

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10)

PL 244072 B1

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **434744**

(22) Data zgłoszenia: **2020.07.22**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2022.01.24 BUP 04/2022**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.11.27 WUP 48/2023**

(51) MKP:

B60L 53/56 (2019.01)

H01M 10/44 (2006.01)

H02K 7/02 (2006.01)

H02J 7/32 (2006.01)

H02J 7/34 (2006.01)

F03G 3/08 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**SIEĆ BADAWCZA ŁUKASIEWICZ –
PRZEMYSŁOWY INSTYTUT MOTORYZACJI,
Warszawa, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

**KRZYSZTOF POPIOŁEK, Warszawa, PL
PAWEŁ BĄK, Warszawa, PL
TOMASZ DETKA, Warszawa, PL
KONRAD MAŁEK, Warszawa, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Radosław Piłatowicz, Warszawa, PL

(54) Tytuł:

Ładowarka do akumulatorów elektrochemicznych oraz sposób ładowania akumulatorów elektrochemicznych

PL 244072 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest ładowarka do akumulatorów elektrochemicznych oraz sposób ładowania akumulatorów elektrochemicznych, szczególnie trakcyjnych akumulatorów elektrochemicznych wykorzystywanych jako źródło energii dla układu napędowego pojazdu samochodowego, pojazdu trakcyjnego, pojazdu jednośladowego, a także maszyn budowlanych, rolniczych, górniczych.

Znane i najczęściej stosowane są ładowarki transformatorowe lub impulsowe przyłączone do lokalnej sieci energetycznej.

Znane są ładowarki z wbudowanym generatorem prądotwórczym zawierające prądnicę napędzaną silnikiem o spalaniu wewnętrznym np. silnikiem wysokoprężnym.

Znany jest z polskiego opisu wynalazku P.387422 sposób przetwarzania energii inercyjnej na energię elektryczną polegający na nadaniu rotorowi połączonemu z wałem silnik-prądnicy określonej prędkości maksymalnej, a następnie wyłączeniu napędu silnik-prądnicy, powodującym wirowanie rotora w sposób bezwładnościowy i przekazywanie energii ruchu bezwładnościowego przez silnik-prądnicę, pracującą jako prądnica do rezystancyjnych układów odbiorczych.

Znana jest z międzynarodowego zgłoszenia wynalazku WO2018078625 stacja, w której zastosowano wiele mechanicznych akumulatorów energii elektrycznej wykorzystujących koło zamachowe. W przypadku, gdy moc pobierana przez stację jest mniejsza niż pierwsza wartość progowa, a mechaniczne akumulatory energii elektrycznej nie są w pełni naładowane, następuje ładowanie co najmniej jednego z tych akumulatorów. W przypadku, gdy moc pobierana przez stację jest większa niż druga wartość progowa, a mechaniczne akumulatory energii elektrycznej nie są w pełni rozładowane, energia elektryczna z co najmniej jednego z tych akumulatorów dostarczana jest do stacji.

Ładowarka do akumulatorów elektrochemicznych zawierająca przekształtnik wejściowy, do którego przyłączone są źródło mocy wejściowej, magistrala prądu stałego oraz sterownik, przy czym do magistrali prądu stałego poprzez przekształtnik akumulatora inercyjnego przyłączona jest maszyna elektryczna mogąca pracować jako silnik lub prądnica, której wał połączony jest z wałem wirnika akumulatora inercyjnego, przy czym do magistrali prądu stałego przyłącza się także akumulator elektrochemiczny podlegający ładowaniu, charakteryzuje się tym, że do sterownika przyłączone są: przekształtnik akumulatora inercyjnego, przewód sterujący systemem zarządzania baterią akumulatora elektrochemicznego oraz czujnik prędkości obrotowej wału wirnika akumulatora inercyjnego. Wał maszyny elektrycznej połączony jest z wałem wirnika akumulatora inercyjnego, korzystnie poprzez przekładnię zębatą obiegową albo przekładnię pasową z pasem zębatym. Wirnik akumulatora inercyjnego korzystnie umieszczony jest w obudowie wypełnionej gazem o lepkości i gęstości mniejszej niż dla powietrza atmosferycznego, a jeszcze korzystniej w obudowie, wewnątrz której panuje ciśnienie niższe od atmosferycznego. Czujnik prędkości obrotowej jest czujnikiem hallotronowym umieszczonym w maszynie elektrycznej albo w innych odmianach wynalazku jest prądniczką tachometryczną połączoną z wałem maszyny elektrycznej albo czujnikiem optycznym.

Sposób ładowania akumulatorów elektrochemicznych wykorzystujący mechaniczny akumulator energii elektrycznej oraz ładowarkę akumulatorów elektrochemicznych przyłączoną do źródła mocy, charakteryzuje się tym, że ładowanie akumulatora elektrochemicznego następuje w trzech etapach czasowych, przy czym w pierwszym etapie czasowym po podłączeniu akumulatora elektrochemicznego do magistrali prądu stałego ładowarki oraz przewodu sterującego, akumulator ładowany jest energią elektryczną pochodzącą ze źródła mocy oraz energią wytworzoną przez pracującą jako prądnica maszynę elektryczną napędzaną przez wirnik akumulatora inercyjnego, aż do osiągnięcia poziomu naładowania baterii wynoszącego 90% albo do osiągnięcia minimalnej prędkości obrotowej wirnika akumulatora inercyjnego. W drugim etapie czasowym energia pochodząca ze źródła mocy przekazywana jest do akumulatora elektrochemicznego oraz do maszyny elektrycznej pracującej jako silnik elektryczny i napędzającej wirnik akumulatora inercyjnego. Akumulator elektrochemiczny jest ładowany mniejszą mocą niż w etapie pierwszym. W trzecim etapie czasowym po całkowitym naładowaniu akumulatora elektrochemicznego odłącza się go od magistrali prądu stałego i od przewodu sterującego, a energia ze źródła mocy przekazywana jest do maszyny elektrycznej pracującej jako silnik elektryczny, aż do osiągnięcia nominalnej prędkości wirnika aku-

mulatora inercyjnego. Sterownik na podstawie sygnału z czujnika prędkości obrotowej określa prędkość obrotową wirnika akumulatora inercyjnego, a na podstawie sygnału z systemu zarządzania baterią przesyłanego za pomocą przewodu sterującego określa stan naładowania akumulatora elektrochemicznego, po czym generuje sygnał sterujący przekształtnikiem wejściowym, przekształtnikiem akumulatora inercyjnego oraz trybem pracy maszyny elektrycznej, w celu zmiany kierunku przepływu mocy w poszczególnych etapach czasowych.

Celem wynalazku jest zapewnienie ładowania baterii pojazdów elektrycznych, zwiększoną mocą względem mocy pobieranej z sieci energetycznej oraz skrócenie czasu ładowania baterii elektrochemicznych.

Przedmiot wynalazku został uwidoczniony w przykładzie wykonania na rysunku, na którym:

- Fig. 1 przedstawia schemat budowy ładowarki baterii elektrochemicznych,
- Fig. 2 przedstawia schemat rozplywu mocy w trzech etapach czasowych ładowania baterii elektrochemicznej,
- Fig. 3 przedstawia przebiegi mocy w jednym cyklu ładowania akumulatora elektrochemicznego i akumulatora inercyjnego.

Oznaczenia na rysunku:

- 1 – przekształtnik wejściowy,
- 2 – magistrala prądu stałego,
- 3 – przekształtnik akumulatora inercyjnego,
- 4 – wirnik akumulatora inercyjnego,
- 5 – czujnik prędkości obrotowej,
- 6 – przewód sterujący,
- AI – akumulator inercyjny,
- E_{fb} – energia przekazana z akumulatora inercyjnego do akumulatora elektrochemicznego,
- E_{rb} – energia przekazana ze źródła mocy do akumulatora elektrochemicznego,
- E_{rf} – energia przekazana ze źródła mocy do akumulatora inercyjnego,
- M – maszyna elektryczna,
- P_{bc} – moc ładowania akumulatora elektrochemicznego,
- P_r – moc pobierana ze źródła mocy,
- P_{fls} – moc strat akumulatora inercyjnego w stanie naładowanym,
- S – sterownik,
- TAE – akumulator elektrochemiczny,
- ŻM – źródło mocy,

W przykładzie wykonania źródłem mocy wejściowej ŻM jest sieć elektroenergetyczna, do której przyłączony jest przekształtnik wejściowy 1 sterowany za pomocą sterownika S, zmieniający kształt i poziom napięcia lub prądu wejściowego, tak aby moc wejściowa mogła być przekazana do magistrali prądu stałego 2. Do magistrali prądu stałego 2 przyłączony jest również przekształtnik 3 akumulatora inercyjnego AI, do którego z kolei przyłączone są sterownik S i maszyna elektryczna M. Do sterownika S przyłączony jest także przewód sterujący 6 systemu zarządzania baterią BMS akumulatora elektrochemicznego TAE oraz czujnik prędkości obrotowej (5) wirnika akumulatora inercyjnego (4). Przewód sterujący jest połączony z linią CP (Control Pilot) stosowaną standardowo w przewodach do ładowania pojazdów elektrycznych. Maszyna elektryczna M mogąca pracować zarówno jako silnik i prądnica, jest maszyną synchroniczną z magnesami trwałymi. Wał maszyny elektrycznej M połączony jest z wirnikiem 4 akumulatora inercyjnego AI. W innym przykładzie wykonania źródłem mocy ŻM może być turbina wiatrowa wraz z prądnicą, ogniwa fotowoltaiczne, ogniwa paliwowe lub silnik spalinowy wraz z prądnicą, a wał maszyny elektrycznej M może być połączony z wirnikiem akumulatora inercyjnego AI za pośrednictwem przekładni, korzystnie przekładni zębatej obiegowej albo przekładni pasowej z pasem zębatym. Maszyna elektryczna może być maszyną bezszczotkową prądu stałego, maszyną asynchroniczną lub maszyną o przełączanej reluktancji.

Ładowarka przyłączona do sieci energetycznej ŻM o mocy 10 kW, wyposażona w akumulator inercyjny AI o pojemności 10 kWh, którego wirnik 4 połączony jest z maszyną elektryczną M o mocy 40 kW, ładuje akumulator elektrochemiczny TAE o pojemności 16 kWh. W zakresie ładowania od 10% do 100% SoC (State of Charge – stan naładowania) stosowany jest algorytm CC-CV zapewniający w pierwszej fazie ładowania utrzymanie stałej wartości prądu ładowania, a po osiągnięciu

90% SoC zmniejszanie wartości prądu ładowania przy utrzymaniu stałej wartości napięcia. W pierwszej fazie akumulator TAE ładowany jest z mocą stanowiącą sumę mocy z sieci energetycznej ŻM oraz mocy z akumulatora inercyjnego AI. Po osiągnięciu 90% SoC nadwyżka mocy pochodząca ze źródła mocy ŻM przekazywana jest do maszyny elektrycznej M, która pracując jako silnik elektryczny napędza wirnik 4 akumulatora inercyjnego AI. Po 50 minutach akumulator elektrochemiczny TAE został naładowany 13 kWh energii odpowiadającej około 90% SoC. Jest to około 1,6 razy większa wartość niż w przypadku ładowania typową ładowarką o mocy 10 kWh, dla której czas ładowania niezbędny do osiągnięcia 90% SoC wynosi około 80 minut.

W przypadku zastosowania akumulatora inercyjnego AI o pojemności 15 kWh i maksymalnej mocy ładowania akumulatora elektrochemicznego wynoszącej około 50 kW (moc ładowarki 10 kW i moc maszyny elektrycznej M pracującej jako prądnica 40 kW) czas do osiągnięcia 90% SoC wynosi około 15 minut.

Zastrzeżenia patentowe

1. Ładowarka do akumulatorów elektrochemicznych zawierająca przekształtnik wejściowy do którego przyłączone są źródło mocy wejściowej, magistrala prądu stałego i sterownik, przy czym do magistrali prądu stałego poprzez przekształtnik akumulatora inercyjnego (AI) przyłączona jest maszyna elektryczna (M) mogąca pracować jako silnik lub prądnica, której wał połączony jest z wałem wirnika (4) akumulatora inercyjnego (AI), przy czym do magistrali prądu stałego (2) przyłącza się także akumulator elektrochemiczny (TAE) podlegający ładowaniu, **znamienna tym**, że do sterownika (S) przyłączone są: przekształtnik (3) akumulatora inercyjnego (AI), przewód sterujący (6) systemu zarządzania baterią (BMS) akumulatora elektrochemicznego (TAE) oraz czujnik prędkości obrotowej (5) wału wirnika (4) akumulatora inercyjnego.
2. Ładowarka według zastrz. 1, **znamienna tym**, że wirnik (4) akumulatora inercyjnego (AI) połączony jest z wałem maszyny elektrycznej (M) przez przekładnię.
3. Ładowarka według zastrz. 2, **znamienna tym**, że przekładnia jest przekładnią zębatą obiegową.
4. Ładowarka według zastrz. 2, **znamienna tym**, że przekładnia jest przekładnią pasową z pasem zębatym.
5. Ładowarka według dowolnego z zastrz. od 1 do 4, **znamienna tym**, że wirnik (4) akumulatora inercyjnego (AI) umieszczony jest w obudowie wypełnionej gazem o lepkości i gęstości mniejszej niż dla powietrza atmosferycznego.
6. Ładowarka według dowolnego z zastrz. od 1 do 5, **znamienna tym**, że wirnik (4) akumulatora inercyjnego (AI) umieszczony jest w obudowie, wewnątrz której panuje ciśnienie niższe od atmosferycznego.
7. Ładowarka według dowolnego z zastrz. od 1 do 6, **znamienna tym**, że czujnik prędkości obrotowej jest czujnikiem hallotronowym umieszczonym w maszynie elektrycznej.
8. Ładowarka według dowolnego z zastrz. od 1 do 6, **znamienna tym**, że czujnik prędkości obrotowej jest prądniczką tachometryczną połączoną z wałem maszyny elektrycznej.
9. Ładowarka według dowolnego z zastrz. od 1 do 6, **znamienna tym**, że czujnik prędkości obrotowej jest czujnikiem optycznym.
10. Sposób ładowania akumulatorów elektrochemicznych wykorzystujący mechaniczny akumulator energii elektrycznej oraz ładowarkę akumulatorów elektrochemicznych przyłączoną do źródła mocy, **znamienny tym**, że ładowanie akumulatora elektrochemicznego następuje w trzech etapach czasowych:
 - w pierwszym etapie czasowym po podłączeniu akumulatora elektrochemicznego (TAE) do magistrali prądu stałego (2) ładowarki oraz przewodu sterującego (6), akumulator (TAE) ładowany jest energią elektryczną pochodzącą ze źródła mocy (ŻM) oraz energią wytworzoną przez pracującą jako prądnica maszynę elektryczną (M) napędzaną przez wirnik (4) akumulatora inercyjnego (AI), aż do osiągnięcia poziomu naładowania baterii wynoszącego 90% albo do osiągnięcia minimalnej prędkości obrotowej wirnika (4) akumulatora inercyjnego (AI),

- w drugim etapie czasowym energia pochodząca ze źródła mocy (ŻM) przekazywana jest do akumulatora elektrochemicznego (TAE) oraz do maszyny elektrycznej (M) pracującej jako silnik elektryczny i napędzającej wirnik (4) akumulatora inercyjnego (AI),
 - w trzecim etapie czasowym po całkowitym naładowaniu akumulatora elektrochemicznego (TAE) odłącza się go od ładowarki, a energia ze źródła mocy (ŻM) przekazywana jest do maszyny elektrycznej (M) pracującej jako silnik elektryczny, aż do osiągnięcia nominalnej prędkości wirnika (4) akumulatora inercyjnego (AI).
11. Sposób według zastrz. 10, **znamienny tym**, że sterownik (S) na podstawie sygnału z czujnika prędkości obrotowej (5) określa prędkość obrotową wirnika (4) akumulatora inercyjnego (AI), a na podstawie sygnału z systemu zarządzania baterią (BMS) przesyłanego za pomocą przewodu sterującego (6) określa stan naładowania akumulatora elektrochemicznego (TAE), po czym generuje sygnał sterujący przekształtnikiem wejściowym (1), przekształtnikiem akumulatora inercyjnego (3) oraz trybem pracy maszyny elektrycznej (M), w celu zmiany kierunku przepływu mocy w poszczególnych etapach czasowych.

Rysunki

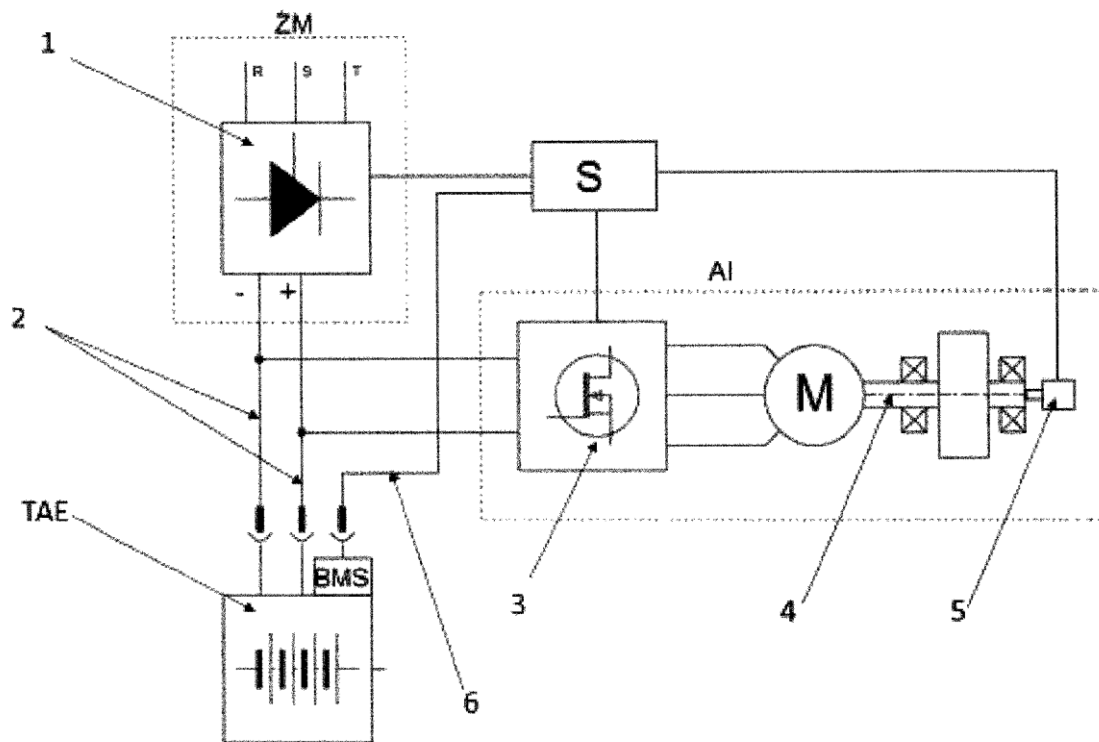


Fig. 1

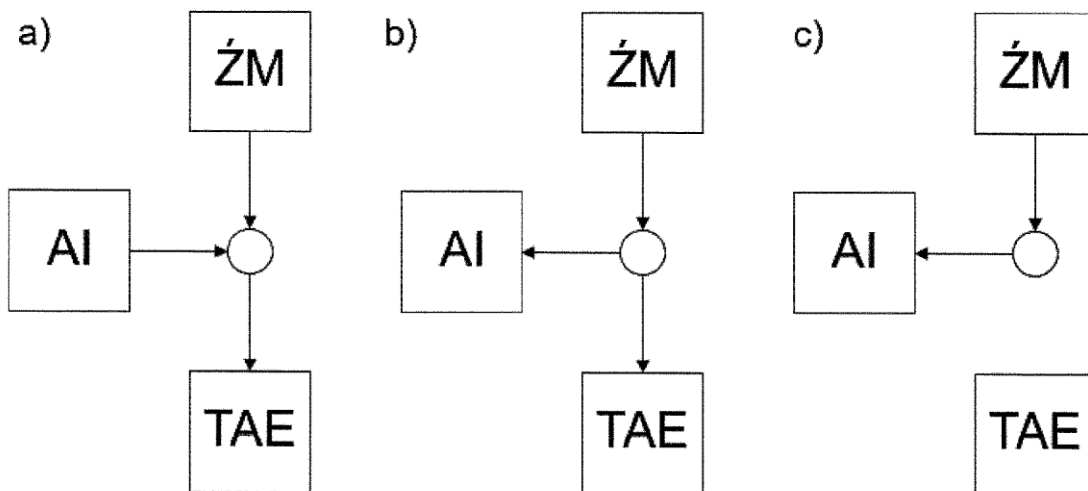


Fig. 2

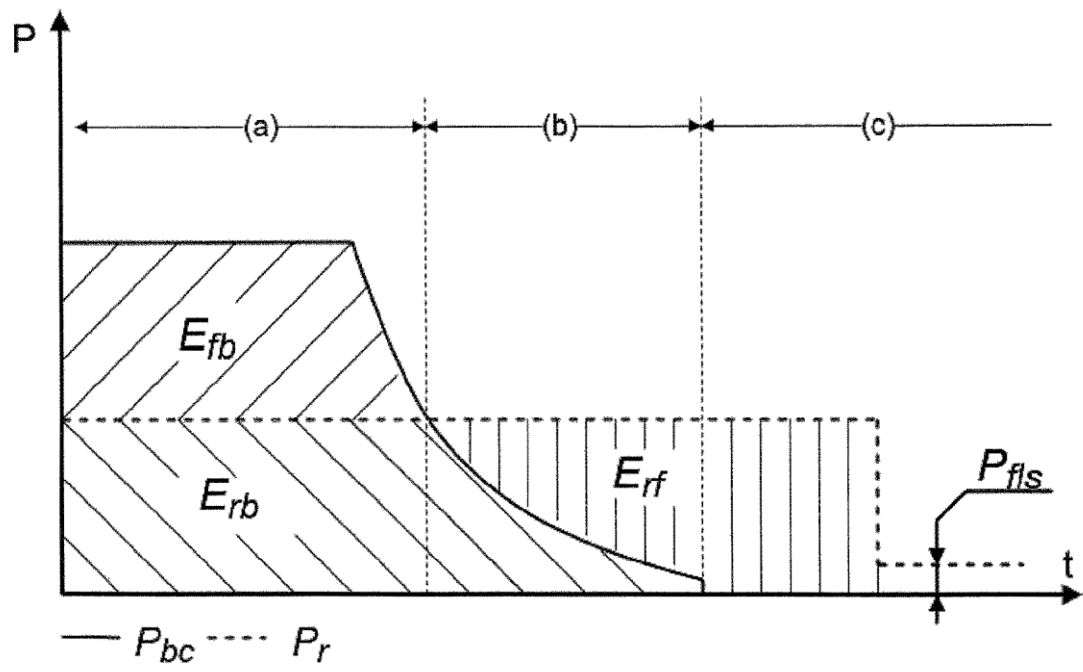


Fig. 3