

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 244880 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **440799**

(22) Data zgłoszenia: **2022.03.30**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2023.10.02 BUP 40/2023**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2024.03.18 WUP 12/2024**

(51) MKP:

B60L 9/00 (2019.01)

B60L 55/00 (2019.01)

B60M 1/00 (2006.01)

B60M 3/06 (2006.01)

B61C 3/00 (2006.01)

B61L 7/06 (2006.01)

H02J 1/10 (2006.01)

H02J 5/00 (2016.01)

H02J 7/34 (2006.01)

H02M 3/00 (2006.01)

H02M 7/00 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

POLITECHNIKA WARSZAWSKA, Warszawa, PL

(72) Twórca(-y) wynalazku:

TADEUSZ MACIOŁEK, Podkowa Leśna, PL

ADAM SZELAĞ, Warszawa, PL

MARCIN STECZEK, Łódź, PL

WŁODZIMIERZ JEFIMOWSKI, Parzniew, PL

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Paweł Kocańda, Warszawa, PL

(54) Tytuł:

System zasilania trakcji elektrycznej prądu stałego

PL 244880 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest system zasilania trakcji elektrycznej prądu stałego o topologii rozproszonej.

Znane są układy do zarządzania energią w systemach trakcyjnych. W artykule I. Sengor, H. C. i inni "Energy Management of a Smart Railway Station Considering Regenerative Braking and Stochastic Behaviour of ESS and PV Generation," IEEE Trans. Sustain. Energy, vol. 9, no. 3, pp. 1041–1050, Jul. 2018 przedstawiono koncepcję systemu RSEM – (ang. Railway Station Energy Management). System ten cechuje skomunikowanie za pomocą jednostki centralnej następujących elementów w ramach stacji kolejowej: hamującego pociągu, magazynu energii, odbiorów nietrakcyjnych na stacji, liczników energii elektrycznej, systemu paneli fotowoltaicznych, systemu elektroenergetycznego. Nie ma on wpływu na układ zasilania pociągów i sterowania pociągami.

W artykule L. Razik i inni "REM-S-Railway energy management in real rail operation," IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 68, no. 2, pp. 1266–1277, 2019. przedstawiono architekturę systemu REM-S (ang. Railway Energy Management System) zaprojektowanego dla kolei. W opracowaniach opisujących system nie zaproponowano architektury urządzeń zasilających sieć jezdnią. Przedstawione systemy służą do zasilania w systemach prądu przemiennego AC.

W rozwiązaniach znanych ze stanu techniki brak jest przekształtnika DC/DC zasilającego sieć jezdnią i szyny, przez które zasilane są pociągi. Brak jest również możliwości podłączenia ładowarki samochodowej oraz brak jest połączenia jednostki centralnej z systemem świetlnego sterowania pociągami.

Zasilanie pojazdów trakcji elektrycznej sieciowej wiąże się z problemem szybkich zmian chwilowej mocy pobieranej i oddawanej energii. Zmiany w zakresie od 0 do 100% mocy maksymalnej mogą zachodzić w ciągu kilku sekund. Pokrycie takiego zapotrzebowania jest kosztowne zarówno w trakcie wykonania instalacji, jak i eksploatacji.

Celem wynalazku jest uzyskanie kompleksowego rozwiązania systemu, który będzie mógł optymalizować przepływy energii do wielu odbiorów przy jednoczesnym zasilaniu z wielu źródeł. Pozwoli to na zmniejszenie zapotrzebowania na moc zasilania z systemu elektroenergetycznego, jak i zwiększy stopień wykorzystania energii elektrycznej ze źródeł poza systemem elektroenergetycznym.

System zasilania trakcji elektrycznej prądu stałego o topologii rozproszonej zawierający jednostkę centralną z dołączonymi liniami sygnałów danych i sygnałów sterujących, z przekształtnikami energii, które są umieszczone między podłączeniem systemu elektroenergetycznego i połączeniem głównym prądu stałego umieszczonym w agregatorach, charakteryzuje się tym, że jednostka centralna jest połączona liniami sygnałów danych i sygnałów sterujących z punktami sygnalizacji świetlnej oraz liniami sygnałów danych z pociągami, a w agregatorach umieszczony jest pierwszy miernik napięcia dołączony do połączenia agregatora z systemem elektroenergetycznym, którego wyjście sygnałów danych połączone jest z jednostką centralną, z kolei drugi miernik napięcia dołączony jest do połączenia głównego prądu stałego, którego wyjście sygnałów danych połączone jest z jednostką centralną poprzez linię sygnałów danych, zaś dodatkowe przekształtniki energii oraz dodatkowe odnawialne źródło energii i zasobnik energii elektrycznej są dołączone tak, że wejście drugiego przekształtnika energii jest przyłączone do połączenia głównego prądu stałego, a wyjście drugiego przekształtnika energii jest dołączone do sieci jezdnej i szyn toru, a miernik prądu jest przyłączony na wejściu drugiego przekształtnika energii i ma wyjście sygnałów danych połączone poprzez linię sygnałów danych z jednostką centralną oraz drugi przekształtnik energii ma połączenie linią sygnałów danych i sygnałów sterujących ze sterującą jednostką centralną, a wejście trzeciego przekształtnika energii jest przyłączone do połączenia głównego prądu stałego, a wyjście trzeciego przekształtnika energii jest wyjściem rozłącznym, oraz miernik prądu umieszczony na wejściu trzeciego przekształtnika ma wyjście sygnałów danych połączone poprzez linię sygnałów danych z jednostką centralną, oraz trzeci przekształtnik ma połączenie linią sygnałów danych i sygnałów sterujących z jednostką centralną, oraz wyjście czwartego przekształtnika energii jest przyłączone do połączenia z systemem elektroenergetycznym, a wejście czwartego przekształtnika energii jest połączone z odnawialnym źródłem energii, oraz czwarty przekształtnik ma połączenie linią sygnałów danych i sygnałów sterujących z jednostką centralną, zaś wejście piątego przekształtnika energii jest przyłączone do połączenia głównego prądu stałego, oraz piąty przekształtnik energii jest połączony bezpośrednio z zasobnikiem energii, oraz miernik prądu włączony na wejściu piątego prze-

kształtnika ma wyjście sygnałów danych połączone poprzez linię sygnałów danych z jednostką centralną, oraz piąty przekształtnik ma połączenie linią sygnałów danych i sygnałów sterujących z jednostką centralną.

Korzystnie jest, gdy pierwszy przekształtnik energii stanowi dwukierunkowy przekształtnik AC/DC.

Korzystnie jest, gdy drugi przekształtnik energii stanowi dwukierunkowy przekształtnik DC/DC.

Korzystnie jest, gdy trzeci przekształtnik energii jest wielonapięciowy i dwukierunkowy oraz stanowi stację ładowania zewnętrznych akumulatorów.

Korzystnie jest, gdy linie sygnałów danych i linie sygnałów danych i sygnałów sterujących są liniami przewodowymi lub bezprzewodowymi.

System zasilania trakcji elektrycznej prądu stałego jest systemem o topologii rozproszonej. Elementy systemu mogą działać wspólnie wraz z optymalizacją przepływu energii, co zwiększa sprawność układu, jak i zmniejsza wymaganą od systemu elektroenergetycznego moc maksymalną. Elementy systemu mogą również działać niezależnie w przypadku awarii części elementów lub braku transmisji danych.

Rozwiązanie według wynalazku pozwala na sterowanie ruchem pociągów w powiązaniu z systemem zasilania. Umożliwia to wczesne wykrywanie konieczności hamowania pociągu i wykorzystanie jego energii. Ponadto, rozwiązanie pozwala na chwilowe wykorzystanie energii znajdującej się w akumulatorach podłączonych do ładowarek co obniży moc chwilową maksymalną pobieraną z systemu elektroenergetycznego. Co więcej, w agregatorach są urządzenia magazynowania energii elektrycznej umożliwiające magazynowanie energii pochodzącej z odnawialnych źródeł energii, a co za tym idzie, zwiększenie udziału tej energii w energii pobieranej przez system.

Przedmiot wynalazku w przykładzie wykonania jest uwidoczniony na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia system zasilania trakcji elektrycznej prądu stałego, a fig. 2 strukturę agregatora trakcyjnego głównych elementów składowych systemu zasilania trakcji elektrycznej prądu stałego.

Na fig. 1 uwidoczniona jest jednostka centralna JC komunikująca się z agregatorami trakcyjnymi T_1 - T_n . Jednostka centralna JC połączona jest z sygnalizatorami świetlnymi S_1 - S_n służącymi do sterowania ruchem pociągów K_1 , .. K_n . Jednostka centralna JC połączona jest również z pociągami K_1 , .. K_n . Agregatory trakcyjne T_1 , T_2 , T_3 , ... T_n zasilane są z trójfazowego systemu elektroenergetycznego SE. Agregatory trakcyjne T_1 , T_2 , T_3 , ... T_n zasilają również pociągi K_1 , .. K_n .

Na fig. 2 przedstawiona jest struktura agregatora trakcyjnego T. Wyjście agregatora T jest jednocześnie wyjściem przekształtnika P_2 , z którego podawane jest stabilizowane napięcie stałe między sieć jezdnią SJ i szyny toru SZ. Każdy agregator trakcyjny T_1 , T_2 , T_3 , ... T_n jest zespołem przekształtników. Zadaniem agregatora trakcyjnego T_1 , T_2 , T_3 , ... T_n jest przetwarzanie energii elektrycznej w taki sposób, aby umożliwić przepływ energii pomiędzy odnawialnym źródłem energii OZE poprzez przekształtnik P_4 , systemem elektroenergetycznym SE, punktem ładowania akumulatorów samochodów, wagonów pociągów, poprzez wielonapięciowy przekształtnik P_3 , zasobnik energii elektrycznej ZE poprzez przekształtnik P_5 . Przekształtnik P_1 jest to sieciowy przekształtnik AC/DC umożliwiający dwukierunkowy przepływ energii elektrycznej. Przekształtnik P_2 jest to trakcyjny przekształtnik DC/DC umożliwiający dwukierunkowy przepływ energii elektrycznej prądu stałego stabilizujący napięcie między siecią jezdnią SJ i szynami toru SZ. Przekształtnik P_3 jest to dwukierunkowy przekształtnik DC/DC do ładowania dołączanych akumulatorów np. samochodów elektrycznych, wagonów, lokomotyw lub tramwajów. Przekształtnik P_4 jest to przekształtnik DC/AC dla odnawialnego źródła energii elektrycznej OZE.

Każdy agregator trakcyjny T_1 – T_n połączony jest liniami sygnałów danych i sygnałów sterujących KP_1 , KP_2 , KP_3 , KP_4 , .. KP_n pozwalających na transfer danych pomiarowych do jednostki centralnej JC oraz na otrzymywanie z jednostki centralnej JC sygnałów sterujących przekształtnikami. Przez linie sygnałów danych i sygnałów sterujących KP_1 , KP_2 , KP_3 , KP_4 , .. KP_n są wysyłane z agregatorów trakcyjnych T_1 – T_n do jednostki centralnej JC następujące dane:

- I P_5 – prąd pobierany lub dostarczany przez zasobnik energii elektrycznej ZE;
- I P_2 – prąd pobierany lub dostarczany przez przekształtnik trakcyjny P_2 ;
- I P_3 – prąd pobierany lub dostarczany przez przekształtnik punktu ładowania akumulatorów P_3 ;
- US – napięcie sieciowe trójfazowe AC z systemu elektroenergetycznego SE uzyskane z przetworników pomiaru napięcia PN_1 ;
- UDC – napięcie na połączeniu głównym prądu stałego DC uzyskane z przetwornika pomiaru napięcia PN_2 .

Na podstawie przesłanych informacji, jednostka centralna JC dokonuje sterowania przekształtnikami wszystkich agregatorów trakcyjnych $T_1 - T_n$ zgodnie z wybranym algorytmem poprzez sygnały $KP_1, KP_2, KP_3, KP_4, \dots, KP_n$ wysłane do danego agregatora trakcyjnego $T_1, T_2, T_3, \dots, T_n$. Jednostka centralna JC przesyła sygnały sterujące, jak i odbiera dane z pociągów K_1, \dots, K_n za pomocą połączenia radiowego i sygnalizacji świetlnej $S_1 - S_n$.

Wynalazek znajduje zastosowanie zarówno dla trakcji kolejowej, jak i tramwajowej.

Zastrzeżenia patentowe

1. System zasilania trakcji elektrycznej prądu stałego o topologii rozproszonej zawierający jednostkę centralną z dołączonymi liniami sygnałów danych i sygnałów sterujących, z przekształtnikami energii, które są umieszczone między podłączeniem systemu elektroenergetycznego i połączeniem głównym prądu stałego umieszczonym w agregatorach, **znamienny tym**, że jednostka centralna (JC) jest połączona liniami sygnałów danych i sygnałów sterujących (KS) z punktami sygnalizacji świetlnej ($S_1 - S_n$) oraz liniami sygnałów danych (LK) z pociągami (K_1, K_2, \dots, K_n), a w agregatorach ($T_1, T_2, T_3, \dots, T_n$) umieszczony jest pierwszy miernik napięcia (PN_1) dołączony do połączenia agregatora ($T_1, T_2, T_3, \dots, T_n$) z systemem elektroenergetycznym (SE), którego wyjście sygnałów danych (US) połączone jest z jednostką centralną (JC), z kolei drugi miernik napięcia (PN_2) dołączony jest do połączenia głównego prądu stałego (DC), którego wyjście sygnałów danych (UDC) połączone jest z jednostką centralną (JC) poprzez linię sygnałów danych (LK), zaś dodatkowe przekształtniki energii (P_2, P_3, P_4, P_5) oraz dodatkowe odnawialne źródło energii (OZE) i zasobnik energii elektrycznej (ZE) są dołączone tak, że wejście drugiego przekształtnika energii (P_2) jest przyłączone do połączenia głównego prądu stałego (DC), a wyjście drugiego przekształtnika energii (P_2) jest dołączone do sieci jezdnej (SJ) i szyn toru (SZ), a miernik prądu (MP_2) jest przyłączony na wejściu drugiego przekształtnika energii (P_2) i ma wyjście sygnałów danych połączone poprzez linię sygnałów danych (IP_2) z jednostką centralną (JC) oraz drugi przekształtnik energii (P_2) ma połączenie linią sygnałów danych i sygnałów sterujących (KP_2) ze sterującą jednostką centralną (JC), a wejście trzeciego przekształtnika energii (P_3) jest przyłączone do połączenia głównego prądu stałego (DC), a wyjście (AK) trzeciego przekształtnika energii (P_3) jest wyjściem rozłącznym, oraz miernik prądu (MP_3) umieszczony na wejściu trzeciego przekształtnika (P_3) ma wyjście sygnałów danych połączone poprzez linię sygnałów danych (IP_3) z jednostką centralną (JC), oraz trzeci przekształtnik (P_3) ma połączenie linią sygnałów danych i sygnałów sterujących (KP_3) z jednostką centralną (JC), oraz wyjście czwartego przekształtnika energii (P_4) jest przyłączone do połączenia z systemem elektroenergetycznym (SE), a wejście czwartego przekształtnika energii (P_4) jest połączone z odnawialnym źródłem energii (OZE), oraz czwarty przekształtnik (P_4) ma połączenie linią sygnałów danych i sygnałów sterujących (KP_4) z jednostką centralną (JC), zaś wejście piątego przekształtnika energii (P_5) jest przyłączone do połączenia głównego prądu stałego (DC), oraz piąty przekształtnik energii (P_5) jest połączony bezpośrednio z zasobnikiem energii (ZE), oraz miernik prądu (MP_5) włączony na wejściu piątego przekształtnika (P_5) ma wyjście sygnałów danych połączone poprzez linię sygnałów danych (IP_5) z jednostką centralną (JC), oraz piąty przekształtnik (P_5) ma połączenie linią sygnałów danych i sygnałów sterujących (KP_5) z jednostką centralną (JC).
2. System zasilania trakcji elektrycznej według zastrz. 1, **znamienny tym**, że pierwszy przekształtnik energii (P_1) stanowi dwukierunkowy przekształtnik AC/DC.
3. System zasilania trakcji elektrycznej według zastrz. 1, **znamienny tym**, że drugi przekształtnik energii (P_2) stanowi dwukierunkowy przekształtnik DC/DC.
4. System zasilania trakcji elektrycznej według zastrz. 1, **znamienny tym**, że trzeci przekształtnik energii (P_3) jest wielonapięciowy i dwukierunkowy oraz stanowi stację ładowania zewnętrznych akumulatorów.
5. System zasilania trakcji elektrycznej według zastrz. 1, **znamienny tym**, że linie sygnałów danych (LK, US, IP_2, IP_3, IP_5) i linie sygnałów danych i sygnałów sterujących (KS, $KP_1, KP_2, KP_3, KP_4, KP_5$) są liniami przewodowymi lub bezprzewodowymi.

Rysunki

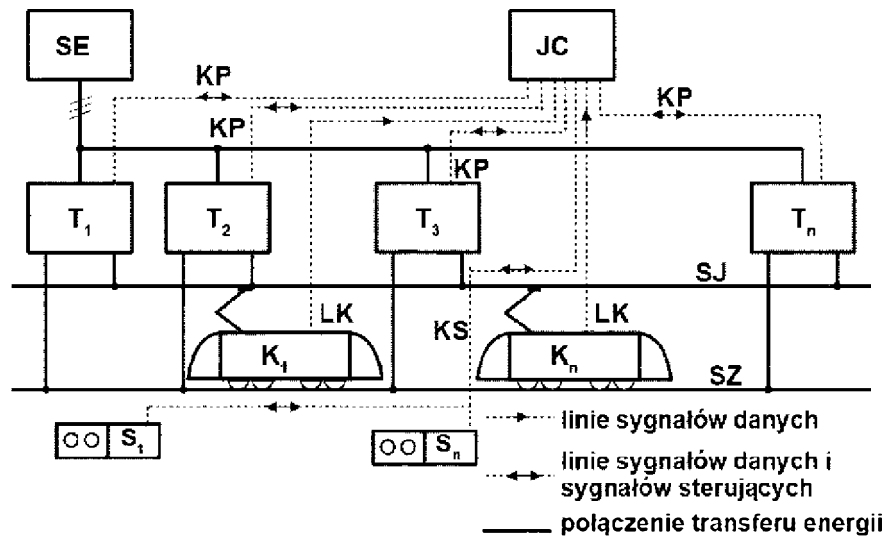


Fig. 1

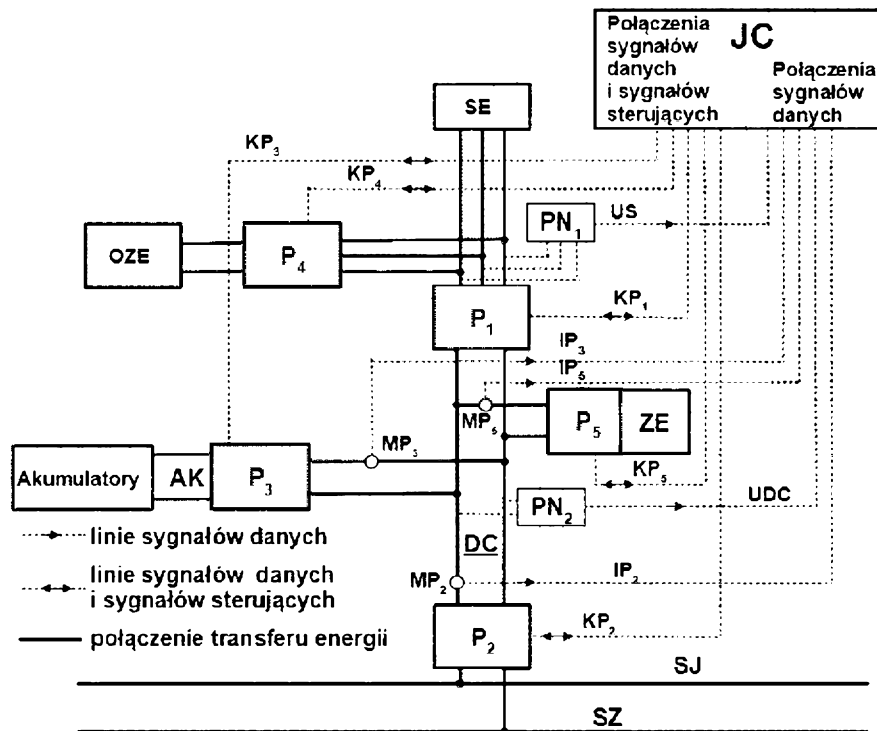


Fig. 2