane źródło zawiera ogniwo paliwowe, generator hydroelektryczny, silnik wiatrowy, generator/turbinę gazowa lub inny układ wytwarzania elektrycznego sygnału wyjściowego z nieelektrycznego sygnału wejściowego.

Korzystnie sterowane źródło zawiera silnik i generator, dołączone do przetwornika odsprzęgającego.

Korzystnie generator jest generatorem prądu przemiennego, który dostarcza zmienne napięcie wyjściowe przy prądzie przemiennym o zmiennej częstotliwości do przetwornika odsprzęgającego i do generatora jest dołączony prostownik prądu, a przetwornik odsprzęgający stanowi przetwornik prądu prostowanego w pośredni prąd stały.

Korzystnie układy sterowania zawierają czujniki do kontroli obciążenia wyjściowego, pośredniego prądu stałego przetwornika i/lub sterowanego źródła.

Korzystnie układy sterowania są zdolne do utrzymania prądu ze sterowanego źródła na określonym poziomie lub w określonym zakresie, a czujniki zawierają czujnik napięciowy do kontroli napięcia wyjściowego przetwornika.

Korzystnie układy sterowania są zdolne do utrzymania stałego napięcia wyjściowego, a czujniki zawierają czujnik prądowy do kontroli prądu ze sterowanego źródła.

Korzystnie do wyjścia przetwornika odsprzęgającego jest dołączony przynajmniej pierwszy układ magazynowania energii do ładowania z wyjścia pośredniego prądu stałego i do rozładowania energii na wyjściu pośredniego prądu stałego.

Korzystnie do układów sterowania jest dołączony sterownik dostarczania energii do obciążenia pomocniczego.

Korzystnie zasilacz zawiera przynajmniej drugi układ magazynowania energii dołączony do układu ładowania z wyjścia pośredniego prądu stałego przetwornika i do układu rozładowania drugiego układu magazynowania energii równoległe z pierwszym układem magazynowania energii.

Korzystnie zasilacz zawiera trzeci układ magazynowania energii dołączony do układu ładowania ze źródła elektrycznego i pomocniczy przetwornik do rozładowania trzeciego układu magazynowania energii równoległe z pierwszym i drugim układem magazynowania energii.

Korzystnie pierwszy i drugi układ magazynowania energii są kondensatorami, a trzeci układ magazynowania energii jest baterią.

Korzystnie do sterowanego źródła jest dołączony czujnik prędkości do kontroli prędkości silnika/generatora, do którego jest dołączony generator funkcji do wytwarzania sygnału mocy z wyjściowego sygnału prędkości, dołączony do układów sterowania.

Korzystnie do generatorów funkcji są dołączone czujniki ciśnienia i temperatury otoczenia dla kompensacji zmian ciśnienia i temperatury roboczej otoczenia.

Korzystnie do generatora funkcji temperatury wyjściowej jest dołączony czujnik temperatury wyjściowej dla wytwarzania sygnału charakterystycznego obciążenie - temperatura wyjściowa/prędkość, do którego jest dołączony sterownik do wytwarzania sygnału błędny z różnicy pomiędzy sygnałem temperatury wyjściowej i sygnałem charakterystycznym obciążenie - temperatura wyjściowa/prędkość.

Przedmiot wynalazku jest uwidoczniiony w przykładach wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia w bardzo uproszczonym schemacie blokowym zasilacz energii w postaci generatora hybrydowego, wykorzystującego układ sterowania napięciowego, fig. 2 - schemat podobny do pokazanego na fig. 1, pokazujący zasilacz energii wykorzystujący układ sterowania prądowego, fig. 3 - zasilacz z fig. 1, z układami wyjściowymi zawierającymi układ przewidywania obciążenia, fig. 4 - inny układ wyjściowy zasilacza energii, fig. 5 - inny zasilacz energii z fig. 1, zawierający pierwsze i drugie urządzenie magazynujące energię, fig. 6 - inny zasilacz energii, podobny do zasilacza z fig. 5, zawierający trzecie urządzenie magazynujące energię, fig. 7a - szczegółowy schemat korzystnego przykładu wykonania zasilacza energii, zawierającego prądnice prądu przemiennego z magnesem trwałym, napędzaną silnikiem spalinowym, fig. 7b - wykres pokazujący zależności pomiędzy różnymi poziomami progowymi i napięciami odniesienia w układzie sterowania zasilacza z fig 7a, a fig. 8a, 8b i 9a, 9b, 9c - wykresy pokazujące parametry przykładu wykonania zasilacza energii, fig. 10 i 11 - dalsze przykłady wykonania zasilacza energii, wykorzystujące bardziej złożoną pętlę napięciową i prądową, fig. 12, 13 i 14 - schematy przedstawiające dodatkowe układy sterowania stosowane w zasilaczu energii i fig. 15 - w schemacie blokowym pętlę sterowania dla zasilacza energii wykorzystującego ogniwo paliwowe jako sterowane źródło energii elektrycznej.

Figura 1 przedstawia zasilacz energii w postaci układu generatora hybrydowego. Sterowane źródło energii elektrycznej 10 ma dowolną budowę zawierającą silnik i prądnicę, ogniwo paliwowe, system wykorzystujący energię słoneczną, prądnicę hydro-elektryczną, turbinę wiatrową lub inne źródło energii elektrycznej, które jest sterowane dla regulacji napięcia i połączone z przetwornikiem odsprzęgającym 12, zawierającym przetwornik prądu stałego w prąd stały. Wyjście przetwornika odsprzęgającego 12 jest tu nazwane wyjściem prądu stałego pośredniego o napięciu VDC i jest połączone z obciążeniem 14, które w większości przypadków wykonania wynalazku jest przetwornikiem wyjściowym, takim jak inwerter przetwarzający wyjściowy prąd stały pośredni na przebieg przemienny dla zasilania obciążenia zewnętrznego. W pewnych przypadkach obciążenie zewnętrzne obciążeniem prądu stałego lub silnikiem pojazdu.

Przetwornik odsprzęgający 12 realizuje ważną funkcję separowania lub izolowania wyjścia prądu stałego pośredniego od zmian prądu i/lub napięcia wyjściowego źródła 10 tak, że układ sterowania urządzenia może dostosować znaczne zmiany napięcia wyjściowego źródła 10. Na przykład jeśli źródłem 10 jest zespół silnik/prądnicą, to dzięki separacji jaką daje przetwornik odsprzęgający 12, zespół silnik/prądnicą może pracować w szerokim zakresie prędkości, podczas, gdy parametry wyjścia prądu stałego pośredniego utrzymują się w pożądanym zakresie parametrów. Przetwornik 12 separuje także lub izoluje źródło od zmian obciążenia.

Przetwornik odsprzęgający 12 może mieć różne postacie zależnie od rodzaju sterowanego źródła energii elektrycznej 10. Tam, gdzie wyjście źródła jest wyjściem prądu stałego, elementem separującym jest dogodnie przetwornik prądu stałego w prąd stały. W przypadku, gdy źródło 10 ma wyjście o napięciu przemiennym, powinien być użyty przetwornik prądu przemiennego w prąd stały. Zasadniczo przetwornik 12 realizuje funkcję przetwarzania, dopuszczając zmienne w szerokim zakresie napięcie źródła 10 i wytwarzając z niego pośrednie stałe napięcie wyjściowe stosownie do sygnałów sterowania z układu pomiarowego i sterowania.

Na fig. 1 układ pomiarowy i sterowania jest oznaczony numerem odsyłającym 16. Ten układ może zawierać układ analogowy lub cyfrowy i może być łatwo zrealizowany przy użyciu mikroprocesora pracującego pod kontrolą odpowiedniego oprogramowania. Jednakże dla celów niniejszego opisu będzie on określany jako „układ” pomiarowy i sterowania.

Pierwszy czujnik napięcia 18 kontroluje wartość wyjścia prądu stałego pośredniego VDC, wytwarzając sygnał V_1 , który jest podawany do układu pomiarowego i sterowanego 16. Drugi czujnik napięcia 20 mierzy wartość napięcia wyjściowego źródła 10 i wytwarza sygnał napięciowy V_2 , który jest podawany do układu pomiarowego i sterowania 16. Dodatkowo czujnik prądowy 22 mierzy prąd, płynący ze źródła do przetwornika prądu stałego w prąd stały 12 i wytwarza sygnał prądowy I_2 , który jest podawany do układu pomiarowego i sterowania 16. Do układu 16 są także podawane sygnały odniesienia odpowiednio napięciowy V_{odn2} i prądowy I_{odn2} .

Sygnał wyjściowy V_1 z czujnika napięcia jest także podawany do pętli sterowania 24, która ma podane do niej napięcie odniesienia V_{odn1} i która generuje wyjściowy sygnał elektryczny, który jest podawany do systemu sterowanego 26 źródła 10. Zależnie od rodzaju źródła, system sterowania może być sterownikiem wtrysku paliwa silnika spalinowego, lub sterownikiem kontrolującym, na przykład przepływ gazu (np. wodoru lub tlenu) w ogniwie paliwowym.

Urządzenie z fig. 1 zawiera układ magazynowania energii, oznaczony ogólnie numerem odsyłającym 28 połączony z wyjściem prądu stałego pośredniego. W prostej odmianie wynalazku, układ magazynowania energii, może zawierać kondensator połączony równolegle z wyjściem prądu stałego pośredniego, dla zapewnienia krótkoterminowej rezerwy napięcia, gdy obciążenie dołączone do wyjścia prądu stałego pośredniego zmieni się nagle. W bardziej złożonych przykładach wykonania wynalazku (patrz poniżej) układ magazynowania energii może być uzupełniony o jeden lub więcej różnych układów magazynowania energii z odpowiednim systemem sterowania.

Urządzenie z fig. 1 pracuje z napięciową pętlą sterowania, która jest tak skonstruowana że przetwornik prądu stałego na prąd stały 12 skutecznie reguluje napięcie VDC wyjście prądu stałego pośredniego przy maksymalnym napięciu odpowiadającym napięciu odniesienia V_{odn2} tak, że wartość VDC jest regulowana przez pętlę sterowania, stosownie do odniesienia, niezależnie od zmian napięcia wyjściowego ze źródła 10.

W tym samym czasie, w tym trybie pracy, przetwornik 12 kontroluje płynący prąd, stosownie do odniesienia prądowego I_{odn2} , tak że źródło 10 jest obciążone optymalnie. Na przykład w przypadku zespołu silnik/prądnica, gdy zespół silnik/prądnica pracuje w zmiennym zakresie prędkości, silnik jest obciążony według pożądanej krzywej, która aproksymuje optymalną charakterystykę moc/prędkość silnika. Gdy pobierana moc obciążenia gwałtownie wzrasta prądowy układ sterowania przetwornika 12 zapobiega wzrostowi mocy obciążenia przez zwiększenie prądu pobieranego ze źródła. To rzeczywiście oznacza że na wyjściu prądu stałego pośredniego brakuje mocy, co powoduje, że obciążenie pobiera energię bezpośrednio z układu magazynowania energii 28, co zwiększa napięcie wyjścia prądu stałego pośredniego. Gdy energia jest pobierana z urządzenia, napięcie wyjściowe urządzenia, a więc napięcie wyjścia prądu stałego pośredniego obniży się.

Gdy wartość VDC wykrywana przez pierwszy czujnik napięcia 18 obniża się poniżej pierwszego poziomu progowego, wynikowy sygnał wejściowy podany do pętli sterowania 24 systemu sterowania 26, steruje źródłem 10, dla zwiększenia jego mocy wyjściowej. W przypadku zespołu silnik/prądnica, systemu sterowania 26 będzie zwiększać prędkość silnika, co powoduje odpowiedni wzrost napięcia wyjściowego generatora. To zwiększenie napięcia zwiększa moc dostarczaną do przetwornika 12, a więc umożliwia przetwornikowi dostarczać większą moc do wyjścia prądu stałego pośredniego bez przekraczania prądu źródła ustalonego przez odniesienie I_{odn2} . Źródło 10 może więc zadowolić obciążenie i rozładowuje układ magazynowania energii 28. Napięcie wyjścia prądu stałego pośredniego wzrasta, aż do momentu, gdy ponownie zostaje osiągnięta wartość progowa napięcia ustalonego przez odniesienie napięciowe V_{odn1} , a źródło 10 będzie stabilizować nowy wyższy poziom mocy wyjściowej.

Gdy wymagana moc zmniejsza się, równowaga pomiędzy źródłem i obciążeniem będzie znowu zakłócona. W tym przypadku napięcie VDC wzrośnie, pętla sterowania napięcie/prędkość będzie działać dla zmniejszenia mocy wyjściowej źródła (np. prędkości silnika w zespole silnik/prądnica) zmniejszenie mocy wyjściowej i napięcia i odpowiednio umożliwi przetwornikowi 12 ograniczenie napięcia wyjściowego z powrotem do wartości nominalnej napięcia.

W opisanym powyżej trybie pracy jest stosowana kontrola kształtu prądu w połączeniu z głównym układem sterowania napięciem. Przez kontrolowanie lub ograniczanie prądu płynącego ze źródła, napięcie VDC wyjścia prądu stałego pośredniego zmienia się przy zmianach wymaganego obciążenia w ustalonym zakresie zmian napięcia dopuszczanych przez przetwornik 12 i jego układ sterowania 16. Wielkość zakresu będzie zależna w praktyce, między innymi, od zachowania parametrów przetwornika obciążenia 14, układu magazynowania energii 28 i odpowiedzi dynamicznej źródła elektrycznego 10 dla jego układu sterowania 26.

Urządzenie z fig. 2 jest zasadniczo podobne do pokazanego na fig. 1, za wyjątkiem tego, że układ sterowania jest pierwotnie raczej układem sterowania prądowego niż układem sterowania napięciowego. Zgodnie z układem sterowania prądowego przetwornik 12 działa tak, aby regulować napięcie VDC wyjścia prądu stałego pośredniego zgodnie z napięciem odniesienia V_{odn} , tak że wartość VDC jest utrzymywana zasadniczo stała niezależnie od zmian napięcia wejściowego przetwornika 12.

Gdy wymagana moc obciążenia (iloczyn napięcia stałego i prądu stałego na wyjściu prądu stałego pośredniego) wzrasta, prąd w przetworniku, a więc prąd podawany przez źródło 10 musi także wzrosnąć bo VDC jest tak regulowane, aby być zasadniczo stałe. Przetwornik 12 pozwala, aby prąd wzrastał lub zmniejszał się zależnie od wymaganej mocy obciążenia, w granicach bezpiecznej pracy.

Gdy wartość obciążenia wzrasta i ponieważ wartość VDC jest utrzymywana zasadniczo stała, przetwornik 12 usiłuje zasilić obciążenie, przez żądanie więcej prądu ze źródła 10.

Czujnik prądowy 22 wykrywa ten wzrost wytwarzając sygnał wyjściowy I_{2} , który jest podany zarówno do układu pomiarowego i sterowania 16, jak i do pętli sterowania 24. Poprzez układ sterowania 26, pętla sterowania 24 reguluje napięcie wyjściowe źródła 10 dla zwiększenia mocy wyjściowej. Na przykład w przypadku zespołu silnik/prądnica, prędkość silnika jest zwiększana, co powoduje wzrost napięcia i mocy prądnic. Zwiększenie napięcia wyjściowego źródła powoduje, że przetwornik 12 zmniejsza swoją przekładnię napięciową. Gdy napięcie wejściowe wzrasta, prąd wejściowy przetwornika 12 będzie wzrastać, aż do ponownego uzyskania wartości progowej prądu określonej przez sygnał odniesienia prądowego I_{odn2} , a źródło 10 będzie stabilizować swoją nową moc wyjściową, w przypadku zespołu silnik/prądnica, silnik będzie pracował stabilnie przy nowej wyższej prędkości).

Przeciwnie, gdy wymagana wartość mocy obciążenia maleje, przetwornik 12 będzie wymagał mniej prądu ze źródła. Gdy wartość prądu zmniejszy się poniżej nastawionej wartości progowej ustalonej przez I_{odn2} , moc wyjściowa źródła zmniejszy się (np. prędkość silnika zespołu silnik/prądnica ulegnie zmniejszeniu). Odpowiednie zmniejszenie napięcia wyjściowego źródła spowoduje zmniejszenie prądu pobieranego ze źródła. Gdy prąd powróci do wartości określonej przez odniesienie prądowe I_{odn2} , źródło będzie stabilizować swoją nową moc wyjściową, (np. prędkość silnika zespołu silnik/prądnica, będzie stabilizowana przy nowej niższej prędkości).

W tym trybie pracy, źródło jest chronione przez przetwornik 12, który ogranicza maksymalny prąd pobierany ze źródła. Gdy prąd źródła wzrasta do wartości, która jest uważana za optymalną (na przykład, gdy prąd wyjściowy zespołu silnik/prądnica uzyska wartość odpowiadającą optymalnemu wyjściowemu momentowi obrotowemu silnika) funkcja ograniczania prądu, opisana w odniesieniu do układu sterowania napięcia, może zacząć działać. Kolejne zwiększenie wymaganego obciążenia spowoduje brak mocy wyjścia prądu stałego pośredniego, co spowoduje odpowiedni spadek napięcia wyjściowego VDC w wyjściu prądu stałego pośredniego.

W obydwu opisanych powyżej układach sterowania stosowanie separującego przetwornika 12, może być uznane za szczególnie ważne, umożliwiające użycie zmiennych źródeł elektrycznych o całkiem różnych charakterystykach.

Różne zmiany i modyfikacje podstawowych urządzeń opisanych powyżej są możliwe.

Na przykład jest możliwe zastosowanie dwóch lub więcej pomocniczych źródeł energii zamiast układu magazynowania energii 28, dla uzyskania układu, który będzie sprawniej odpowiadał zarówno na krótkie jak i na długie impulsy napięcia (patrz poniżej). W niektórych innych przypadkach dodatkowe elementy magazynujące energię mogą być wykluczone. Zamiast tego może być wprowadzony układ przewidujący obciążenie, dla umożliwienia poprawnej pracy przy dużych udarach lub wielkich zmianach obciążenia. Na fig.3 pokazano urządzenie zasadniczo odpowiadające urządzeniu z fig. 1, gdzie obciążenie wewnętrzne 14 zawiera przetwornik napięcia stałego na napięcie przemiennie (to jest inwerter) który jest przystosowany do zasilania elektrycznego wyjścia prądu przemiennego do głównego obciążenia 30. Ponadto występuje tu drugie uciążliwe obciążenie pomocnicze 32, przewiduje się że to obciążenie powoduje występowanie stanów przejściowych i przeciążenia podczas pracy. To obciążenie pochodzi z przetwornika 14 poprzez układ interfejsu 34 i czujnik prądowy 36, który dostarcza wyjściowego sygnału prądowego I_{4} do sterownika 38 związanego z wielkością prądu obciążenia. Sterownik 38 steruje pracą układu interfejsu 34.

Po wykryciu obciążenia, układ interfejsu 34 gwałtownie odłącza obciążenie od przetwornika 14 lub ogranicza częstotliwość i/lub napięcie wyjściowe do obciążenia. Sterownik 38 wytwarza sygnał wyjściowy V_{a2x} , który jest podawany do pętli sterowania 24, dla spowodowania, aby źródło 10 utworzyło maksymalną moc wyjściową (w przypadku zespołu silnik/prądnica, silnik będzie przyspieszany do maksymalnej prędkości). Pojawią się warunki pracy przy obniżonym obciążeniu i działająca przy normalnym obciążeniu adaptacyjna pętla sterowania mocą jest chwilowo zamieniona. Gdy sterownik interfejsu 38 wykryje na podstawie napięcia wyjściowego V_{2} drugiego czujnika napięciowego 20, że napięcie wyjściowe źródła 10 ma wartość maksymalną, sterownik 38 podaje sygnał sterowania V_{ali} do interfejsu 34 łączącego obciążenie pomocnicze 32 z przetwornikiem 14, zgodnie z nastawionymi

charakterystykami interfejsu (np. zał/wył, zmienne napięcie/ częstotliwość lub miękki start. Po chwilowym zastąpieniu, adaptacyjna pętla sterowania pracująca przy normalnym obciążeniu podejmuje pracę i moc wyjściowa źródła 10 będzie stabilizowana, tak że jego moc wyjściowa i całkowite wymagane obciążenie są zrównoważone.

W sposób według przykładu, jeżeli obciążeniem pomocniczym jest silnik bocznikowy prądu stałego, to interfejs będzie podawał napięcie do uzwojenia bocznikowego, a następnie podnosił napięcie uzwojenia twornika do osiągnięcia nominalnego napięcia pracy. Jeżeli obciążeniem pomocniczym jest silnik prądu przemiennego, to interfejs może albo ograniczyć przyłożone napięcie, jak w układzie miękkiego startu lub zmniejszać napięcie i częstotliwość proporcjonalnie tak jak w układzie regulacji prędkości (ASD). Obciążenie pomocnicze może być także po prostu odłączone i załączone powtórnie, gdy źródło osiągnie swój maksymalny poziom mocy.

Figura 4 pokazuje podobny układ jak ten z fig. 3 (identyczne elementy zostały pominęte dla uniknięcia powtórzenia), za wyjątkiem tego, że obciążenie wewnętrzne 14 jest przetwornikiem prądu stałego na prąd stały, który zasilają podstawowe obciążenie prądu stałego 40. Obciążenie pomocnicze (prądu stałego lub prądu przemiennego) jest zasilane przez interfejs 44 i czujnik prądowy 36 bezpośrednio z wyjścia prądu stałego pośredniego urządzenia.

Na fig.5 pokazana jest odmiana urządzenia odpowiadająca zasadniczo przykładowi wykonania wynalazku z fig. 1, ale w którym występuje drugi pomocniczy układ magazynowania energii 46. W tym układzie magazynowania energii 46 są typowo kondensatory lub ultrakondensatory. Zamiast tego, zwłaszcza w przypadku, drugiego układu magazynowania energii 46, gdzie cykle pracy są mniej uciążliwe bateria lub silnik/prądnica z kołem zamachowym mogą być stosowane. Kondensator(y) 46 są dołączone do wyjścia prądu stałego pośredniego za pośrednictwem drugiego przetwornika prądu stałego na prąd stały 48 mającego własny układ pomiarowy i sterowania 50. Układ sterowania 50 odbiera sygnał wyjściowy V_1 z pierwszego czujnika napięcia 18 odpowiadający wartości VDC, jak również sygnał wyjściowy V_3 z trzeciego czujnika napięcia 52 odpowiadający wartości napięcia na układzie magazynowania energii 46 i sygnał wyjściowy I_3 z czujnika prądu 54, odpowiadający wartości prądu pomiędzy pomocniczym układem magazynowania energii 46 i przetwornikiem 48.

Układ pomiarowy i sterowania 50 jest przystosowany do sterowania przetwornika 48, dla dostarczania energii z drugiego pomocniczego układu magazynowania energii 46 do wyjścia prądu stałego pośredniego, gdy wartość VDC spada poniżej drugiego poziomu progowego, który jest nieco niższy niż pierwszego poziomu progowego określonego poprzez napięcie odniesienia V_{odn} . Tak więc w przypadku raptownego wzrostu wymaganej mocy obciążenia wartość VDC spada poniżej drugiego poziomu progowego i dodatkowa energia z kondensatorów 46 jest skutecznie dostarczana do obciążenia równocześnie z energią dostarczaną przez kondensatory 28 i główny przetwornik odsprzęgający 12.

Aby przystosować kondensatory, które są przyrządami o zmiennym napięciu (to jest napięcie na zaciskach kondensatorów zmienia się zależnie od stanu naładowania), przetwornik prądu stałego na prąd stały 48 pracuje zarówno jako przetwornik o zmiennej przekładni podwyższającej jak i obniżającej (zależnie od napięcia pracy kondensatorów), w zależności od wymagań, tak że zapewnia on na wyjściu prądu stałego pośredniego napięcie, które jest nominalnie równe VDC. Ten układ umożliwia, aby dodatkowe źródła energii mające zasadniczo różne charakterystyki (np. wyższe lub niższe napięcie pracy) były równolegle stosowane.

Figura 6 pokazuje podobny układ jak ten z fig. 5, ale z dołączonym trzecim układem magazynowania energii 56. W tym przypadku oba układy magazynowania energii 28 i 46 są bankami kondensatorów. W tym przypadku bateria 56 jest przystosowana do ładowania ze źródła energii 58, które może pochodzić z głównego źródła 10 lub, które może być na przykład pomocniczym źródłem energii, panelem słonecznym lub innym źródłem energii. Napięcie wyjściowe źródła 58 jest podawane na przetwornik 60, charakterystyki, którego są określone przez rodzaj źródła 58. Wyjście przetwornika 60 jest podawane przez czujnik prądowy 62 do baterii 56, a jego praca jest sterowana przez układ pomiarowy i sterowania 64, który reaguje na sygnał wyjściowy czujnika prądowego 62, czujnika napięcia 66 i sygnały napięcia i prądu odniesienia V_{odn4} i I_{odn4} .

Bateria 56 jest połączona przez układ interfejsu 68 do wejścia przetwornika prądu stałego na prąd stały 48, którego wyjście jest rzeczywiście drugim wyjściem prądu stałego pośredniego urządzenia, izolowanym lub separowanym od głównego wyjścia prądu stałego pośredniego przez przetwornik 48.

Jest korzystne, że opisany powyżej przykład wykonania wynalazku, który stosuje wiele sterowanych źródeł energii elektrycznej, przedstawia układ generatora hybrydowego, który może zasilать jedno lub więcej obciążeń z jednego lub więcej różnych źródeł, zgodnie z ustalonym układem sterowania. Tak więc wynalazek zapewnia wielką elastyczność w projektowaniu układów generatorów hybrydowych dla określonych zastosowań.

W pokazanym układzie pierwszy układ magazynowania energii 28 rozładowuje się na obciążenie 14, gdy wartość VDC spada na skutek wzrostu wymaganego obciążenia. Gdy wartość VDC dalej się obniża poniżej pierwszego poziomu progowego, jest uruchamiana pętla sterowania mocy, jak opisano powyżej w odniesieniu do fig. 1. Drugi pomocniczy układ magazynowania energii 46 rozładowuje energię na wyjście prądu stałego pośredniego, gdy wartość VDC obniża się poniżej drugiego poziomu progowego, leżącego poniżej pierwszego poziomu progowego. Trzecie źródło energii (rezerwowa bateria 56) rozładowuje się, gdy napięcie V_3 mierzone na wyjściu drugiego pomocniczego układu magazynowania energii 46 obniża się poniżej granicznego napięcia baterii 56.

Chociaż bateria 56 może być przystosowana do dostarczania mocy do wyjścia prądu stałego pośredniego, gdy wartość VDC obniża się poniżej trzeciego poziomu progowego, leżącego poniżej drugiego poziomu progowego, jest ważne, że układ sterowania baterii rezerwowej może być przystosowany do podawania mocy przez interfejs 68 w dowolnym punkcie, niezależnie od nastawionych pierwszego i drugiego poziomu progowego. Ta elastyczność jest szczególną zaletą wynalazku.

W układzie z fig 6 bateria 56 będzie typowo stosowana do zasilania obciążenia stosunkowo rzadko w porównaniu z bankami kondensatorów 28 i 46. Jest to pożądane, ponieważ cykl roboczy jest w wyniku tego dramatycznie obniżony, podczas, gdy kondensator może przeżyć znacznie więcej cykli ładowania i rozładowania, w porównaniu z baterią. Dlatego ten układ zapewnia urządzeniu znaczna elastyczność i rezerwy zbiornik energii, jednocześnie zwiększając niezawodność i czas życia układu.

Zamiast kondensatorów i baterii inne układy magazynowania energii takie jak silnik/prądnica z kołem zamachowym mogą być wymiennie stosowane. Ważnym kryterium, oprócz stosowania odpowiednich interfejsów jest dopasowanie typu układu magazynowania energii do możliwości dostarczania wymaganej energii, zarówno w stanach przejściowych jak i w długich okresach, które musi spełniać pomocniczy układ magazynowania energii.

Figura 7a, jest szczegółowym schematem korzystnego przykładu wykonania wynalazku. Ten przykład wykonania wynalazku wykorzystuje zespół silnik/prądnica jako sterowane źródło energii elektrycznej 10. Silnik 70 zastosowany w prototypie był silnikiem Diesla z wtryskiem paliwa, podczas gdy prądnica była prądnicą prądu przemiennego z magnesem trwałym. Silnik jest sterowany sterownikiem wtrysku paliwa 74 reagującym na elektryczne sygnały sterowania z układu sterownika prędkości silnika 76. Wyjście prądu przemiennego z prądnicy 72 jest podawane na trójfazowy układ prostowniczy 78 a następnie na filtr LC 80, zanim zostanie podane na wejście przetwornika prądu stałego w prąd stały 82 (odpowiadającego przetwornikowi separującemu 12 z poprzednich figur. Przetwornik 12 pracuje jako przerywacz podnoszący napięcie. Napięcie wyjściowe prądnicy 72 będzie się zmieniać w zakresie napięcia i częstotliwości w zależności od prędkości silnika 70, a przetwornik prądu stałego w prąd stały 82 przetwarza to zmienne napięcie wyjściowe na wyjście prądu stałego pośredniego, które jest stosowane do zasilania obciążenia wewnętrznego 14 (typowo inwertera), który z kolei zasila obciążenie zewnętrzne 84. Jak opisano powyżej przetwornik prądu stałego w prąd stały 82 skutecznie separuje lub izoluje wyjście prądnicy/prostownika, które zmienia się zasadniczo ze zmianami prędkości silnika 70, od wyjścia prądu stałego pośredniego.

Układ sterowania urządzenia zawiera układ sterowania napięciowego 86, do którego jest dostarczane główne odniesienie napięcia wejściowego V_{r10v} z generatora funkcji napięcia odniesienia 88 i drugie napięcie wejściowe V_{a8} z czujnika napięcia 90, które odpowiada

wartości VDC (to jest napięciu na wyjścia prądu stałego pośredniego. Wartość Va8 odpowiada zmianom wartości VDC spowodowanym zmianom wartości wymaganego obciążenia. Układ sterowania napięciowego 86 zasadniczo działa jak sterownik porównujący zmierzoną wartość VDC z głównym odniesieniem napięcia wejściowego Vr10v. W przypadku pracy w warunkach małego obciążenia odpowiadającego małej prędkości pracy zespołu silnik/prądnica spadek napięcia na przetworniku obciążenia 14 jest mniejszy i główne odniesienie napięcia wejściowego Vr10v jest zmniejszone przez generator funkcji napięcia odniesienia 88, dla poprawy sprawności urządzenia przy częściowym obciążeniu.

Przetwornik prądu stałego w prąd stały 82 ma sterownik napięcia i prądu 92, który także otrzymuje sygnał wyjściowy Va8 z generatora funkcji prądu odniesienia 94 i sygnał napięcia odniesienia Vr9v. Ponadto do sterownika napięcia i prądu 92 jest podawany sygnał wejściowy Va5, który zależy od wielkości prądu dostarczanego z prostownika 80 do przetwornika prądu stałego w prąd stały. Układ sterowania napięciowego 86 wytwarza sygnał odniesienia prędkości VR11 w odpowiedzi na zmierzone zmiany VDC, które są podawane do sterownika prędkości silnika 76 łącznie z sygnałem wyjściowym Va2 z czujnika prędkości 96. Sterownik prędkości silnika 76 wytwarza sygnał wyjściowy Vr12, który jest podawany do sterownika wtrysku paliwa 74 dla zmiany prędkości silnika 70.

Sygnał prędkości Va2 jest także przykładany do generatora funkcji prądu odniesienia 94, który modyfikuje sygnał odniesienia prądu Vr9i jako funkcję prędkości odpowiadającą charakterystyce moment obrotowy/prędkość. W prądniczy z magnesem trwałym gdzie napięcie wyjściowe zmienia się liniowo w funkcji prędkości, prąd prądniczy odpowiada momentowi obrotowemu silnika. W konsekwencji sterownik napięcia i prądu 92 steruje przetwornikiem 82, tak że dostosowuje on obciążenie silnika 70 do charakterystyki moment obrotowy/prędkość, aby zoptymalizować parametry w szerokim zakresie zmian obciążenia.

Gdy wartość obciążenia 84 wzrasta i w rezultacie sygnał napięcia Va8 ma wartość mniejszą od napięcia odniesienia Vr10v wartości progowej sterowania prędkości, układ sterowania napięciowego 86 zwiększa wartość sygnału wyjściowego Vr11 tak, że prędkość silnika wzrasta. Sterownik napięcia i prądu 92 reguluje działaniem przetwornika prądu stałego w prąd stały 82, tak że prąd wyjściowy generatora jest równy wartości ustalonej przez sygnał odniesienia Vr9ia prądu. Ale gdy napięcie prądniczy, a więc moc wejściowa przetwornik 82 wzrasta z prędkością, odpowiedni wzrost mocy dostarczanej do wyjścia prądu stałego pośredniego powoduje wzrost wartości VDC. Warunek stabilności będzie spełniony, gdy Va8 jest równe Vr10v. Odwrotnie, gdy sygnał napięciowy Va8 (odpowiadający zmianom wartości VDC) jest większy niż napięcie odniesienia Vr10v, prędkość silnika zmniejsza się. Jeżeli silnik osiągnie minimalną prędkość roboczą, a wartość VDC pozostaje większa niż sygnał odniesienia Vr9v (który jest nieco większy od Vr10v) sterownik napięcia i prądu 92 będzie sterował przetwornikiem prądu stałego w prąd stały 82, tak aby zmniejszyć jego napięcie wyjściowe, tak że sygnał prądowy Va5 jest zmniejszany, aż wartość VDC jest równa napięciu odniesienia Vr9v.

Oprócz pierwszego układu magazynowania energii (kondensator) 28, urządzenie zawiera pomocniczy układ magazynowania energii zawierający kondensator C3 i baterię BAT. Bateria jest izolowana od kondensatora za pomocą diody D6 i skutecznie tworzy baterię hybrydową z kondensatorem. Napięcie baterii Vbat jest zasadniczo niższe niż napięcie kondensatora Vc3 tak, że kondensator może dostarczyć znaczną ilość energii do obciążenia, gdy się wyładowuje, przy napięciu na jego zaciskach zmniejszającym się od stosunkowo wysokiej wartości, jaką ma kondensator w pełni naładowany, do wartości, którą w końcu osiąga napięcie graniczne Vbat baterii. Gdy napięcie na zaciskach kondensatora jest równe napięciu Vbat bateria przejmuje funkcję dostarczania energii, ponieważ ona dostarcza energię przez diodę D6 przez przetwornik ładowania i rozładowania 98 do wyjścia prądu stałego pośredniego.

Przetwornik ładowania i rozładowania 98 zawiera parę tranzystorów T2 i T3 łącznie z diodami D2 i D3 i dławikiem L3. Tranzystor T3 i dioda D3 są sterowane przez sterownik ładowania 100 i pracują w powiązaniu z dławikiem L3 jako przerywacz obniżający napięcie dla ładowania kondensatora z wyjścia prądu stałego pośredniego. Tranzystor T2 i dioda D2 są sterowane przez sterownik ładowania 102 i pracują w powiązaniu z dławikiem L3,

jako przerywacz podwyższający napięcie, dla sterowania rozładowania kondensatora C3 do wyjścia prądu stałego pośredniego. Rezerwowa bateria BAT także rozładowuje się na wyjście prądu stałego pośredniego przez przerywacz podwyższający napięcie zawierający tranzystor T2, diodę D2 i dławik L3.

Sterownik rozładowania 102 działa według wartości nastawionego progu napięciowego wyjścia prądu stałego pośredniego i odpowiedniego sygnału sprzężenia zwrotnego I_{scs} dostarczanego przez czujnik prądowy 118, jak opisano powyżej.

Sterownik ładowania 100 pracuje w odpowiedzi na sygnał umożliwiający ładowanie V₂₁ z komparatora 119, gdy sygnał Va₈ wyjścia prądu stałego pośredniego przekracza napięcie odniesienia Vr_{19vb} umożliwiające ładowanie nieco więcej niż Vr_{18v}. On pracuje, między innymi zgodnie sygnałem wyjściowym z generatora funkcji prądu odniesienia kondensatora 104, który modyfikuje sygnał prądu odniesienia jako funkcje sygnału sprzężenia zwrotnego prędkości Va₂ z czujnika prędkości 96 dla optymalizacji ładowania kondensatora C3 zgodnie z prędkością silnika i dostępną mocą.

Dzięki obecności diody blokującej D5 bateria rezerwowa BAT może być tylko rozładowywana (a nie ładowana) przez przetwornik ładowania i rozładowania 98. Ponadto dodatkowy przetwornik ładowania 106 zawierający tranzystor T4, diodę D4 i dławik L4 jest wprowadzony dla ładowania baterii. Sterownik 106 jest sterowany przez sterownik układu ładowania 108 i pracuje jako przerywacz obniżający napięcie dla ładowania baterii zgodnie z sygnałem napięcia zwrotnego V_{bat} z monitora napięcia baterii 110, sygnałem prądowym sprzężenia zwrotnego baterii I_{bat}, sygnałem napięcia odniesienia baterii V_{bat} odn i sygnałem odniesienia prądu ładowania I_{bat} odn. Te ostatnie sygnały odniesienia są generowane odpowiednio przez generator funkcji napięcia odniesienia baterii 112 i generator funkcji prądu odniesienia baterii 114. Filtr zawiera kondensator C5 i dławik L5 wygładzające wyjście obciążenia przetwornika ładowania 106, aby uniknąć uszkodzenia baterii w wyniku dużych tętnień napięciowych lub prądowych.

Generator funkcji napięcia odniesienia 112 modyfikuje sygnał napięcia odniesienia baterii V_{bat} odn zależnie od temperatury baterii, aby zapobiec gazowaniu podczas ładowania. Generator funkcji prądu odniesienia baterii modyfikuje sygnał napięcia odniesienia baterii I_{bat} odn, zależnie od sygnału sprzężenia zwrotnego prędkości Va₂, dla optymalizacji ładowania baterii w odniesieniu do dostępnej mocy.

W pokazanym przykładzie energia dla przetwornika 106 ładowania baterii jest pobierana z wyjścia prądu stałego pośredniego, ale zaletą jest to, że może tu być zastosowane niezależne źródło mocy dla ładowania baterii BAT na przykład bateria słoneczna.

Ponieważ układ sterowania przetwornika ładowania i rozładowania 98 może pracować prawie natychmiast po wykryciu obniżenia wartości VDC spowodowanego nagłym zwiększeniem wielkości obciążenia (to jest warunków chwilowego przeciążenia), nie jest konieczne, aby silnik 70 obracał się z nieekonomicznie dużą prędkością dla sprostania takiemu wymaganiu. Zamiast tego, pomocnicze źródła energii mogą dostarczyć wystarczającej energii dla zapewnienia wymaganego impulsu obciążenia, aż do momentu, gdy silnik zwiększy prędkość wystarczająco dla pełnego zabezpieczenia obciążenia. Tak więc opisany przykład wykonania wynalazku zapewnia szybkie działanie krótkookresowego źródła energii pracującego równolegle z zespołem prądniczy o zmiennej prędkości i zmiennym napięciu wyjściowym.

Figura 7b pokazuje wzajemne zależności pomiędzy różnymi napięciami odniesienia i działającymi poziomami progowymi w układzie z fig. 7a. Gdy napięcie VDC wyjścia prądu stałego pośredniego odpowiada sygnałowi Va₈ z czujnika napięcia 90 obniża się poniżej drugiego poziomu progowego Vr_{18v}, przetwornik 98 będzie pompował prąd z kondensatora C3 do wyjścia prądu stałego pośredniego dla utrzymania jego wartości na drugim poziomie progowym napięcia Vr_{18v}, niezależnie od obniżenia napięcia na zaciskach kondensatora C3. To napięcie na zaciskach V_{ses} jest napięciem wejściowym układu kontrolnego napięcia 116, który podaje sygnał wyjściowy do sterownik ładowania 100. Sygnał prądu rozładowania kondensatora I_{scs} jest uzyskiwany z czujnika prądowego 118 i jest także podawany do sterownika ładowania 100, jak również do sterownika rozładowania 102.

Sterownik rozładowania 102 ogranicza prąd rozładowania zależnie od wartości prądu odniesienia $Vr18i$. Aby chronić przetwornik 198 przed przeciążeniami, a kondensator C3 i baterię BAT przed nadmiernym rozładowaniem.

Rozładowanie poprzez przetwornik 98 jest uniemożliwione przez sterownik rozładowania 102, gdy napięcie V_{ses} kondensatora C3 obniży się poniżej trzeciego poziomu progowego, do poziomu wskazującego na zły stan naładowania baterii BAT. Elementy ochrony baterii są pominięte dla jasności na fig 7a. Jednakże istnieje bezpośrednia kontrola rozładowania baterii BAT. Gdy napięcie na zaciskach kondensatora C3 obniża się poniżej napięcia rezerwowej baterii BAT, prąd jest dostarczany przez diodę D5 do kondensatora C3, a następnie przez przetwornik 98 do wyjścia prądu stałego pośredniego. Z powodu spadku napięcia na diodzie D5, napięcie na kondensatorze C3 będzie się stabilizować na trzecim poziomie progowym poniżej drugiego poziomu progowego. Ten poziom napięcia będzie zależeć od charakterystyki napięcia rozładowania baterii rezerwowej, która przejmuje funkcje dostarczania mocy od kondensatora C3.

Chociaż konwencjonalna mądrość może sugerować, że umieszczenie przetwornika prądu stałego w prąd stały pomiędzy wyjściem prądnicy i obciążeniem zmniejszy sprawność urządzenia, z tego powodu, że przetwornik ma sprawność mniejszą niż 100%, to rzeczywiście jest osiągnięty korzystny skutek. Na skutek umieszczenia przetwornika prądu stałego w prąd stały pomiędzy prądnicą/prostownikiem i obciążeniem jest „odseparowanie” lub odizolowanie wyjścia prądnicy od wyjścia prądu stałego pośredniego układu umożliwiające układowi pracę przy znacznie większym zakresie prędkości silnika/prądnicy przy dobrej sprawności. Tak więc urządzenie według wynalazku może sprawnie pracować również przy małym obciążeniu, podczas gdy znane urządzenia nie mogą sprawnie zasilać małego obciążenia z zespołu silnik/prądnica lecz muszą do tego celu stosować baterie. Koszt wynikający ze zwiększenia strat w przetworniku jest pomijalny w porównaniu z zyskiem wynikającym z oszczędności paliwa i zwiększeniem ogólnej sprawności urządzenia według wynalazku.

Figura 8 do 8b i 9a do 9c są wykresami ilustrującymi zasady działania układu kontroli prędkości/mocy z fig 7.

Na fig. 8a moc wyjściowa prądnicy jest pokazana jako funkcja prędkości silnika „A” jest punktem minimalnej prędkości roboczej, a „B” jest punktem maksymalnej prędkości roboczej. Zarówno A jak i B są punktami pracy przy stałej prędkości. Pomiędzy punktami A i B silnik pracuje w trybie zmiennej prędkości. Górna linia (kreskowana) pokazuje maksymalną charakterystykę zależności mocy od prędkości, a niższa linia pokazuje pożądaną krzywą mocy obciążenia, która jest zawsze poniżej krzywej maksymalnej mocy silnika, tak, że jest rezerwa mocy na przyspieszenie w każdym momencie.

W punkcie minimalnej prędkości roboczej (A) moc obciążenia może wzrosnąć do punktu 1 (patrz fig. 8a). Gdy obciążenie wzrośnie bardziej silnik przyspiesza aż do uzyskania w punkcie 2 swojej maksymalnej prędkości roboczej. W tym trybie pracy przy stałej prędkości moc obciążenia może wzrosnąć aż do osiągnięcia maksymalnego zakresu mocy (3).

Zastosowanie sterowanego przetwornika odsprężającego pomiędzy prądnicą i wyjściem prądu stałego pośredniego wprowadza możliwość sterowania obciążeniem silnika w obszarze zmiennej prędkości pomiędzy punktami 1 i 2 zgodnie z pożądaną krzywą włączając w te granice minimalną i maksymalną prędkość roboczą w punktach A i B. Sterowanie jest realizowane przez sterownik prądu pobieranego z prądnicy zgodnie z pożądaną charakterystyką prądu odniesienia. Fig. 8c pokazuje zasadniczo liniową charakterystykę zależności napięcia od prędkości prądnicy z magnesem trwałym. Zakładając, że moc obciążenia prądnicy jest wyrażona iloczynem wyprostowanego napięcia stałego generatora i wyjściowego prądu stałego, to przy danej charakterystyce napięciowej, można obliczyć krzywą prądu odniesienia dla wytwarzania mocy obciążenia, która będzie odpowiadać pożądaney krzywej mocy pomiędzy punktami 1 i 2 fig. 8a.

Na figurze 8b górna linia obrazuje prąd, który, gdy pomnożony przez napięcie pokazane na fig. 8c daje charakterystykę maksymalnej mocy silnika pokazaną górną linią na fig. 8a. Prąd jest proporcjonalny do momentu obrotowego silnika. Podobnie dolna linia na fig. 8b obrazuje prąd wymagany dla utworzenia charakterystyki mocy obciążenia pokazanej dolną

linią na fig. 8a. Można zauważyć, że w trybie minimalnej prędkości roboczej, prąd prądnicy może się zwiększyć aż do punktu 1. Pomiędzy punktami 1 i 2 prąd prądnicy jest sterowany, tak że uzyskana jest pożądana charakterystyka mocy. W trybie maksymalnej stałej prędkości roboczej w punkcie B prąd może się znowu zwiększyć aż do punktu 3, przedstawiającego prąd, który razem z odpowiednim napięciem z fig. 8c określa maksymalny zakres mocy silnika (odpowiednio w punkcie 3 na fig 8a).

Figura 9a do 9c pokazują odpowiednio, napięcie, prąd i prędkość prądnicy w funkcji mocy obciążenia. Krzywe z fig 9a i 9c są podobne, ponieważ prądnica z magnesem trwałym ma liniową charakterystykę zależności napięcia od prędkości. W trybie stałej prędkości, napięcie pozostaje stałe. Gdy obciążenie wzrasta i przekracza wartość w punkcie A, prędkość silnika wzrasta pomiędzy punktami 1 i 2, tak że silnik może zaspokoić wzrastające obciążenie. Punkt B określa maksymalną stałą prędkość, tak, że prędkość i napięcie pozostają stałe pomiędzy punktami 2 i 3.

Na fig 9b jest pokazany prąd wyjściowy generatora, wymagany do utworzenia wykresu zależności mocy obciążenia od prędkości. Prąd obciążenia może się zwiększać liniowo aż do punktu 1. Pomiędzy punktami 1 i 2, prąd jest sterowany, jak pokazano, aby uzyskać pożądaną charakterystykę zależności mocy od prędkości. Gdy obciążenie dalej wzrasta, prąd zostanie osiągnięty maksymalny zakres mocy silnika w punkcie 3.

Powyższe figury pokazują stosunkowo prosty układ sterowania dla optymalizacji pracy silnika zgodnie z jego charakterystykami parametrów, takimi jak moc w funkcji prędkości, współczynnik obniżenia parametrów znamionowych itd. Prędkość silnika zmienia się pomiędzy minimalną prędkością roboczą i maksymalną prędkością roboczą tak, że jego obciążenie będzie odpowiadać optymalnej krzywej zależności mocy od prędkości, która jest określona na podstawie wykresów parametrów silnika, zachowując zawsze pewną rezerwę możliwości dla przyspieszenia, gdy wzrasta obciążenie.

Z charakterystykami silnika jakie są dane i biorąc pod uwagę fakt, że napięcie wyjściowe prądnicy z magnesem trwałym zmienia się liniowo w funkcji prędkości, stosunkowo prosty układ sterowania prądu zgodnie z charakterystyką (fig. 8a i 8b) zapewnia, że silnik pracuje w optymalnych warunkach, gdy obciążenie zmienia się w czasie i prędkość silnika zmienia się zgodnie z zależnością mocy od prędkości pokazaną na fig. 8a i 9a.

W prostych układach sterowania, prąd może po prostu być regulowany dla utrzymania wartości stałej podczas gdy silnik pracuje w obszarze zmiennej prędkości roboczej. W tym przypadku krzywa zależności prądu od prędkości na fig. 8b może być po prostu linią poziomą pomiędzy punktami 1 i 2, podczas gdy krzywa zależności prędkości od mocy na fig. 9a będzie naśladować krzywą napięcia na fig. 9c. Jeżeli zależność prędkości od mocy silnika odchyli się znacznie od linii prostej, jest korzystne, że silnik będzie czasami pracować w warunkach obciążenia pod optymalnego, nawet jeśli prędkość jest zmienna w funkcji obciążenia. Jednakże w pewnych przypadkach taki uproszczony układ sterowania może się doskonale nadawać.

Figura 10 pokazuje odmianę pętli sterowania stosowanej w układzie z fig. 1, który jest wymagany w przypadku, gdy charakterystyka napięciowa źródła mocy nie jest liniowa jak pokazano na fig. 8 i 9. Czujnik prędkości 120 wytwarza sygnał prędkości wyjściowej Va2, który jest podawany do generatora funkcji mocy 122, który wytwarza odpowiedni sygnał wyjściowy P przedstawiający moc wyjściową źródła 10 (to jest zależność mocy w funkcji prędkości silnika napędzającego prądnicę) Ten sygnał razem z sygnałem V_2 z czujnika napięciowego 20 jest przyłożony do dzielnika sygnału mocy 124, który wytwarza sygnał prądu odniesienia I_odn2, który jest podawany do układu pomiarowego i sterowania 16. Dzielnik 124 skutecznie dzieli wykres zależności mocy od prędkości P przez sygnał napięciowy V_2 w czasie rzeczywistym dla wyposażenia przetwornika prądu stałego w prąd stały, w zmodyfikowany sygnał prądu odniesienia, który będzie przedstawiał pożądaną krzywą mocy odniesienia odpowiadającą fig. 9a.

Podobnie na fig. 11 układ sterowania prądowego z fig. 2 jest zmodyfikowany przez podanie sygnału wyjściowego Va2 z czujnika prędkości 120 do generatora funkcji mocy.122, sygnał wyjściowy P, który jest dzielony przez sygnał napięciowy V_2 w dzielniku sygnału

mocy 124, dla utworzenia zmodyfikowanego sygnału prądu odniesienia I_{odn_2x} , aby utworzyć pożądaną krzywą mocy odniesienia.

Figura 12, 13, i 14 pokazują układy, które mogą być stosowane dla usprawnienia pracy opisanego urządzenia. Na fig.12 są wprowadzone czujnik temperatury otoczenia 128 i czujnik temperatury otoczenia 130, z których sygnały wyjściowe są podawane do odpowiednich generatorów funkcji 132 i 134. Czujnik temperatury otoczenia 128 kontroluje temperaturę powietrza na wlocie do silnika, a sygnał wyjściowy K_{der1} generatora funkcji 132 jest proporcjonalny do obniżenia parametrów silnika przy pracy w wysokiej temperaturze otoczenia. Podobnie czujnik ciśnienia otoczenia 130 kontroluje ciśnienie powietrza na wlocie powierza silnika i podaje sygnał ciśnienia do generatora funkcji ciśnienia otoczenia 134, który wytwarza sygnał wyjściowy A_{der1} proporcjonalny do, obniżenia parametrów silnika przy pracy na dużych wysokościach. Sygnał odniesienia momentu obrotowego T jest wytwarzany przez generator funkcji momentu obrotowego 136, na podstawie sygnału prędkości silnika V_{a2} dostarczanego przez czujnik prędkości 120, a wszystkie trzy sygnały są sumowane w bloku sumującym 138, dla utworzenia wyjściowego prądu odniesienia I_{odn2} proporcjonalnego do zależności momentu obrotowego od prędkości, który został obniżony, dla warunków otoczenia odbiegających od typowych warunków odniesienia.

Na fig. 13 czujnik temperatury wyjściowej 148 jest zastosowany dla dostarczania sygnału temperatury wyjściowej K_{ex1} , który jest porównywany w sterowniku obciążenia temperatury wyjściowej 140 z sygnałem K_{ex2} , uzależniającym temperaturę wyjściową silnika od prędkości i obciążenia, wytwarzanym w generatorze funkcji temperatury wyjściowej 142, na podstawie sygnału prędkości silnika V_{a2} . Sterownik obciążenia temperatury wyjściowej 140 wytwarza sygnał wyjściowy K_{ex3} , zależny od rzeczywistej temperatury wyjściowej określonej na podstawie sygnału odniesienia. Ten sygnał błędu K_{ex3} jest sumowany z sygnałem wyjściowym T z generatora funkcji momentu obrotowego 136 w bloku sumowania 138, dla wytwarzania skorygowanego sygnału prądu odniesienia I_{odn2} .

Temperatura wylotowa jest parametrem, który jest proporcjonalny do temperatury otoczenia, ciśnienia (miary wysokości), obciążenia i ogólnego stanu technicznego silnika i jakości użytego paliwa. Dlatego przez proste kontrolowanie temperatury wyjściowej i korygowanie jej zmian zależnych od sygnału odniesienia temperatury wylotowej można łatwo uwzględnić obniżenie parametrów silnika przez zwiększanie jego prędkości dla danej wymaganej mocy obciążenia dla skompensowania takich czynników jak zła jakość paliwa, wysoka temperatura otoczenia, duża wysokość, lub zły stan techniczny silnika.

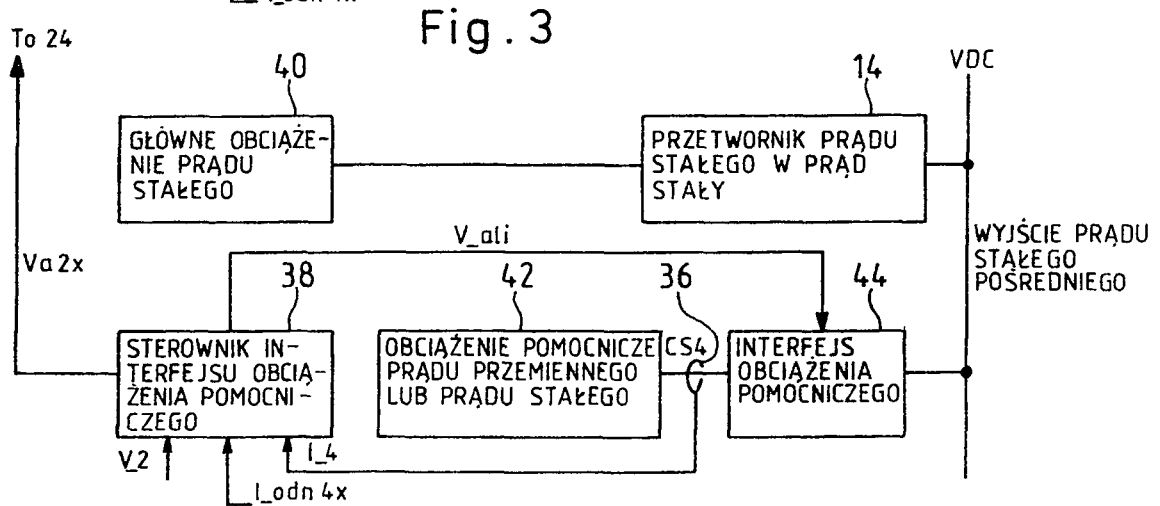
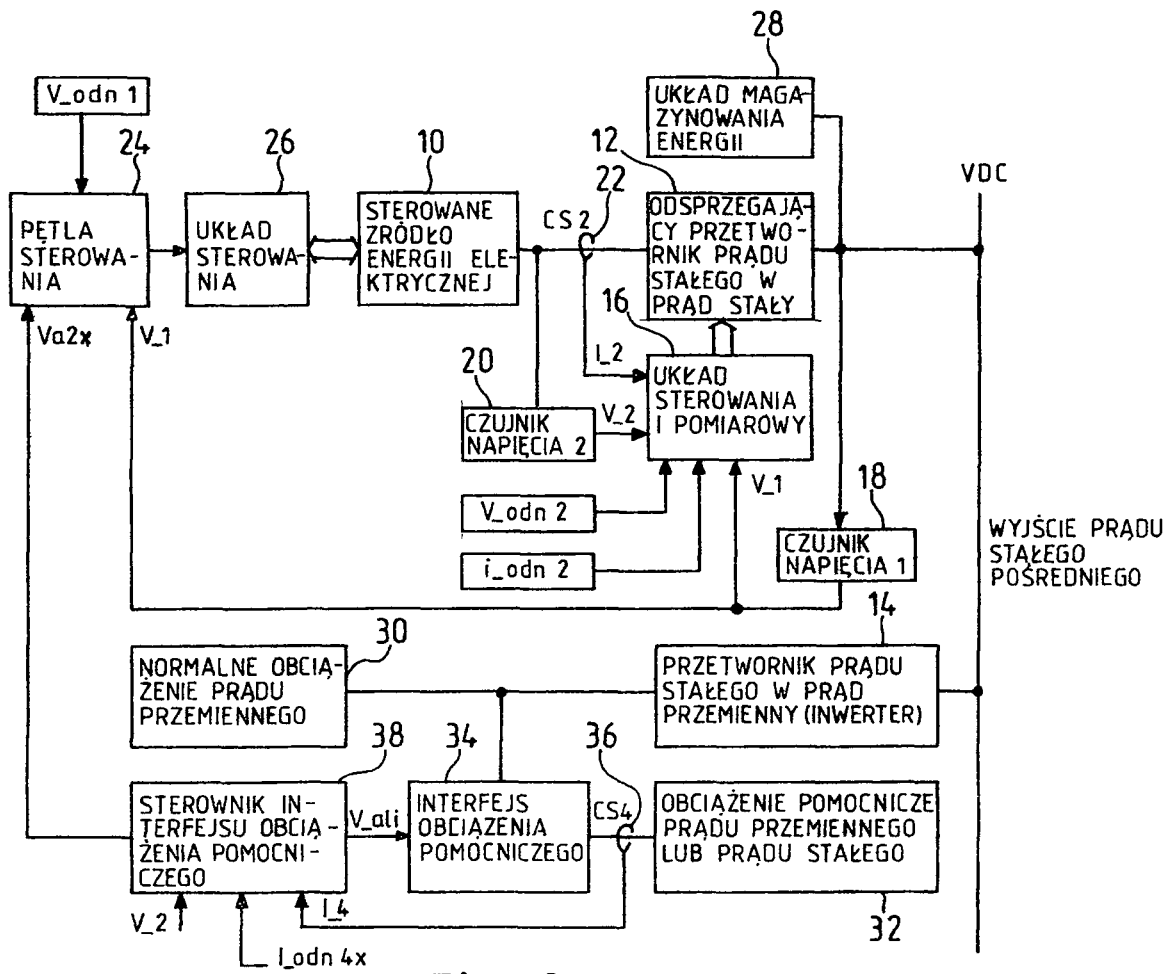
Na fig. 14 układ z fig. 13 jest rozszerzony przez wytwarzanie drugiego sygnału wyjściowego K_{ex4} w generatorze funkcji temperatury wylotowej 142, który jest porównywany z sygnałem rzeczywistej temperatury wyjściowej K_{ex1} w drugim sterowniku temperatury wylotowej 144, który wytwarza sygnał błędu K_{ex5} . Sygnał odniesienia prędkości maksymalnej jest sumowany z sygnałem błędu K_{ex5} w drugim bloku sumowania 146, dla wytwarzania sygnału odniesienia prędkości dla układu sterowania prędkością silnika. To dodaje kolejną pętlę sterowania, sterowania prędkością silnika zależnie od sygnału błędu temperatury wylotowej.

Sygnał odniesienia momentu obrotowego silnika pokazany na fig. 12, 13 i 14 może być zastąpiony zmodyfikowanym sygnałem prądu I_{odn2} przedstawiającym charakterystykę zależności prędkości od mocy silnika z fig. 10. Można także zauważyć, że obniżanie parametrów technicznych opisane powyżej w odniesieniu do fig. 12, 13 i 14, stosuje się dla obu opisanych powyżej, napięciowego i prądowego układów sterowania pracą urządzenia.

Na fig. 15 pokazano alternatywne źródło energii elektrycznej zawierające zespół ogniwo paliwowych 150 zamiast układu silnik/prądnica opisanego powyżej. Użyto tu podobne oznaczenia odsyłające jak na fig. 1. Koncepcyjnie układ z fig. 15 jest bardzo podobny do układu, gdzie silnik Diesla napędza prądnicę pod kontrolą układu z fig. 1. Przetwornik odsprzęgający prądu stałego w prąd stały 12 jest sterowany przez własny wydzielony układ sterowania 16, wykorzystujący dwa wejścia odniesienia, a mianowicie napięcie odniesienia V_{1odn} , które ustala wartość VDC wyjścia prądu stałego pośredniego i sygnał prądu odniesienia I_{2odn} , sygnał prądu odniesienia jest modyfikowany dla dopasowania do parametrów roboczych

ogniwa paliwowego. Są tu dwa sygnały sprzężenia zwrotnego, mianowicie I_2 (przedstawiający prąd wyjściowy ogniwa paliwowego, lub prąd wejściowy przetwornika) i V_1 (napięcie na wyjściu prądu stałego pośredniego).

Przetwornik prądu stałego w prąd stały 12 pracuje w podobny sposób jak w układzie z fig 1. Główny sterownik mocy 152 kontroluje napięcie VDC na wyjściu prądu stałego pośredniego. Gdy to napięcie obniża się poniżej napięcia odniesienia V_{1odn} , sterownik 152 wytwarza sygnał mocy odniesienia P, który uaktywnia główny sterownik ogniwa paliwowego 24. Jest to sterownik bardziej złożony, z tablicą parametrów ogniwa paliwowego zaprogramowanych w jego własnym oprogramowaniu. Kontroluje on napięcie wyjściowe ogniwa paliwowego V_2 i prąd I_2 i wytwarza sygnał prądu odniesienia I_{2odn} który poprzez przetwornik prądu stałego w prąd stały i jego sterownik steruje dostarczaniem mocy do wyjścia prądu stałego pośredniego zgodnie z jego optymalnymi charakterystykami roboczymi i sygnałem wymaganej mocy $Podn$ głównego sterownika mocy 152. Jednocześnie główny sterownik ogniwa paliwowego 24 wytwarza dwa dodatkowe sygnały wyjściowe, a mianowicie sygnały Tlen Vol_{odn} i Ciśnienie paliwa odn . Przepływ tlenu/powietrza i ciśnienie paliwa są parametrami regulującymi wejścia nie elektryczne ogniwa paliwowego, a więc moc wyjściową. Regulacja ciśnienia paliwa i przepływu tlenu umożliwia sprawną pracę ogniwa paliwowego przy częściowym obciążeniu lub obciążeniach zmieniających się w czasie.



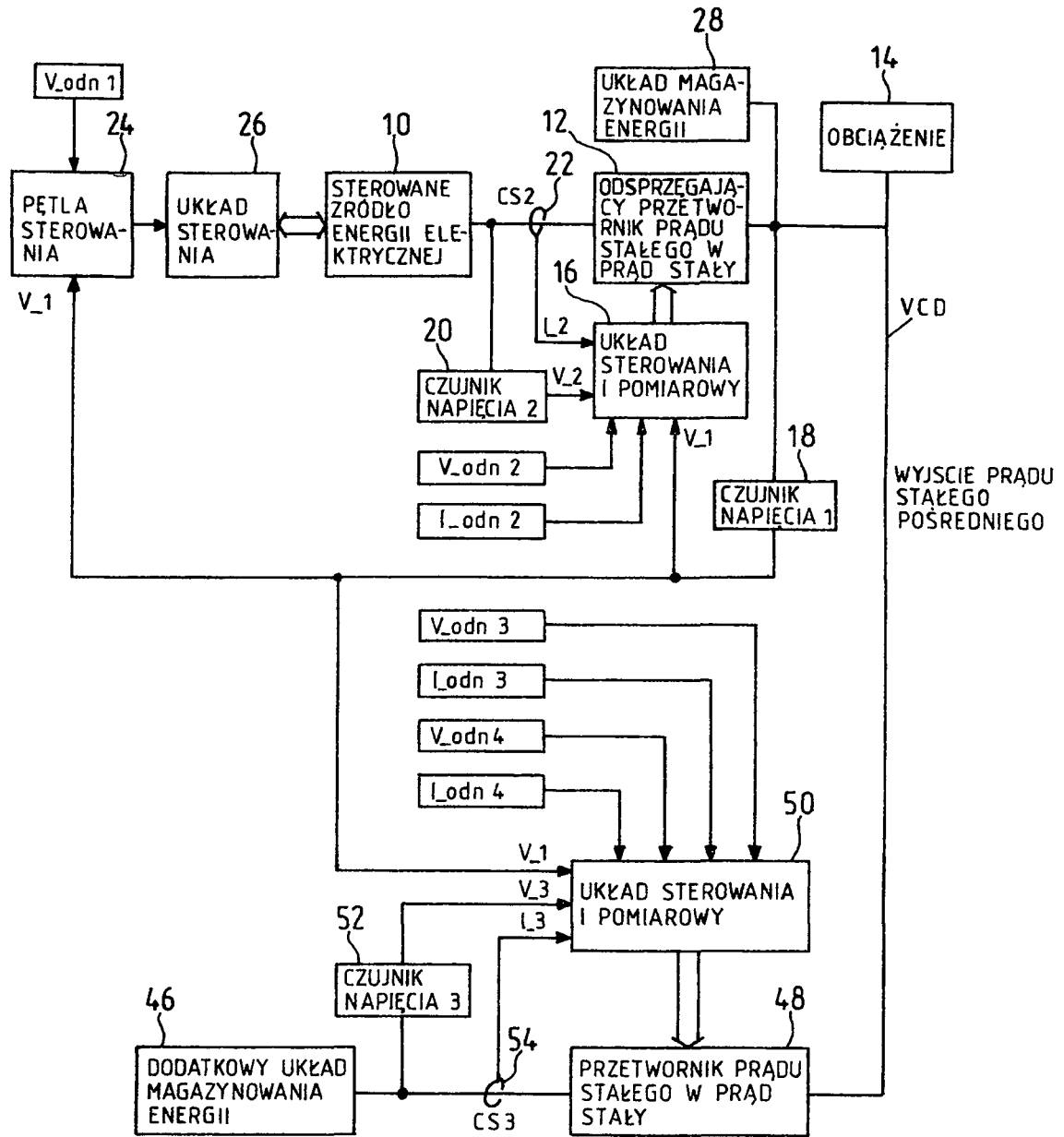


Fig. 5

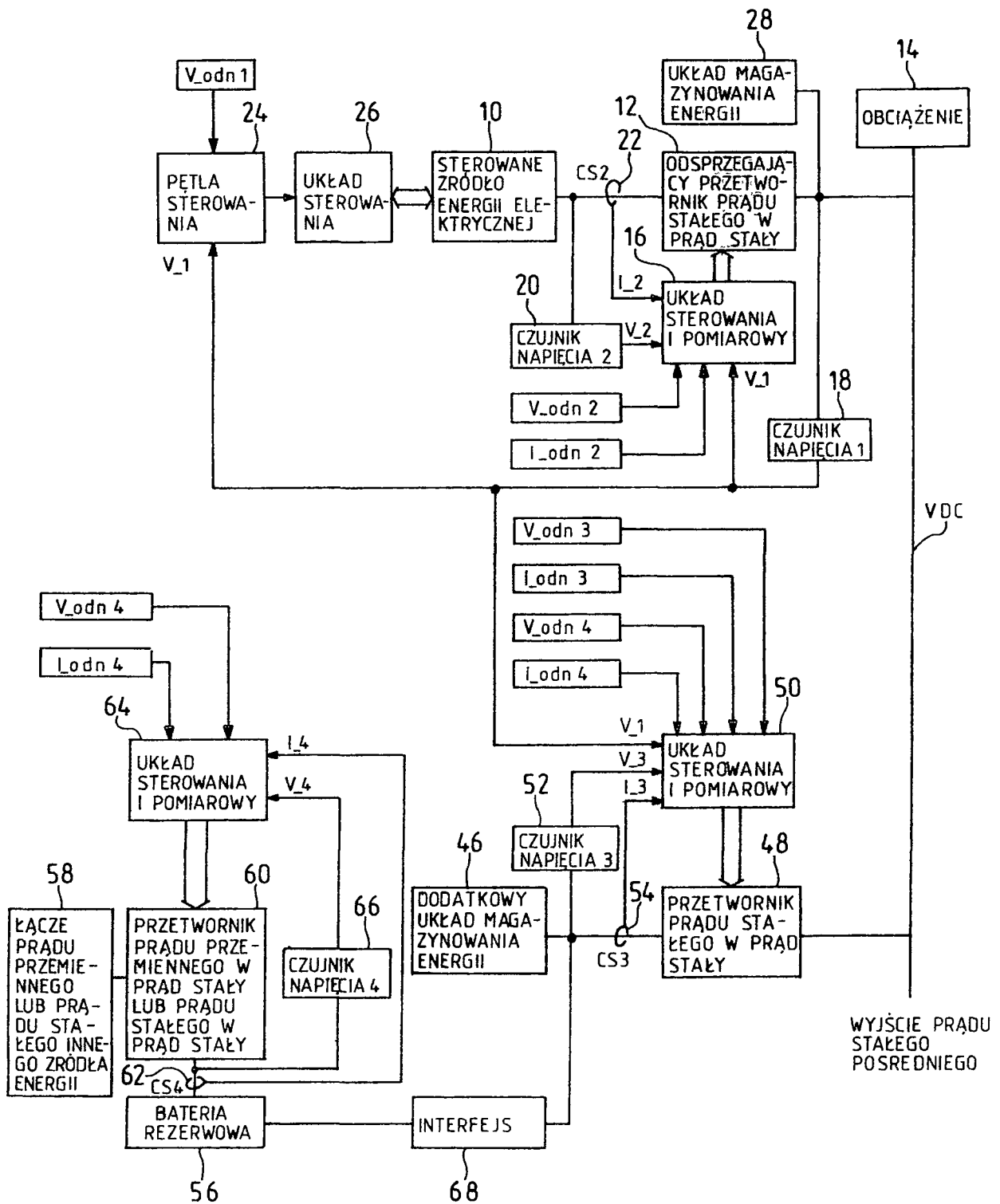


Fig. 6

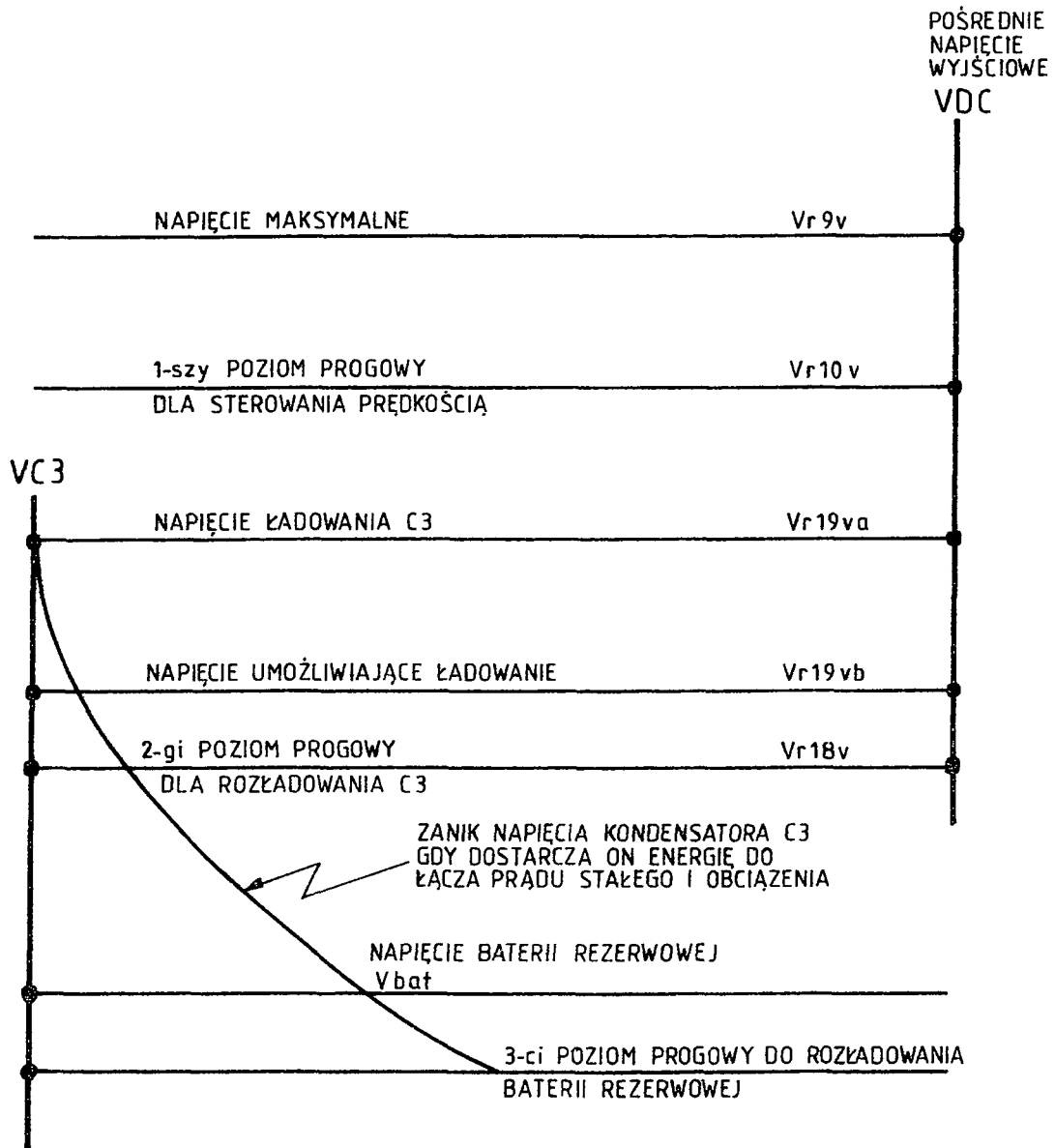


Fig. 7b

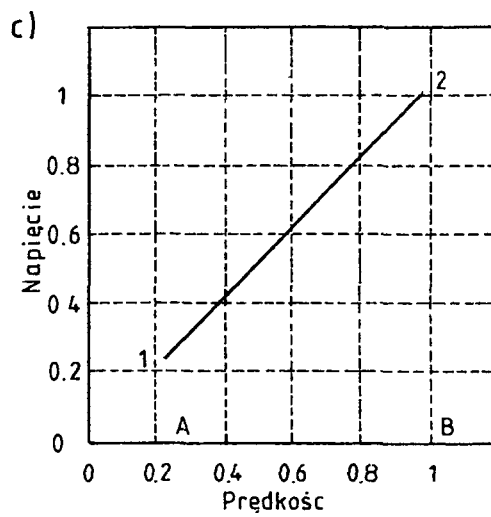
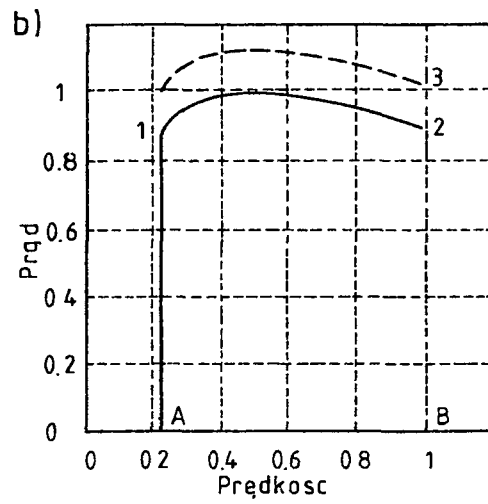
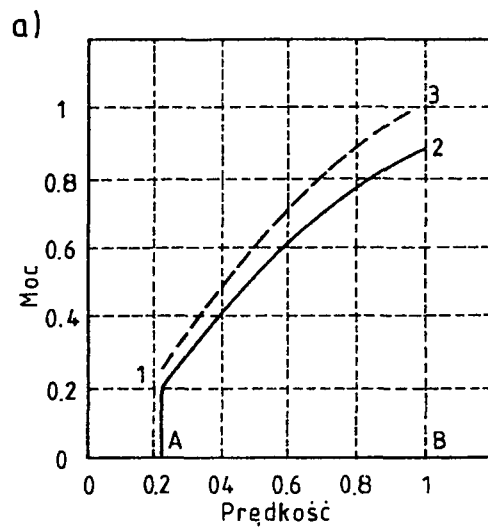


Fig . 8

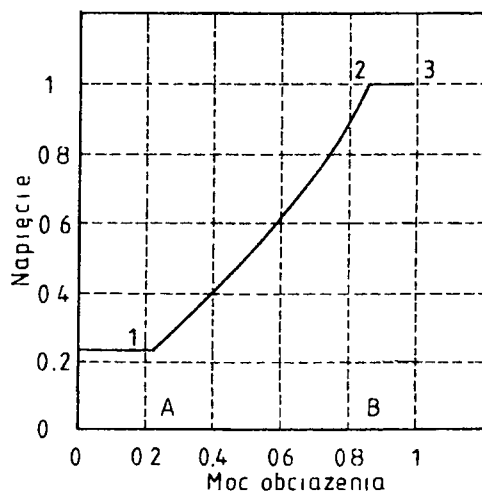
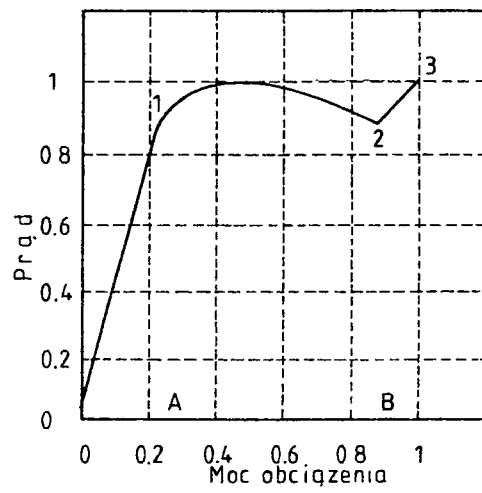
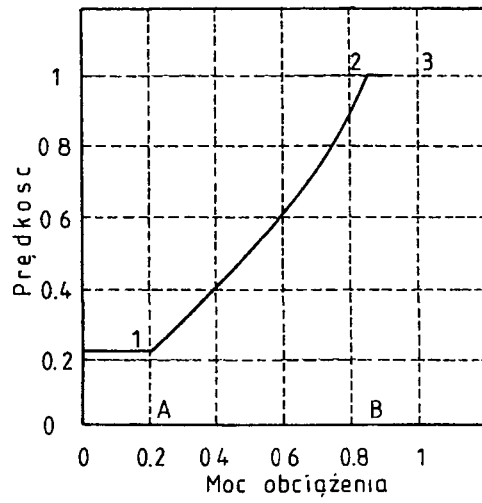


Fig. 9

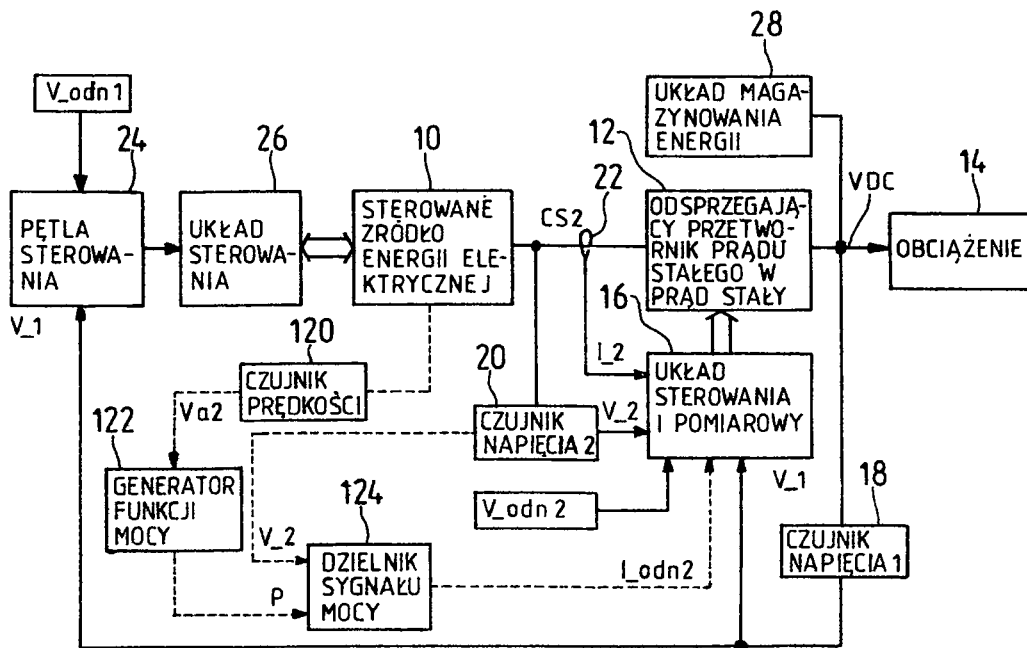


Fig. 10

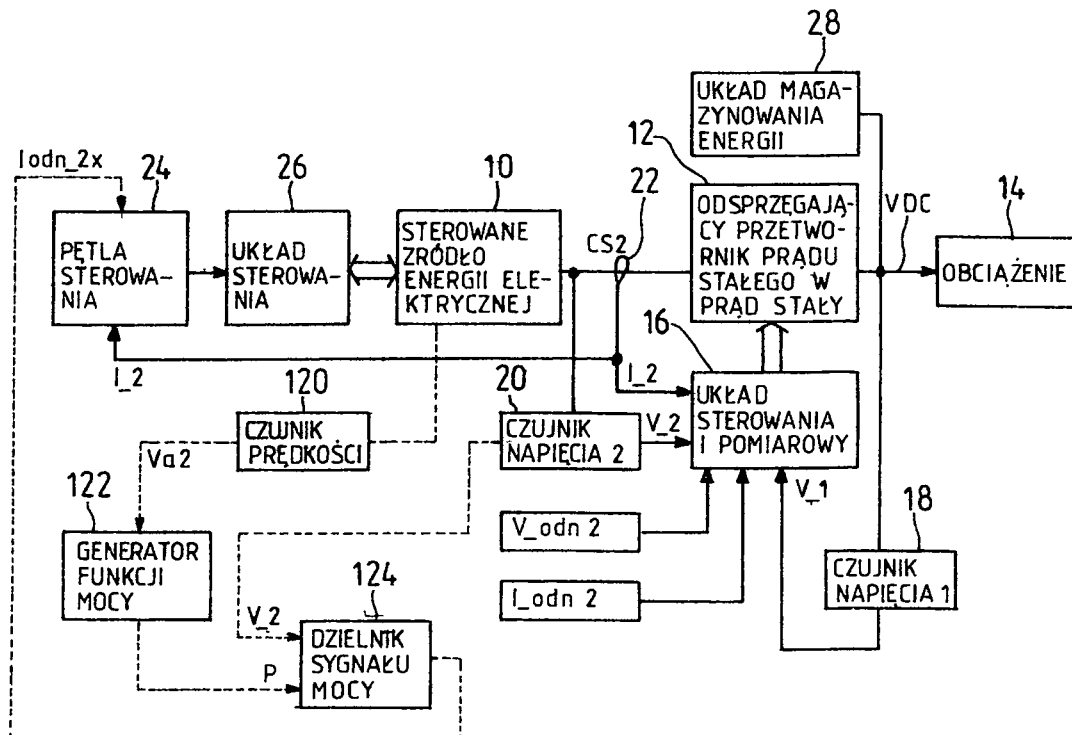
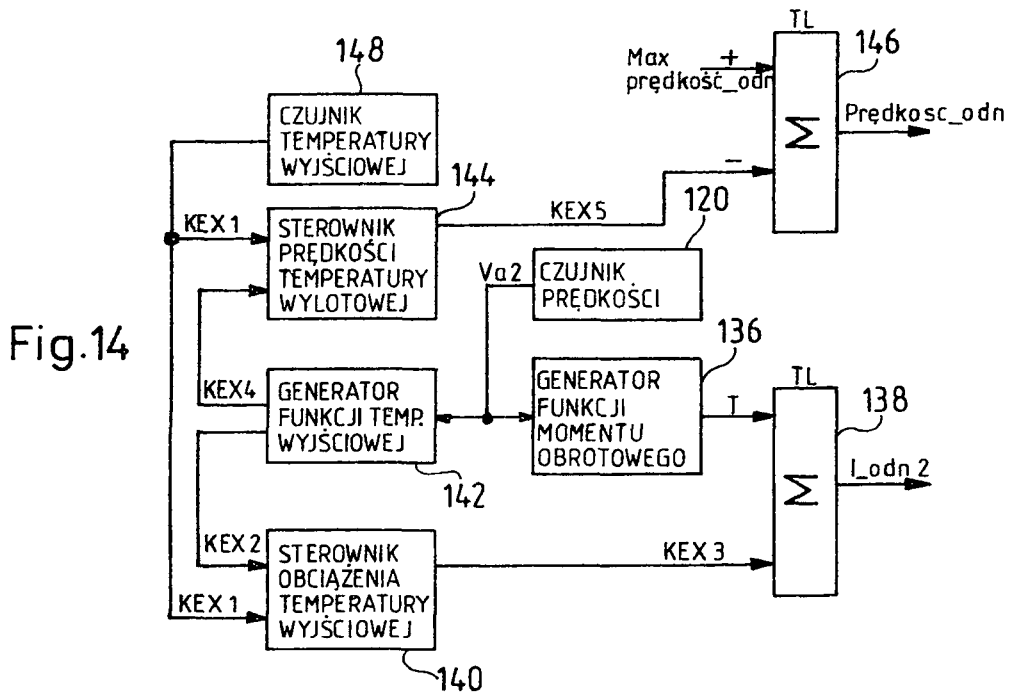
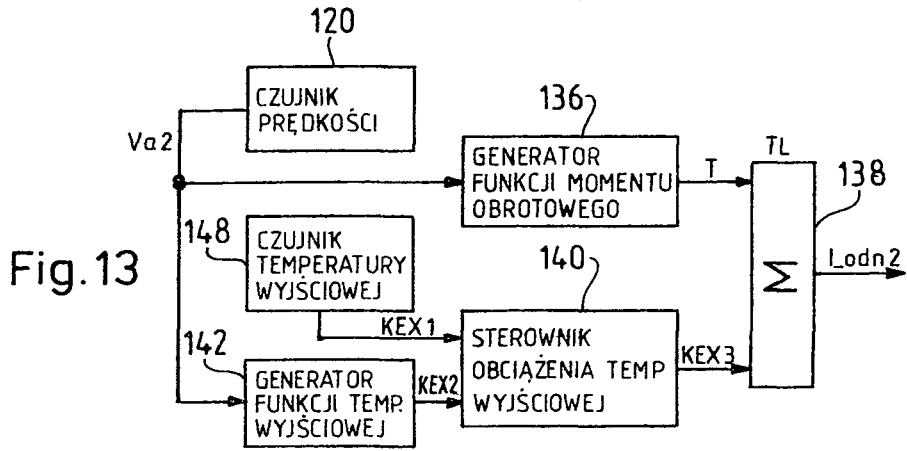
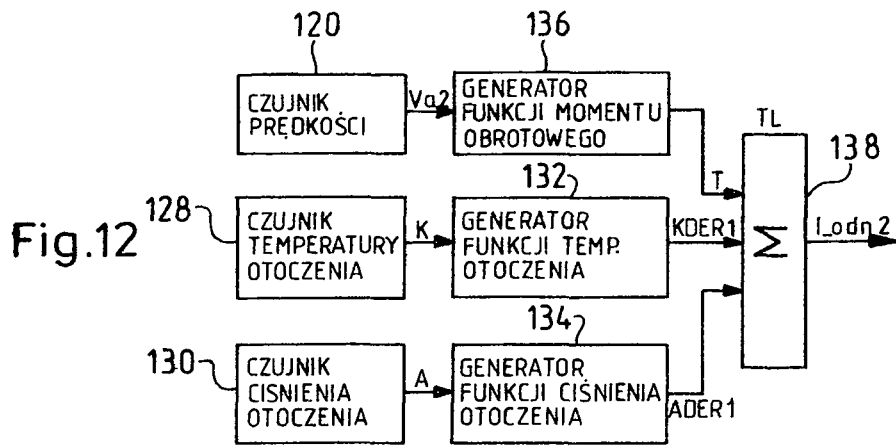


Fig. 11



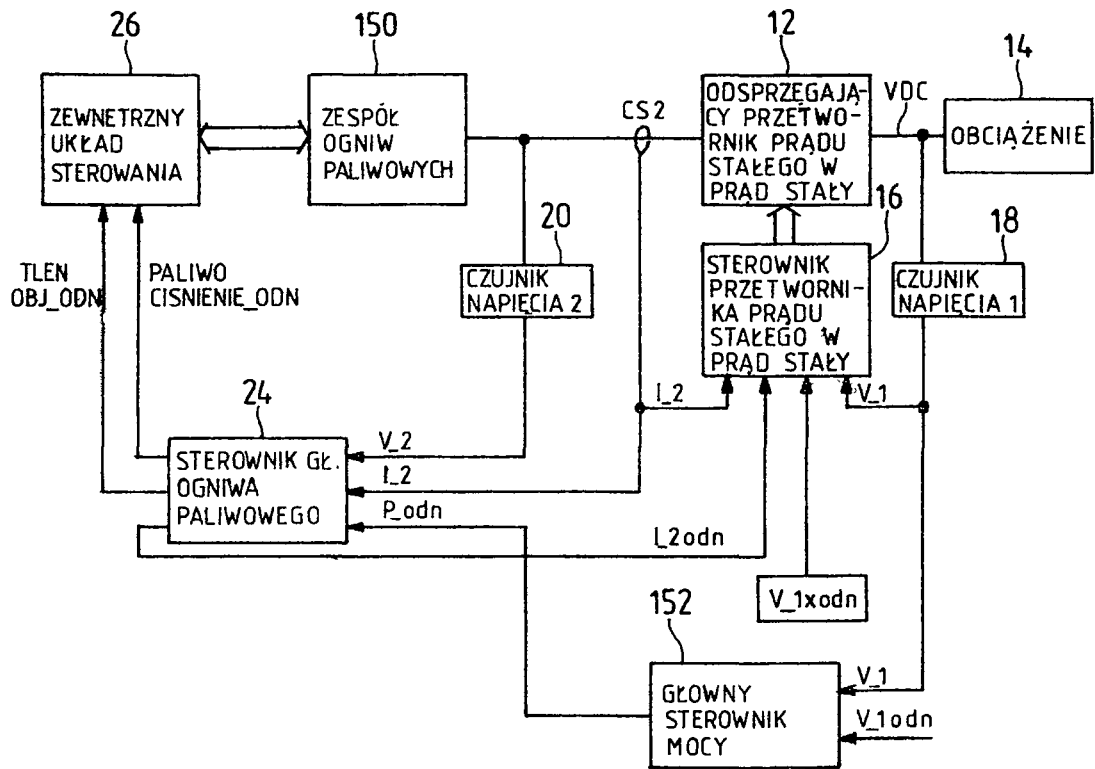


Fig. 15

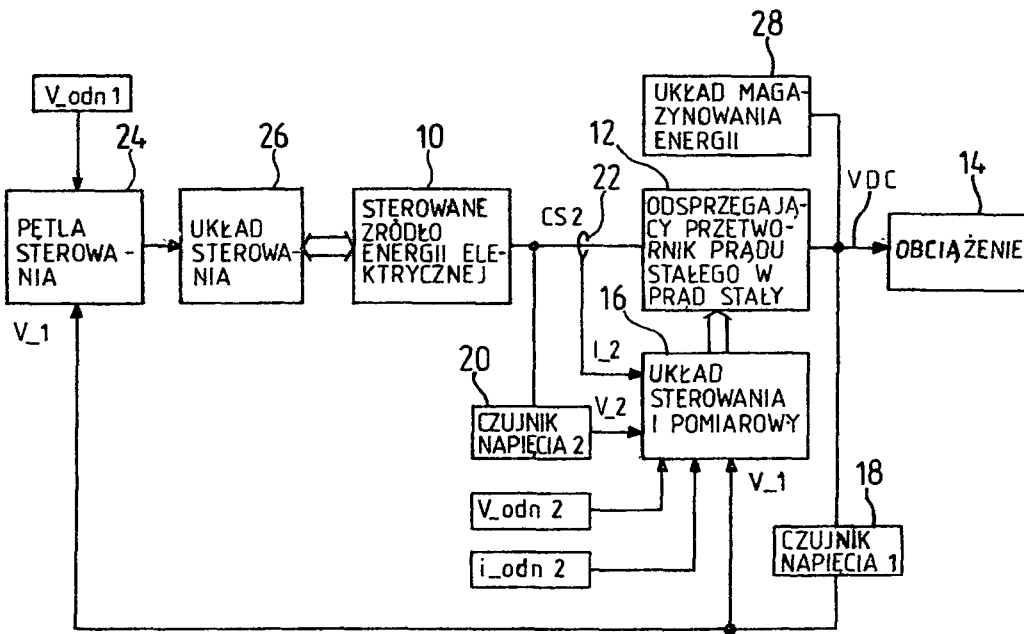


Fig. 1

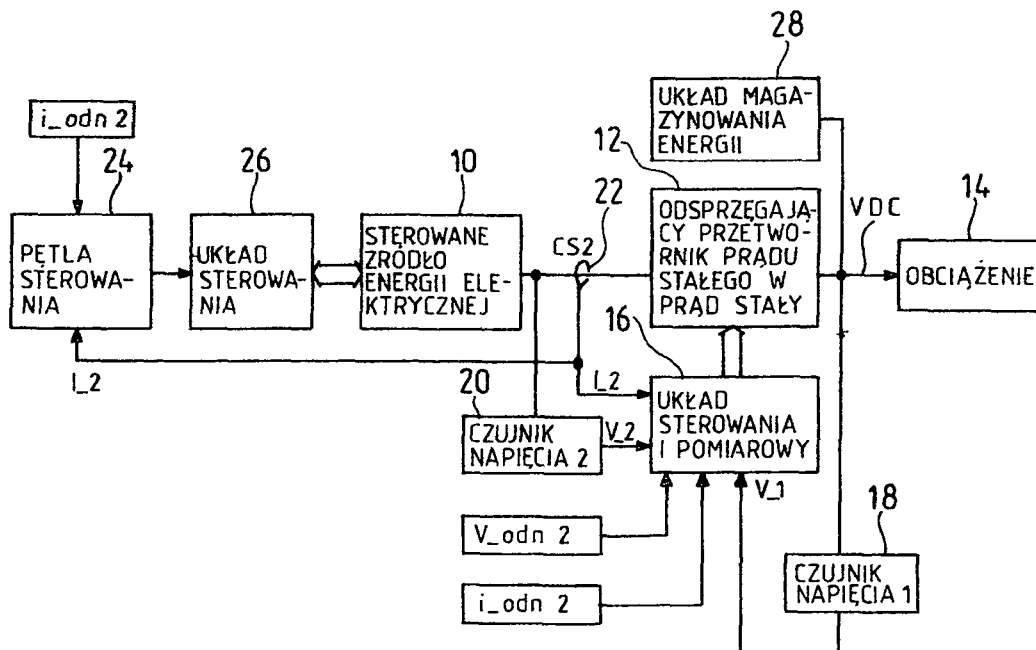


Fig. 2