

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL/EP 3928400 T3**

(12)

Tłumaczenie patentu europejskiego

- | | |
|---|--|
| (96) Data i numer zgłoszenia patentu europejskiego:
2020.02.20 20704924.8 | (51) MKP:
H02H 3/08 (2006.01)
H02H 3/44 (2006.01)
H02H 1/00 (2006.01)
H02H 5/04 (2006.01)
H02H 7/08 (2006.01)
H02H 7/122 (2006.01)
H02H 7/22 (2006.01)
H02H 3/05 (2006.01)
H02P 29/024 (2016.01) |
| (97) O udzieleniu patentu europejskiego ogłoszono:
2023.07.19 Europejski Biuletyn Patentowy 2023/29
EP 3928400 B1 | |
| (43) Data publikacji o zgłoszeniu:
2021.12.29 Europejski Biuletyn Patentowy 2021/52 | |
| (45) Data publikacji o złożeniu tłumaczenia patentu:
2023.12.18 Wiadomości Urzędu Patentowego 2023/51 | |

(30) Pierwszeństwo:

2019.02.22 EP 19158869

(73) Uprawniony:

Future Systems Besitz GmbH, Rödental, DE

(72) Twórca(-y):

CHRISTIAN ZIMMERMANN, Erlangen, DE
BERNHARD FOERST, Kronach, DE

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Weronika Witkowska,
Warszawa, PL

(54) Tytuł:

Sposób i urządzenie do ochrony obciążenia elektrycznego

OPIS

[0001] Wynalazek dotyczy sposobu i elektronicznego urządzenia zabezpieczającego do ochrony obciążenia elektrycznego przed przetężeniem i przeciążeniem. Urządzenie zabezpieczające obciążenie elektryczne może być zintegrowane z obudową bezpiecznika.

[0002] US 2009/0310270 A1 opisuje szybko reagujący układ zabezpieczający przed zwarciami z samoczynnym resetowaniem do stosowania w obwodzie zasilanym prądem stałym. System ochrony przed zwarciami zawiera czujnik napięcia połączony między węzłami w celu wykrywania napięcia. Czujnik napięcia realizowany jest przez obwód dzielnika napięcia. Komparator porównuje napięcie w węźle wykrytym przez czujnik napięcia z napięciem progowym określonym przez poziom wyzwalania napięciowego. Kontroler może zawierać komparator, który może generować sygnał sterujący do otwierania lub zamykania przełącznika.

[0003] GB 2294827 A opisuje jednostkę sterującą silnika z przerywaczem prądu i przekaźnikiem przeciążeniowym. Jednostka sterująca silnika zawiera obciążenie indukcyjne utworzone przez silnik odbierający prąd zmienny ze źródła zasilania. Jednostka sterująca silnika zawiera pierwszy przerywacz prądu i drugi przerywacz prądu. Pierwszy przerywacz prądu otwiera obwód elektryczny między źródłem zasilania a silnikiem, gdy duży chwilowy prąd przetężeniowy zostanie wykryty przez wtyk znamionowy. Drugi przerywacz prądu otwiera ten sam obwód elektryczny, gdy wtyk znamionowy wykryje mniejszy prąd przetężeniowy. Wtyk znamionowy może określić wystąpienie stanu przetężenia w obwodzie dystrybucji elektrycznej.

[0004] DE 2600472 A1 opisuje urządzenie zabezpieczające obciążenie składające się z przekaźnika przeciążeniowego połączonego z czujnikiem prądu. Czujnik prądu połączony jest szeregowo z przełącznikiem napędzanym przez cewkę wyzwalającą.

[0005] WO 2017/199357 A1 opisuje elektroniczne urządzenie sterujące mające wiele obwodów systemowych. Elektroniczne urządzenie sterujące składa się z jednostekysterowujących i elementów uruchamiających. Przekaźniki zapewniają, że w przypadku wystąpienia nieprawidłowości w jednym obwodzie systemu, inne obwody systemu pozostają nienaruszone. Elektroniczne urządzenie sterujące zawiera co najmniej jeden obwód układu sterownika, który steruje jednostkąysterowującą z linii zasilania za pośrednictwem sterownika, przy czym obwód układu jednostkiysterowującej i obwód układu sterownika zawierają przekaźniki, które niezależnie przerywają zasilanie z linii zasilania.

[0006] Przykładami obciążeń są silniki elektryczne. Silniki elektryczne działają przez interakcję pomiędzy polem magnetycznym silnika a prądem elektrycznym w uzwojeniu drutu w celu wygenerowania siły mechanicznej w postaci obrotu wału. Ogólnie rzecz biorąc, silniki elektryczne mogą być zasilane ze źródeł prądu stałego, takich jak akumulatory lub prostowniki, lub ze źródeł prądu przemiennego, takich jak sieć energetyczna, falownik lub generator elektryczny. Istnieją różne rodzaje silników elektrycznych, w szczególności silniki asynchroniczne i synchroniczne. Obciążenia, w szczególności silniki elektryczne, podłączone do systemu zasilania wymagają zabezpieczenia przeciążeniowego i/lub przetężeniowego. W systemie elektrycznym może wystąpić sytuacja, w której prąd przetężeniowy przepływa przez przewodnik elektryczny, prowadząc do nadmiernego wytwarzania ciepła i uszkodzenia sprzętu elektrycznego lub obciążenia. Obciążenie może również obejmować obciążenie rezystancyjne. Wszystkie te rodzaje obciążeń wymagają ochrony przed przetężeniem i/lub przeciążeniem. Może istnieć wiele różnych przyczyn powodujących przetężenie, w tym zwarcia, nieprawidłowy projekt obwodu lub usterki uziemienia. Ponadto istnieje wiele konwencjonalnych urządzeń zabezpieczających przed przetężeniem, takich jak bezpieczniki,

wyłączniki elektromechaniczne lub półprzewodnikowe przełączniki zasilania. Bezpieczniki topią się, gdy wystąpi przetężenie, przerywając w ten sposób prąd elektryczny i w konsekwencji chroniąc podłączone obciążenie. Jednak, bezpieczniki topią się tylko przy stosunkowo wysokich amplitudach prądu, dzięki czemu duża ilość energii elektrycznej może zostać przekazana do podłączonego obciążenia, takiego jak silnik elektryczny, zanim bezpiecznik się stopi. Zwiększa to ryzyko uszkodzenia podzespołów podłączonego obciążenia elektrycznego. Ponadto, po usunięciu przyczyny przetężenia, konieczna jest wymiana uszkodzonego bezpiecznika.

[0007] Silnik elektryczny jako obciążenie może mieć moc znamionową. W elektrotechnice, moc znamionowa urządzenia to najwyższa moc wejściowa, jaka może przepływać przez dane urządzenie. Zabezpieczenie przetężeniowe chroni sprzęt elektryczny przed nadmiernymi prądami lub prądami przekraczającymi dopuszczalne wartości znamionowe, które mogą wynikać ze zwarć, zwarć doziemnych i przeciążeń. Z kolei, zabezpieczenie przed przeciążeniem chroni przed sytuacją, w której prąd przeciążeniowy powoduje przegrzanie chronionego sprzętu elektrycznego.

[0008] Przekaznik przetężeniowy może być używany jako zabezpieczenie przed przeciążeniem (termiczne) w celu ochrony obciążeń rezystancyjnych. Jednak, w przypadku obciążeń indukcyjnych, przekaznik przetężeniowy nie może służyć jako zabezpieczenie przed przeciążeniem. Przekazniki przeciążeniowe mają zwykle dłuższe nastawy czasowe niż przekazniki przetężeniowe.

[0009] Konwencjonalne elektryczne urządzenia zabezpieczające mogą wykorzystywać czujniki prądu do pomiaru prądu elektrycznego płynącego do podłączonego obciążenia w celu wykrycia sytuacji krytycznej i automatycznego uruchomienia przełącznika elektronicznego lub elektromechanicznego w przypadku wystąpienia sytuacji krytycznej Element pomiaru prądu, taki jak czujnik Halla, może mierzyć prąd elektryczny i dostarczać wartości pomiarowe do sterownika lub układu logicznego sterowania, który może wyłączyć element przełączający w przypadku, gdy zmierzony prąd przekroczy wcześniej określoną wartość progową. Konwencjonalne czujniki zabezpieczające wykorzystują przełączniki półprzewodnikowe, takie jak tranzystory MOSFET, do ochrony podłączonych obciążeń przed prądami przetężeniowymi. Wraz ze wzrostem prądu elektrycznego płynącego przez włączony przełącznik półprzewodnikowy, spadek napięcia wzdłuż przełącznika półprzewodnikowego również wzrasta, co powoduje większe straty mocy na przełączniku półprzewodnikowym. Zwiększająca się utrata mocy może spowodować uszkodzenie, a nawet zniszczenie przełącznika półprzewodnikowego i/lub elementów elektronicznych w podłączonym silniku elektrycznym. Dlatego, konwencjonalne obwody zabezpieczające oceniają spadek napięcia wzdłuż przełącznika półprzewodnikowego i mogą wyłączyć przełącznik półprzewodnikowy, gdy tylko spadek napięcia przekroczy wartość progową. Jednak, ten konwencjonalny mechanizm wyłączania zaczyna działać dopiero wtedy, gdy prąd elektryczny osiągnie już wysoką amplitudę po stosunkowo długim okresie wyłączania. Te konwencjonalne obwody zabezpieczające działają stosunkowo wolno i wymagają wysokiego poziomu prądu do wyzwolenia odpowiedniego elementu przełączającego.

[0010] W związku z tym, celem wynalazku jest zapewnienie elektronicznego urządzenia zabezpieczającego obciążenie, które jest przystosowane do skutecznej ochrony obciążenia elektrycznego przed przetężeniem i/lub przeciążeniem.

[0011] Cel ten osiąga się za pomocą urządzenia zabezpieczającego przed obciążeniem zawierającego cechy zastrzeżenia 1.

[0012] Możliwe przykłady wykonania urządzenia do ochrony obciążenia określone są w zastrzeżeniach zależnych.

[0013] Wynalazek zapewnia ponadto, według kolejnego aspektu, system automatyzacji zawierający cechy z zastrzeżenia 22.

[0014] Wynalazek zapewnia ponadto, według trzeciego aspektu, sposób ochrony obciążenia elektrycznego zawierający cechy zastrzeżenia 23.

[0015] W dalszej części, możliwe przykłady wykonania różnych aspektów wynalazku są opisane szczegółowo w odniesieniu do załączonych figur rysunku.

Fig. 1A, 1B przedstawiają schematy blokowe możliwych przykładowych wykonania urządzenia zabezpieczającego obciążenie według pierwszego aspektu wynalazku;

Fig. 2 przedstawia schemat blokowy możliwej przykładowej implementacji urządzenia zabezpieczającego obciążenie według pierwszego aspektu wynalazku;

Fig. 3 przedstawia schemat stanów przedstawiający działanie możliwej przykładowej implementacji urządzenia zabezpieczającego obciążenie według pierwszego aspektu wynalazku;

Fig. 4 przedstawia schemat blokowy przedstawiający działanie możliwej przykładowej implementacji urządzenia zabezpieczającego obciążenie według pierwszego aspektu wynalazku;

Fig. 5 przedstawia schematycznie możliwe charakterystyki pracy obciążenia elektrycznego podłączonego do urządzenia zabezpieczającego obciążenie według wynalazku;

Fig. 6, 7 przedstawiają dalsze przykładowe charakterystyki pracy obciążenia w celu przedstawienia pracy urządzenia zabezpieczającego obciążenie według wynalazku;

Fig. 8 przedstawia schemat blokowy przedstawiający możliwy przykład wykonania sposobu ochrony obciążenia elektrycznego według kolejnego aspektu wynalazku;

Fig. 9 przedstawia schemat obwodu możliwego przykładowego wykonania obwodu zabezpieczenia przetężeniowego, który może być stosowany w urządzeniu zabezpieczającym obciążenie według wynalazku;

Fig. 10 przedstawia schemat obwodu przedstawiający przykładową implementację obwoduysterowującego stosowanego w urządzeniu zabezpieczającym obciążenie według wynalazku;

Fig. 11 przedstawia schematycznie możliwe różne redundantne mechanizmy pomiarowe i zabezpieczające stosowane w sposobie i urządzeniu według wynalazku;

Fig. 12 przedstawia możliwy przykład wykonania urządzenia zabezpieczającego obciążenie zintegrowanego z obudową bezpiecznika NH.

[0016] Jak widać na schematach blokowych z fig. 1A, 1B, urządzenie zabezpieczające 1 obciążenie według pierwszego aspektu wynalazku może składać się z kilku głównych obwodów, w tym obwodu zabezpieczenia przetężeniowego 1A, obwodu zabezpieczenia przeciążeniowego 1B i obwodu sterowania zasilaniem 1C (fig. 1B). Urządzenie zabezpieczające 1 obciążenie może być umieszczone pomiędzy siecią zasilającą PSN a obciążeniem elektrycznym, jak pokazano na fig. 1. Energia elektryczna może być rozprowadzana przez system szyn zbiorczych sieci zasilającej PSN. Obciążenie elektryczne podłączone jest do zacisku wyjściowego 3 urządzenia zabezpieczającego 1 obciążenie. W przykładzie wykonania pokazanym na fig. 1A, urządzenie zabezpieczające 1 obciążenie składa się z obwodu zabezpieczenia przetężeniowego 1A i obwodu zabezpieczenia przeciążeniowego 1B. W jeszcze innym możliwym przykładzie wykonania, urządzenie sterujące 1 obciążeniem składa się z obwodu zabezpieczenia przetężeniowego 1A, obwodu zabezpieczenia przeciążeniowego 1B i obwodu sterowania zasilaniem 1C, jak pokazano na fig. 1B. Obciążenie może obejmować obciążenie indukcyjne, taki jak silnik, obciążenie pojemnościowe lub obciążenie rezystancyjne lub ich kombinację. Urządzenie zabezpieczające 1 może być zintegrowane z obudową 12 o kształcie obudowy

bezpiecznika. Obudowa bezpiecznika może składać się np. z obudowy bezpiecznika NH, jak pokazano na fig. 12.

[0017] Obwód zabezpieczenia przetężeniowego 1A, obwód zabezpieczenia przeciążeniowego 1B i w przypadku, gdy obwód sterowania zasilaniem 1C zintegrowane są w obudowie bezpiecznika urządzenia zabezpieczającego 1 obciążenie, jak również pokazano na fig. 12.

[0018] Ogólnie rzecz biorąc, obciążenie elektryczne jest komponentem elektrycznym lub częścią obwodu, który zużywa energię elektryczną. Obciążenie elektryczne zużywa energię elektryczną w postaci odbieranego prądu elektrycznego i może przekształcać tę energię elektryczną w inne formy, takie jak ciepło, światło, praca itp. Obciążenia indukcyjne, zwane również obciążeniami opóźnionymi, to obciążenie prądu przemiennego, które mają głównie charakter indukcyjny, tak że prąd przemienny pozostaje w tyle za napięciem przemiennym, gdy prąd elektryczny wpływa do obciążenia. Z kolei, obciążenie pojemnościowe to obciążenie, który ma reaktancję pojemnościową, tj. ujemną, przy częstotliwości pracy. Obciążenie pojemnościowe powoduje, że fala prądu elektrycznego wyprzedza falę napięcia. W ten sposób, współczynnik mocy obciążenia pojemnościowego jest wiodący. Obciążenie rezystancyjne to rodzaj obciążenia, który pobiera prąd w takiej samej proporcji co przyłożone napięcie. Obciążenie rezystancyjne jest zwykle używane do przekształcania prądu elektrycznego w inną formę energii, taką jak ciepło. Fala napięcia i faza prądu mają taką samą fazę jak w przypadku obciążenia rezystancyjnego.

[0019] fig. 2 przedstawia możliwy przykład wykonania urządzenia zabezpieczającego 1 obciążenie zawierającego obwód zabezpieczenia przetężeniowego 1A, obwód zabezpieczenia przeciążeniowego 1B. Urządzenie zabezpieczające 1 obciążenie może również zawierać obwód sterowania zasilaniem 1C, jak pokazano na fig. 1B. Obwód zabezpieczenia przetężeniowego 1A ma zacisk wejściowy 2 do odbioru energii elektrycznej z sieci zasilania PSN pokazanej na fig. 1. Urządzenie zabezpieczające 1 obciążenie zawiera ponadto zacisk wyjściowy 3 służący do podłączenia obciążenia elektrycznego do urządzenia zabezpieczającego 1 obciążenie. Jak widać na fig. 2, podzespół czujnika 4 połączony jest szeregowo z przełącznikiem zasilania 5. Podzespół czujnika 4 przystosowany jest do bezpośredniego generowania spadku napięcia ΔU_4 odpowiadającego prędkości narastania prądu I_L obciążenia elektrycznego płynącego od zacisku wejściowego 2 urządzenia zabezpieczającego 1 obciążenie przez podzespół czujnika 4 i przełącznik zasilania 5 do zacisku wyjściowego 3 urządzenia zabezpieczającego 1 obciążenie. Obwód zabezpieczenia przetężeniowego (OCPC) 1A obejmuje przełącznik zasilania 5, przez który obciążenie elektryczny odbiera prąd I_L obciążenia elektrycznego oraz podzespół czujnika 4 połączony szeregowo z przełącznikiem zasilania 5. W możliwym przykładzie wykonania, podzespół czujnika 4 obwodu zabezpieczenia przetężeniowego 1A obejmuje cewkę, która przystosowana jest do generowania indukcyjnego spadku napięcia ΔU_4 w zależności od prędkości narastania prądu I_L obciążenia przepływającego przez podzespół czujnika 4 obwodu zabezpieczenia przetężeniowego 1A. Obwód zabezpieczenia przetężeniowego 1A zawiera ponadto obwódysterowującego 6, jak pokazano na schemacie blokowym na fig. 2. Obwódysterowujący 6 przystosowany jest do wykrywania występującego przetężenia w zależności od spadku napięcia ΔU_4 generowanego przez podzespół czujnika 4 i spadku napięcia ΔU_5 wzdłuż przełącznika zasilania 5. Spadek napięcia ΔU_4 generowany przez podzespół czujnika 4 i spadek napięcia ΔU_5 wzdłuż przełącznika zasilania 5 mogą być przyłożone do obwoduysterowującego 6 jako suma napięcia $U_{\Sigma} = \Delta U_4 + \Delta U_5$. Przewodowy obwódysterowujący 6 przystosowany jest do wyłączania przełącznika zasilania 5 po wykryciu przetężenia z okresem wyłączania krótszym niż 1 ms, najlepiej krótszym niż 5 μ s. Nieliniowy spadek napięcia ΔU_5 na

przełącznika zasilania 5 używany jest jako wartość reprezentatywna dla chwilowego prądu w sumie napięcia U_{Σ} .

[0020] Okres wyłączenia wstępnie zdefiniowany jest przez obwód łączący elementy czujnikowe 4-1, 4-2 z obwodem sterującym 6, jak pokazano na fig. 9, oraz wewnętrzne opóźnienia propagacji sygnału spowodowane przez bramki i obliczenia zintegrowane w obwodzie sterującym 6, jak pokazano na fig. 10. W możliwej implementacji, okres wyłączenia zaprogramowany jest na stałe, tj. zależy od podzespołów obwodu i opóźnień propagacji sygnału. Okres wyłączenia może wynosić od dwóch mikrosekund do 1 milisekundy. W możliwym wariantcie, okres wyłączenia może być regulowany przez zmianę wartości elementu obwodu przedstawionego na fig. 9, takiego jak kondensatory kondensatora C. Może to zmienić opóźnienie sygnału dostarczanego przez elementy czujnikowe 4 do obwoduysterowującego 6, a tym samym okres wyłączenia. Do zmiany wartości elementu obwodu można użyć małego śrubokręta, obracając element regulacyjny wbudowany w obudowę 12 bezpiecznika.

[0021] Zabezpieczone wyłączenie reaguje na kombinację zarówno wartości prądu, jak i wartości szybkości zmian prądu.

[0022] Urządzenie sterujące 1 obciążeniem według wynalazku zawiera ponadto w przedstawionym przykładzie wykonania z fig. 1B, 2 obwód sterowania zasilaniem (PSCC) 1C. Obwód sterowania zasilaniem 1C zawiera podzespół czujnika 9 przystosowany do pomiaru na zacisku wejściowym 2 urządzenia zabezpieczającego 1 obciążenie napięcia zasilania U przekazywanego do jednostki sterującej 8 urządzenia zabezpieczającego 1 obciążenie. Jednostka sterująca 8 przystosowana jest do sterowania mocą elektryczną dostarczaną do obciążenia elektrycznego w zależności od typu i/lub trybu pracy obciążenia elektrycznego. Typ obciążenia elektrycznego może obejmować obciążenie rezystancyjne, indukcyjne lub pojemnościowe. W przedstawionym przykładzie wykonania z fig. 2, obwód sterowania zasilaniem 1C ma podzespół czujnika 9 utworzony przez dzielnik napięcia przystosowany do dostarczania części napięcia zasilania U na zacisku wejściowym 2 urządzenia zabezpieczającego 1 obciążenie do jednostki sterującej 8 urządzenia zabezpieczającego 1 obciążenie w celu zapewnienia profilu napięcia zasilania w czasie.

[0023] Ponadto, w przykładzie wykonania z fig. 2, urządzenie sterujące 1 obciążeniem zawiera również obwód zabezpieczający przed przeciążeniem (OLPC) 1B mający podzespół czujnika 7 przystosowany do ciągłego pomiaru prądu I_L obciążenia płynącego do zacisku wyjściowego 3. Zmierzony prąd obciążenia I_L przekazywany jest przez podzespół czujnika 7 do jednostki sterującej 8 urządzenia sterującego 1 obciążeniem, która przystosowana jest do określenia stanu przeciążenia obciążenia elektrycznego na podstawie zmierzonego profilu prądu obciążenia. Podzespół czujnika 7 może również dostarczać pomiary do obwoduysterowującego 6 w celu wykrywania usterek. Jednostka sterująca 8 urządzenia sterującego 1 obciążeniem ponadto przystosowana jest do sterowania obwodem 6ysterowującym w celu automatycznego wyłączenia przełącznika zasilania 5, jeśli jednostka sterująca 8 ustali stan przeciążenia obciążenia elektrycznego. Jak widać na fig. 2, podzespół czujnika 7 obwodu zabezpieczenia przed przeciążeniem 1B i podzespół czujnika 9 obwodu sterowania zasilaniem 1C podłączone są do powiązanych przetworników analogowo-cyfrowych 10, 11. Przetworniki analogowo-cyfrowe 10, 11 przystosowane są do konwersji zmierzonego analogowego profilu prądu obciążenia otrzymanego z elementu czujnika 7 i zmierzonego profilu napięcia zasilania zmierzonego przez podzespół czujnika 9 na odpowiednie wartości pomiarowe (próbki). Częstotliwość próbkowania może wynosić 4 kHz. Rozdzielczość może wynosić co najmniej 12 bitów. Przetworniki analogowo-cyfrowe 10, 11 mogą również stanowić część procesora 8A jednostki sterującej 8. Wartości pomiarowe dostarczane przez przetworniki analogowo-cyfrowe 10, 11 przechowywane są jako próbki

danych w pamięci danych jednostki sterującej 8 jako dane profilu prądu obciążenia i dane profilu napięcia zasilania. W przedstawionym przykładzie wykonania z fig. 2, jednostka sterująca 8 składa się z procesora lub FPGA 8A i pamięci 8B danych do przechowywania na bieżąco podczas pracy danych profilu prądu obciążenia i danych profilu napięcia zasilania. Jednostka sterująca 8 może ponadto zawierać pamięć 8C do przechowywania różnych charakterystyk pracy obciążenia, tj. charakterystyk pracy dla różnych parametrów pracy i/lub dla różnych typów obciążeń, tj. dla obciążeń rezystancyjnych, pojemnościowych lub indukcyjnych. Zasilanie jednostki sterującej 8 może być dostarczane przez zintegrowany zasilacz lub przez interfejs DC.

[0024] W możliwym przykładzie wykonania, przekaźnik elektromechaniczny może być połączony szeregowo z przełącznikiem zasilania 5 i może być sterowany przez jednostkę sterującą 8. Gdy tylko stan przeciążenia zostanie rozpoznany przez jednostkę sterującą 8, może ona nakazać obwodowi 6 wysterowującemu otwarcie przełącznika zasilania 5 i/lub sterowanie przekaźnikiem w celu otwarcia i przerwania przepływu prądu. Przekaźnik elektromechaniczny zintegrowany może być z obudową 12 urządzenia zabezpieczającego 1 obciążenie lub połączony szeregowo z urządzeniem zabezpieczającym 1 obciążenie.

[0025] Jednostka sterująca 8 z procesorem lub FPGA 8A przystosowana jest do sterowania zasilaniem elektrycznym obciążenia elektrycznego podłączonego do zacisku wyjściowego 3 urządzenia zabezpieczającego 1 obciążenie w zależności od typu i/lub trybu pracy obciążenia elektrycznego oraz na podstawie profilu prądu obciążenia mierzonego przez podzespół czujnika 7 obwodu zabezpieczającego przed przeciążeniem 1B i na podstawie profilu napięcia zasilania mierzonego przez podzespół czujnika 9 obwodu sterującego zasilaniem 1C na zacisku wejściowym 2 urządzenia zabezpieczającego 1 obciążenie. W możliwym przykładzie wykonania, komponent czujnika 7 obwodu zabezpieczającego przed przeciążeniem 1B zawiera czujnik Halla przystosowany do ciągłego pomiaru prądu I_L obciążenia płynącego do zacisku wyjściowego 3 urządzenia sterującego 1 obciążeniem w celu zapewnienia profilu prądu obciążenia. Podzespół czujnika 7 może również zawierać czujnik GMR, transformator lub rezystor bocznikowy.

[0026] W możliwym przykładzie wykonania, procesor 8A jednostki sterującej 8 przystosowany jest do obliczania współczynnika mocy $\cos\phi$ na podstawie danych profilu prądu obciążenia i danych profilu napięcia zasilania przechowywanych w pamięci 8B danych jednostki sterującej 8. Dane profilu mogą być przechowywane przez z góry określone ruchome okno czasowe w pamięci 8B danych.

[0027] Obciążenie elektryczne podłączone do zacisku wyjściowego 3 może obejmować różne tryby pracy. Na przykład, silnik elektryczny M jako obciążenie indukcyjne może mieć różne tryby pracy. Fig. 3 przedstawia schemat stanu przedstawiający różne możliwe tryby pracy silnika elektrycznego podłączonego jako obciążenie do zacisku wyjściowego 3 urządzenia zabezpieczającego 1 obciążenie. W przedstawionym przykładzie, podłączony silnik elektryczny M obejmuje tryb pracy jałowej, tryb rozruchu, tryb pracy w stanie ustalonym i tryb zatrzymania. W trybie pracy jałowej, silnik elektryczny M jest wyłączony, a jego prędkość obrotowa wynosi zero. W odpowiedzi na polecenie włączenia, następuje przejście z trybu jałowego do trybu rozruchu. W trybie rozruchu, silnik elektryczny M jest uruchamiany, a prędkość obrotowa silnika elektrycznego M jest zwiększana. W trybie pracy w stanie ustalonym silnika M, prędkość obrotowa silnika elektrycznego M jest utrzymywana na stałym poziomie. Ponadto, w trybie zatrzymania silnik elektryczny M zostaje zatrzymany, a prędkość obrotowa silnika elektrycznego M zostaje zmniejszona. W odpowiedzi na polecenie wyłączenia, zarówno w trybie rozruchu, jak i w trybie pracy w stanie ustalonym, jednostka sterująca 8 przechodzi do trybu zatrzymania, aż prędkość obrotowa silnika elektrycznego M osiągnie zero.

[0028] Procesor 8A jednostki sterującej 8 przystosowany jest do określania trybu pracy i/lub określonego stanu pracy podłączonego obciążenia elektrycznego, takiego jak silnik, przez przetwarzanie danych profilu prądu obciążenia i/lub danych profilu napięcia zasilania dostępnych w pamięci 8B danych jednostki sterującej 8.

[0029] Jak pokazano również na schemacie stanu na fig. 3, jednostka sterująca 8 przystosowana jest do sterowania obwodemysterowującym 6 urządzenia zabezpieczającego 1 obciążenie po odebraniu polecenia sterującego CMD, tak aby przełącznik zasilania 5 był włączany lub wyłączany zgodnie z odebranympoleceniem sterującym CMD. W możliwym przykładzie wykonania, jednostka sterująca 8 urządzenia zabezpieczającego 1 obciążenie przystosowana jest do odbierania polecenia sterującego CMD z PSN za pośrednictwem zacisku wejściowego 2 lub z obciążenia podłączonego do zacisku wyjściowego 3. W alternatywnym przykładzie wykonania, zintegrowana jednostka sterująca 8 urządzenia zabezpieczającego 1 obciążenie może również odbierać polecenie sterujące z komputera podłączonego do urządzenia zabezpieczającego 1 obciążenie lub z zapisanego programu sterującego systemu automatyki za pośrednictwem zacisku wejściowego 2, np. za pomocą sterownika PLC.

[0030] W możliwym przykładzie wykonania, jednostka sterująca 8 urządzenia zabezpieczającego 1 obciążenie przystosowana jest do wyprowadzania na podstawie co najmniej jednego parametru roboczego podłączonego obciążenia elektrycznego i danych profilu przechowywanych w pamięci 8B danych powiązanego profilu temperatury podzespołów obciążenia elektrycznego i/lub podzespołów samego urządzenia sterującego 1 obciążeniem i jest dalej przystosowana do sterowania obwodemysterowującym 6 w celu wyłączenia przełącznika zasilania 5 w przypadku wykrycia odchylenia od wcześniej określonego zakresu temperatury. Przełącznik zasilania 5 urządzenia zabezpieczającego 1 obciążenie może w możliwym przykładzie wykonania zostać również włączony po konfigurowalnym okresie oczekiwania i/lub po pomyślnym usunięciu przyczyny wyłączenia i/lub jeśli spełnione są inne wcześniej określone warunki włączenia. Przełącznik zasilania 5 może składać się z różnego rodzaju urządzeń półprzewodnikowych, w tym IGBT lub MOSFET. MOSFET mocy może składać się z SiC MOSFET, GaN MOSFET lub ScAlN MOSFET. Podłączone obciążenie elektryczne, jak pokazano na fig. 2, może obejmować w możliwym przykładzie wykonania silnik wielofazowy M, który odbiera za pośrednictwem urządzenia zabezpieczającego 1 obciążenie pojedynczą fazę prądu elektrycznego L jako prąd obciążenia roboczego I_L . W możliwym wykonaniu, urządzenie zabezpieczające 1 obciążenie zapewnia dla fazy prądu elektrycznego L co najmniej obwód zabezpieczenia przetężeniowego 1A i obwód zabezpieczenia przeciążeniowego 1B. W możliwym przykładzie wykonania, obciążeniem elektrycznym jest silnik elektryczny M, w szczególności trójfazowy silnik elektryczny M podłączony równolegle do trzech urządzeń zabezpieczających 1. Trójfazowy silnik elektryczny M może składać się z trójfazowego silnika indukcyjnego, tj. silnika asynchronicznego. Silnik indukcyjny wykorzystuje prąd elektryczny dostarczany w trzech fazach L przez trzy urządzenia zabezpieczające 1 obciążenie w sekwencji do cewek stojana w celu wytworzenia wirującego pola magnetycznego. To pole magnetyczne indukuje pole elektryczne w cewce lub klatce, by napędzać wirnik silnika indukcyjnego M. Różnica prędkości między wirnikiem, tj. prędkością synchroniczną, a wirującym polem magnetycznym nazywana jest również poślizgiem. Symetryczny trójfazowy układ uzwojeń stojana silnika indukcyjnego M podłączony jest do trójfazowej sieci zasilającej PSN o odpowiednim napięciu i częstotliwości. Prądy sinusoidalne o tej samej amplitudzie mogą płynąć w każdej z trzech faz uzwojenia L. Każdy z prądów elektrycznych jest tymczasowo przesunięty względem siebie o 120° . Ponieważ fazy L są również przesunięte przestrzennie o 120° , stojan silnika elektrycznego M wytwarza pole magnetyczne, które obraca się z częstotliwością przyłożonego napięcia. Wirujące pole magnetyczne indukuje napięcie elektryczne w uzwojeniu wirnika lub prętach wirnika.

Prądy zwarciove mogą płynąć, ponieważ uzwojenie jest zwarte przez pierścien. Wraz z wirującym polem magnetycznym, te prądy elektryczne tworzą siły mechaniczne i wytwarzają moment obrotowy na promieniu wirnika, który może przyspieszyć prędkość wirnika w kierunku wirującego pola. W silniku indukcyjnym, częstotliwość napięcia generowanego w wirniku silnika elektrycznego M spada wraz ze wzrostem prędkości wirnika. Dzieje się tak, ponieważ różnica między prędkością wirującego pola a prędkością wirnika staje się mniejsza. Gdyby wirnik silnika elektrycznego M obracał się z tą samą prędkością co wirujące pole magnetyczne, obracałby się synchronicznie i nie indukowałoby się żadne napięcie, a silnik elektryczny M nie byłby w stanie wytworzyć w rezultacie żadnego momentu obrotowego. Jednak, moment obciążenia i momenty tarcia w łożyskach prowadzą do różnicy między prędkością wirnika a prędkością wirującego pola magnetycznego, co skutkuje równowagą między momentem przyspieszenia a momentem obciążenia. W konsekwencji, elektryczny silnik indukcyjny pracuje asynchronicznie i jest również nazywany silnikiem asynchronicznym. W możliwym przykładzie wykonania, urządzenie zabezpieczające 1 obciążenie przewidziane jest dla asynchronicznego silnika indukcyjnego M podłączonego do zacisku wyjściowego 3 urządzenia zabezpieczającego 1 obciążenie i zabezpieczonego przed przetężeniem i/lub przeciążeniem.

[0031] Urządzenie zabezpieczające 1 obciążenie według wynalazku, jak pokazano na fig. 1, 2 może być również przewidziane dla innych rodzajów obciążeń elektrycznych, w szczególności również dla silnika synchronicznego. W silniku synchronicznym, wirujące pole magnetyczne stojana jest synchroniczne z polem magnetycznym wirnika. Urządzenie zabezpieczające 1 obciążenie według wynalazku może być również stosowane do silników napędzanych prądem stałym. Obciążenie może również obejmować silnik wielofazowy z kondensatorem.

[0032] Jak również przedstawiono w przykładzie wykonania pokazanym na fig. 9, dla fazy prądu elektrycznego L lub dla każdego kierunku prądu stałego, pierwszy przełącznik zasilania 5-1 przewidziany jest dla dodatniej półfali prądu przemiennego lub dla dodatniego prądu stałego. Ponadto, drugi przełącznik zasilania 5-2 może być przewidziany dla ujemnej półfali prądu przemiennego lub dla ujemnego prądu stałego. Przełączniki zasilania 5 połączone mogą być za pomocą półmostkowych lub pełnomostkowych obwodów prostowniczych z powiązаныmi obwodamiysterowującymi 6 urządzenia zabezpieczającego 1 obciążenie. Jak pokazano na fig. 10, obwódysterowujący 6 może zawierać stronę niskonapięciową podłączoną do jednostki sterującej 8 i stronę wysokonapięciową podłączoną do przełącznika zasilania 5. W korzystnym przykładzie wykonania, strona niskonapięciowa i strona wysokonapięciowa obwoduysterowującego 6 są galwanicznie oddzielone od siebie.

[0033] W możliwym przykładzie wykonania urządzenia zabezpieczającego 1 obciążenie według wynalazku, procesor 8A jednostki sterującej 8 przystosowany jest do wykonywania kontroli kąta fazowego i/lub stosowania predefiniowanego wzorca przełączania do przełącznika zasilania 5 za pośrednictwem obwoduysterowującego 6 w zależności od obliczonego współczynnika mocy $\cos\phi$ i aktualnego trybu pracy obciążenia elektrycznego podłączonego do urządzenia zabezpieczającego 1 obciążenie. W tym celu, procesor 8A jednostki sterującej 8 ma dostęp do co najmniej jednej charakterystyki pracy obciążenia elektrycznego wskazującej dla parametrów pracy co najmniej jedną dopuszczalną strefę pracy, co najmniej jedną krytyczną strefę pracy i/lub co najmniej jedną niedopuszczalną strefę pracy.

[0034] Fig. 5 przedstawia schematycznie charakterystykę pracy obciążenia dla obciążenia elektrycznego w celu zapewnienia ochrony. Różne strefy charakterystyki pracy obciążenia zdefiniować można za pomocą co najmniej dwóch parametrów pracy P_A , P_B , jak pokazano na fig. 5.

[0035] Fig. 6, 7 przedstawiają przykłady charakterystyki pracy obciążenia, która może być przechowywana w pamięci 8C jednostki sterującej 8 i wykorzystywana przez procesor lub FPGA 8A w celu zapewnienia ochrony obciążenia, w szczególności ochrony przed przeciążeniem. Jak widać na fig. 6, 7, procesor lub FPGA 8A jednostki sterującej 8 przystosowany jest do oceny danych profilu prądu obciążenia i/lub danych profilu napięcia zasilania przechowywanych w pamięci 8B danych jednostki sterującej 8 w odniesieniu do charakterystyki pracy obciążenia elektrycznego przechowywanej w pamięci 8C charakterystyki obciążenia w celu określenia, czy kombinacje parametrów pracy różnych parametrów pracy P znajdują się w krytycznej lub niedopuszczalnej strefie pracy odpowiedniej charakterystyki pracy obciążenia. W przykładzie pokazanym na fig. 6, 7, parametr P_B określony jako stosunek między prądem obciążenia a prądem znamionowym silnika jako obciążenia przedstawiony jest w czasie t, by pokazać dwa różne scenariusze. W scenariuszu przedstawionym na fig. 6, obliczony stosunek między próbkowanym prądem obciążenia a wstępnie zdefiniowanym prądem znamionowym zapewnia wartości, które mieszczą się w dopuszczalnej strefie charakterystyki pracy obciążenia. Z kolei, w scenariuszu pokazanym na fig. 7, wartości współczynnika (pierwszy parametr P_B) początkowo znajdują się w strefie dopuszczalnej, a następnie przesuują się w czasie (drugi parametr) do strefy krytycznej i ostatecznie do strefy niedopuszczalnej, jak pokazano na fig. 7. Gdy parametr P_B osiągnie strefę krytyczną, jednostka sterująca 8 może wyzwoić sygnał ostrzegawczy. Gdy tylko parametr pracy P_B osiągnie strefę niedopuszczalną, procesor 8A jednostki sterującej 8 może uruchomić tryb wyłączenia, w którym przełącznik zasilania 5 jest wyłączany przez obwód wysterowujący 6 w odpowiedzi na polecenie sterujące otrzymane z jednostki sterującej 8. Alternatywnie, jednostka sterująca 8 może sterować innym przełącznikiem podłączonym szeregowo do przełącznika zasilania 5 w celu wyłączenia obciążenia w przypadku osiągnięcia niedopuszczalnej strefy pracy. W możliwym przykładzie wykonania, jednostka sterująca 8 może wysyłać sygnał ostrzegawczy za pośrednictwem elementu wyświetlającego interfejsu użytkownika 15, takiego jak dioda LED zintegrowana w obudowie bezpiecznika 12 urządzenia zabezpieczającego 1 obciążenie, jeśli kombinacja parametrów pracy zostanie określona jako znajdująca się w krytycznej strefie pracy charakterystyki pracy obciążenia odpowiedniego obciążenia elektrycznego. Ponadto, jednostka sterująca 8 może automatycznie wygenerować sygnał sterujący wyłączenia zastosowany do przełącznika zasilania 5 lub innego przełącznika w celu wyłączenia prądu I_L obciążenia, jeśli kombinacja parametrów pracy zostanie określona jako znajdująca się w niedopuszczalnej strefie pracy charakterystyki pracy obciążenia odpowiedniego obciążenia elektrycznego. W możliwym przykładzie wykonania, różne charakterystyki pracy obciążenia dla różnych kombinacji parametrów pracy mogą być przechowywane w pamięci 8C jednostki sterującej 8.

[0036] W możliwym przykładzie wykonania, jednostka sterująca 8 kilku (np. trzech) urządzeń zabezpieczających 1 obciążenie przystosowana jest do określenia, czy otrzymane napięcia zasilania na różnych zaciskach wejściowych 2 przewidzianych dla różnych faz L wskazują na symetryczne zasilanie przez sieć zasilającą PSN podłączoną do zacisków wejściowych 2 różnych urządzeń sterujących 1 obciążeniem na podstawie danych profilu napięcia zasilania przechowywanych w pamięci 8B danych jednostek sterujących 8. Jednostki sterujące 8 przystosowane są do automatycznego wyłączania przełączników zasilania 5 w różnych fazach L, jeśli jednostka sterująca 8 rozpozna niesymetryczne zasilanie sieci zasilającej PSN.

[0037] Fig. 4 przedstawia schemat blokowy przedstawiający możliwy przykładowy przykład wykonania operacji sterowania zasilaniem wykonywanej przez urządzenie zabezpieczające 1 obciążenie według wynalazku, jak pokazano na fig. 1B. W odpowiedzi na polecenie włączenia, podłączonym obciążeniem

elektrycznym jest silnik M, który jest uruchamiany w etapie S_A i następuje przejście z trybu pracy jałowej do trybu pracy rozruchowej.

[0038] W pierwszym etapie S_B , pomiary wykonywane są przez komponenty czujnika. Dla każdej fazy L, odpowiednie napięcie U i prąd obciążenia elektrycznego I_L mogą być mierzone w etapie S_B . Prąd I_L obciążenia mierzony jest przez podzespół czujnika 7, a napięcie zasilania U może być mierzone przez podzespół czujnika 9 urządzenia zabezpieczającego 1 obciążenie.

[0039] W kolejnym etapie S_C , procesor 8A jednostki sterującej 8 wykonuje obliczenie współczynnika mocy. Procesor 8A jednostki sterującej 8 przystosowany jest do obliczania współczynnika mocy $\cos\phi$ na podstawie danych profilu prądu obciążenia i danych profilu napięcia zasilania przechowywanych w pamięci 8B danych jednostki sterującej 8. Współczynnik mocy definiowany jest jako stosunek mocy rzeczywistej do mocy pozornej. Ponieważ moc przesyłana jest wzdłuż linii przesyłowej, nie składa się wyłącznie z mocy rzeczywistej, która może wykonać pracę po przesłaniu do silnika elektrycznego M, ale raczej składa się z kombinacji mocy rzeczywistej i biernej zwanej mocą pozorną. Współczynnik mocy opisuje ilość mocy rzeczywistej przesyłanej wzdłuż linii przesyłowej do podłączonego obciążenia elektrycznego w stosunku do całkowitej mocy pozornej płynącej w linii przesyłowej.

[0040] W kolejnym etapie S_D , obserwowany jest aktualny tryb pracy silnika elektrycznego M. Jeśli uruchomiony silnik elektryczny M znajduje się w trybie pracy rozruchowej (tryb 1), procesor 8A lub sterownik jednostki sterującej 8 wykonuje kontrolę zasilania rozruchowego w etapie S_E . Jeśli silnik elektryczny M znajduje się w trybie pracy w stanie ustalonym (tryb 2), procesor 8A jednostki sterującej 8 wykonuje sterowanie zasilaniem w stanie ustalonym w etapie S_F . Jeśli podłączony silnik elektryczny M znajduje się w trybie zatrzymania (tryb 3), procesor 8A lub sterownik jednostki sterującej 8 wykonuje zatrzymanie sterowania zasilaniem w etapie S_G , jak pokazano na fig. 4. W możliwej implementacji, procesor 8A jednostki sterującej 8 może wykonać w etapie S_E , S_F , S_G kontrolę kąta fazowego w zależności od współczynnika mocy $\cos\phi$ obliczonego w etapie S_C i obserwowanego bieżącego trybu pracy silnika elektrycznego M.

[0041] Sterowanie kątem fazowym (zwane również sterowaniem fazowym PFC) służy do ograniczania mocy przyłożonego napięcia przemiennego. W możliwym przykładzie wykonania, jednostka sterująca 8 steruje przełącznikiem zasilania 5 w celu wykonania kontroli kąta fazowego. Zależność między prądem obciążenia I_L a napięciem zasilania może być zmieniana przez jednostkę sterującą 8 przez sterowanie przełączaniem przełącznika zasilania 5 za pośrednictwem obwodu wysterowującego 6. W możliwym przykładzie wykonania, jednostka sterująca 8 może wykonać procedurę łagodnego rozruchu obciążenia w celu tymczasowego zmniejszenia obciążenia mechanicznego i momentu obrotowego w układzie napędowym, by zminimalizować skok prądu elektrycznego obciążenia elektrycznego podczas rozruchu. W ten sposób, jednostka sterująca 8 może zmniejszyć naprężenia mechaniczne obciążenia elektrycznego. Jednostka sterująca 8 może sterować, w możliwym przykładzie wykonania, jednofazowym lub trójfazowym napięciem zasilania obciążenia podczas fazy rozruchu. W ten sposób, sprzęt obciążenia elektrycznego, taki jak silnik, może być płynnie przyspieszany. Wydłuża to żywotność obciążenia elektrycznego i poprawia jego działanie. Jednostka sterująca 8 może wykorzystywać półprzewodnikowy przełącznik zasilania 5 do sterowania przepływem prądu elektrycznego, a w konsekwencji napięciem przyłożonym do obciążenia elektrycznego w zależności od obliczonego współczynnika mocy oraz trybu pracy i/lub typu obciążenia elektrycznego.

[0042] Fig. 8 przedstawia schemat blokowy możliwego przykładowego przykładu wykonania sposobu ochrony obciążenia elektrycznego według kolejnego aspektu wynalazku.

[0043] W przedstawionym przykładzie wykonania przedstawionym na fig. 8, sposób składa się z trzech głównych etapów S1, S2, S3. W pierwszym etapie S1, generowany jest spadek napięcia ΔU_4 na elemencie czujnikowym 4 odpowiadający prędkości narastania prądu I_L obciążenia elektrycznego płynącego przez podzespół czujnika 4 i przełącznik zasilania 5 do obciążenia elektrycznego. W możliwej implementacji, spadek napięcia ΔU_4 generowany jest przez cewkę odpowiadającą prędkości narastania prądu obciążenia elektrycznego I_L .

[0044] W kolejnym etapie S2, przełącznik zasilania 5 jest automatycznie wyłączany przez obwódysterowujący 6 w okresie wyłączania krótszym niż jedna milisekunda, jeśli wygenerowany spadek napięcia ΔU_4 plus spadek napięcia ΔU_5 wzdłuż przełącznika zasilania 5 przekracza napięcie progowe w celu zapewnienia ochrony przed nadmiernym prądem, w szczególności ochrony przed prądem zwarciovym. W możliwym przykładzie wykonania, okres wyłączenia jest krótszy niż pięć mikrosekund.

[0045] W możliwej implementacji, również moc elektryczna przyłożona do obciążenia elektrycznego kontrolowana jest przez jednostkę sterującą 8 na podstawie zmierzonego profilu prądu obciążenia i zmierzonego profilu napięcia zasilania. Moc elektryczna podawana do obciążenia elektrycznego może być kontrolowana w możliwym przykładzie wykonania przez kontrolę kąta fazowego. W alternatywnym przykładzie wykonania, sterowanie zasilaniem można osiągnąć przez zastosowanie predefiniowanego wzorca przełączania do przełącznika zasilania 5.

[0046] Ponadto, według wynalazku, stan przeciążenia obciążenia elektrycznego określany jest na podstawie zmierzonego profilu prądu obciążenia przez jednostkę sterującą 8 w celu wyzwolenia wyłączenia przez obwódysterowujący 6, a typ podłączonego obciążenia określany jest przez jednostkę sterującą 8 na podstawie zmierzonych danych profilu.

[0047] Jak widać na fig. 2, sprzętowy podzespół czujnika 4 połączony jest szeregowo z przełącznikiem zasilania 5. Sprzętowy podzespół czujnika 4, taki jak cewka, przystosowany jest do generowania napięcia elektrycznego odpowiadającego prędkości narastania prądu elektrycznego przepływającego przez podzespół czujnika 4 i przełącznik zasilania 5 do obciążenia elektrycznego podłączonego do zacisku wyjściowego 3 urządzenia zabezpieczającego 1 obciążenie. Obwódysterowujący 6 przystosowany jest do wykrywania występującego przetężenia, w szczególności prądu zwarciovego, w zależności od spadku napięcia generowanego bezpośrednio przez podzespół czujnika 4 i do automatycznego wyłączania przełącznika zasilania 5 po wykryciu przetężenia w bardzo krótkim czasie w celu ochrony podłączonego obciążenia elektrycznego. Podzespół czujnika 4 zawiera w możliwym wykonaniu cewkę, która przystosowana jest do bezpośredniego generowania napięcia indukcyjnego U_L w zależności od zmiany prądu elektrycznego I przepływającego przez podzespół czujnika 4 i przez przełącznik zasilania 5 do podłączonego obciążenia elektrycznego. Napięcie indukcyjne U_L generowane przez cewkę 4 odpowiada prędkości narastania prądu di/dt prądu elektrycznego I przepływającego przez podzespół czujnika 4 i przez przełącznik zasilania 5 do odpowiedniego obciążenia elektrycznego. Spadek napięcia ΔU_4 generowany przez podzespół czujnika 4 i spadek napięcia ΔU_5 wzdłuż przełącznika zasilania 5 podawane są jako suma napięcia U_Σ do obwodu 6ysterowującego. W przypadku, gdy przełącznik zasilania 5 zaimplementowany jest przez MOSFET, spadek napięcia ΔU_5 wzdłuż przełącznika zasilania 5 odpowiada napięciu źródła drenu U_{Ds} . Podzespół czujnika 4 nie tylko mierzy prędkość narastania prądu di/dt , ale także zapewnia ochronę przełącznika zasilania 5 przez ograniczenie spadku napięcia ΔU_5 , np. napięcia źródła drenu U_{Ds} MOSFET 5. Obwódysterowujący 6 przystosowany jest do określania na podstawie przyłożonej sumy napięcia U_Σ występującego prądu zwarciovego i/lub przeciążenia przełącznika zasilania 5 i/lub przeciążenia obciążenia elektrycznego

i przystosowany jest do wyłączenia przełącznika zasilania 5 po wykryciu nadmiernego prądu i/lub po wykryciu przeciążenia w celu ochrony zarówno podłączonego obciążenia elektrycznego i/lub ochrony przełącznika zasilania 5 urządzenia sterującego 1 obciążeniem w krótkim okresie wyłączenia krótszym niż pięć mikrosekund. W korzystnym przykładzie wykonania, obwódysterowujący 6 może wyłączyć przełącznik zasilania 5 w okresie wyłączenia krótszym niż dwie mikrosekundy, jeśli przyłożone napięcie sumaryczne U_{Σ} przekroczy z góry określone napięcie progowe U_{TH} . Według wynalazku, napięcie progowe U_{TH} jest konfigurowalne. Jeśli przyłożone napięcie sumaryczne U_{Σ} przekroczy skonfigurowane napięcie progowe U_{TH} , obwódysterowujący 6 urządzenia sterującego 1 obciążeniem automatycznie wyłączy przełącznik zasilania 5 w krótkim okresie wyłączenia krótszym niż pięć mikrosekund, najlepiej z okresem krótszym niż dwie mikrosekundy. Wyłączenie odbywa się przewodowo, bez udziału jednostki sterującej 8. W możliwym przykładzie wykonania, podzespół czujnika 4 zawiera cewkę przystosowaną do pomiaru prędkości narastania prądu dI/dt prądu elektrycznego I przepływającego przez podzespół czujnika 4. Podzespół czujnika 4 generuje bezpośrednio napięcie indukcyjne U_L proporcjonalne do zmiany prądu elektrycznego (dI/dt) przepływającego przez cewkę 4. W możliwym przykładzie wykonania, jeśli prąd elektryczny I ma prędkość narastania około pięciu amperów na mikrosekundę, wygenerowane napięcie indukcyjne U_L przyłożone do obwoduysterowującego 6 jest wystarczające do wyzwolenia operacji wyłączenia przełącznika zasilania 5 połączonego szeregowo z elementem czujnika 4. Indukcyjność L cewki 4 może być dostosowana indywidualnie do fizycznych ograniczeń używanego przełącznika zasilania 5. Sprzętowy podzespół czujnika 4 jest bardzo odporny na wpływy środowiska i nie wymaga żadnych obwodów elektronicznych do generowania napięcia czujnika ΔU_4 . W związku z tym, prawdopodobieństwo, że sprzętowy podzespół czujnika 4 ulegnie awarii podczas pracy urządzenia sterującego 1 obciążeniem jest bardzo niskie. W przeciwieństwie do układów elektronicznych, takich jak dyferencjatory, zastosowanie sprzętowego elementu czujnikowego, w szczególności cewki, sprawia, że urządzenie zabezpieczające 1 obciążenie jest niezwykle wytrzymałe i wydłuża jego żywotność. Operacje wyłączenia wykonywane są przez obwód 6ysterowujący bez angażowania względnie powolnej jednostki sterowania 8. W związku z tym, operacja wyłączenia wyzwalana przez napięcie elektryczne ΔU_4 generowane fizycznie przez podzespół czujnika 4 wykonywana jest wyłącznie przez sprzęt obwodu 6ysterowującego, jak pokazano również na schemacie obwodu na fig. 10. Podzespół czujnika 4 jest bardzo czuły i generuje napięcie wykrywania ΔU_4 nawet zanim prąd I_L obciążenia elektrycznego płynący do obciążenia elektrycznego osiągnie wysoki poziom prądu, który potencjalnie może uszkodzić elementy podłączonego obciążenia elektrycznego. W związku z tym, urządzenie zabezpieczające 1 obciążenie zawiera mechanizm zabezpieczający, który jest szybszy o co najmniej 50 razy niż konwencjonalne urządzenia zabezpieczające. Bardzo szybkie wyłączenie zapewniane przez sprzętowy obwód 6ysterowujący gwarantuje, że tylko niewielka ochrona energii elektrycznej przekazywana jest do podłączonego obciążenia elektrycznego w przypadku wystąpienia przetężenia lub zwarcia. W związku z tym, nawet wrażliwe elementy elektryczne podłączonego obciążenia elektrycznego są skutecznie chronione przez mechanizm zabezpieczający urządzenia zabezpieczającego 1 obciążenie według wynalazku. Mechanizmy zabezpieczające urządzenia zabezpieczającego 1 obciążenie, tj. obwód zabezpieczenia przetężeniowego 1A i obwód zabezpieczenia przeciążeniowego 1B, chronią nie tylko elementy elektryczne podłączonego obciążenia elektrycznego, ale także przełącznik zasilania 5 zintegrowany w obudowie urządzenia zabezpieczającego 1 obciążenie. W związku z tym, urządzenie zabezpieczające 1 obciążenie według wynalazku ma zintegrowany mechanizm samoochrony zapewniający samoochronę podzespołów

zintegrowanych z urządzeniem zabezpieczającym 1 obciążenie. Moc elektryczna na przełączniku zasilania 5 ograniczona jest w możliwej implementacji do około 800 z góry określonej mocy roboczej.

[0048] Po wyłączeniu przełącznika zasilania 5 możliwe jest ponowne włączenie przełącznika zasilania 5 w przypadku, gdy spełnione zostały wcześniej określone warunki włączenia. Po pomyślnym usunięciu przyczyny wyłączenia, przełącznik zasilania 5 może zostać ponownie włączony. W związku z tym, urządzenie zabezpieczające 1 obciążenie według wynalazku może być ponownie użyte po wyzwoleniu wyłączenia. W możliwej implementacji, przełącznik zasilania 5 może zostać ponownie włączony po upływie konfigurowalnego okresu oczekiwania i/lub po pomyślnym usunięciu przyczyny wyłączenia.

[0049] W możliwej implementacji, mikroprocesor lub procesor 8A jednostki sterującej 8 może obliczać bieżący stan pracy przełącznika zasilania 5, w szczególności moc rozpraszania prądu i/lub temperaturę pracy T przełącznika zasilania 5. Jednostka sterująca 8 może uruchomić alarm zapobiegawczy w przypadku, gdy monitorowana moc przełącznika zasilania 5 lub temperatura T przełącznika zasilania 5 przekroczy dopuszczalne limity. Jednostka sterująca 8 może obserwować zmianę mocy i temperatury przełącznika zasilania 5 i może wyzwolić wyłączenie w przypadku osiągnięcia zakresu krytycznego.

[0050] Przyłożona faza prądu L może mieć częstotliwość np. 50 Hz lub 60 Hz. W możliwym przykładzie wykonania, podzespół czujnika 4 może zawierać cewkę o indukcyjności L mniejszej niż 1 milihenr.

[0051] W możliwym przykładzie wykonania, procesor 8A jednostki sterującej 8 jest programowalny i może wykorzystywać programowy model podzespołów zaimplementowanych w podłączonym obciążeniu elektrycznym i/lub zaimplementowanych w samym urządzeniu zabezpieczającym 1 obciążenie. W możliwym przykładzie wykonania można skonfigurować parametry zastosowanego modelu. Parametry te mogą na przykład obejmować normalny prąd roboczy podłączonego obciążenia elektrycznego, a także klasę wyzwalań podłączonego obciążenia elektrycznego. W możliwym przykładzie wykonania, jednostka sterująca 8 przystosowana jest do wyprowadzania na podstawie profili prądu zmierzonych przez komponent 7 pomiaru prądu i na podstawie co najmniej jednego parametru podłączonego obciążenia elektrycznego profilu temperatury podzespołów podłączonego obciążenia elektrycznego i/lub podzespołów urządzenia zabezpieczającego 1 obciążenie i może sterować obwodem wysterowującym 6 w celu wyłączenia przełącznika zasilania 5 w przypadku wykrycia odchylenia od wcześniej określonego zakresu temperatury. Parametr może np. obejmować ustawiony prąd lub klasę wyzwalań podłączonego obciążenia elektrycznego. Ponadto, jednostkę sterującą 8 można zaprogramować z konfigurowalnym okresem oczekiwania. Na przykład, w zależności od profilu temperatury, przed ponownym włączeniem przełącznika zasilania 5 musi upłynąć odpowiedni czas oczekiwania. Obwód wysterowujący 6 działa niezależnie od jednostki sterującej 8 w celu wyłączenia powiązanego przełącznika zasilania 5 w krótkim czasie reakcji w przypadku, gdy przyłożone napięcie sumy U_{Σ} przekroczy konfigurowalne napięcie progowe U_{TH} . Spadek napięcia ΔU_5 wzdłuż przełącznika zasilania 5 odpowiada amplitudzie lub poziomowi przepływającego prądu elektrycznego. Spadek napięcia ΔU_4 wzdłuż elementu czujnikowego 4 odpowiada prędkości narastania prądu elektrycznego przepływającego przez podzespół czujnika 4 i przełącznik zasilania 5 do obciążenia elektrycznego. W krytycznych stanach pracy, oba spadki napięcia ΔU_4 , ΔU_5 są dodawane i podawane jako suma napięcia U_{Σ} do obwodu 6 wysterowującego, dzięki czemu krytyczny stan pracy może zostać wykryty już w początkowej fazie jego wystąpienia. Przyłożenie napięcia sumy U_{Σ} do chipa układu scalonego 6 wysterowującego przedstawione na schemacie obwodu na fig. 9, 10 wymaga tylko jednego styku wejściowego tego układu scalonego, co sprzyja miniaturyzacji urządzenia zabezpieczającego 1 obciążenie zintegrowanego z obudową bezpiecznika 12.

[0052] Obwód 6ysterowujący może sterować powiązaniem przełącznikiem zasilania 5, który w możliwej implementacji może zawierać MOSFET z azotku galu o wysokiej wytrzymałości napięciowej wynoszącej co najmniej 800 V w stanie wyłączenia i o niskiej impedancji w stanie włączenia. W innych możliwych implementacjach, przełącznik zasilania 5 może również zawierać SiC MOSFET lub Si-AIN MOSFET.

[0053] Jak pokazano również na fig. 11, urządzenie sterujące 1 obciążeniem może zawierać kilka redundantnych mechanizmów zabezpieczających wykorzystujących różne techniki pomiarowe.

[0054] Urządzenie zabezpieczające 1 obciążenie może zawierać kilka mechanizmów zabezpieczających, w szczególności pierwszy mechanizm zabezpieczający zapewniany przez spadek napięcia ΔU_4 wzdłuż elementu czujnikowego 4, drugi mechanizm zabezpieczający zapewniany przez spadek napięcia ΔU_5 wzdłuż przełącznika zasilania 5 i trzeci mechanizm zabezpieczający zapewniany przez element 7 pomiaru prądu. W przypadku prądu zwarciovego, podzespół czujnika 4 i przełącznik zasilania 5 uruchamiają obwódysterowujący 6 w celu wykonania bardzo szybkiej operacji wyłączenia. Komponent 7 pomiaru prądu zapewnia ponadto ochronę w przypadku przeciążenia. W związku z tym, urządzenie zabezpieczające 1 obciążenie zapewnia ochronę obciążenia elektrycznego, ale także elektroniczne zabezpieczenie przeciążeniowe i przetężeniowe, które może być ponownie użyte po wyłączeniu przełącznika zasilania 5, w szczególności po upływie programowalnego okresu oczekiwania.

[0055] Fig. 9 przedstawia schemat obwodu przedstawiający możliwą przykładową implementację urządzenia zabezpieczającego 1 obciążenie zapewniającego przełączanie i/lub zabezpieczenie obciążenia elektrycznego podłączonego do urządzenia zabezpieczającego 1 obciążenie. W przedstawionej implementacji, urządzenie zabezpieczające 1 obciążenie zawiera zacisk wejściowy 2 do odbioru fazowego napięcia zasilania U z sieci zasilającej PSN o napięciu np. 400 V. W przedstawionym przykładzie wykonania, każda ścieżka sygnału od zacisku wejściowego 2 do zacisku wyjściowego 3 obejmuje pary przełączników zasilania 5 i powiązanych elementów czujnikowych 4. Obwód przedstawiony na fig. 9 jest symetryczny dla dodatnich i ujemnych półfal prądu przemiennego dostarczanych do urządzenia zabezpieczającego 1 obciążenie. Pomiędzy zaciskiem wejściowym 2 i zaciskiem wyjściowym 3 urządzenia zabezpieczającego 1 obciążenie znajduje się pierwsza cewka 4-1 i druga cewka 4-2. Każda cewka 4-1, 4-2 zawiera powiązany przełącznik zasilania 5-1, 5-2, jak pokazano na schemacie obwodu na fig. 9. W przedstawionej przykładowej implementacji, obie cewki 4-1, 4-2 mają indukcyjność L równą 2,2 mikrohenry. W przedstawionej implementacji, przełączniki zasilania 5-1, 5-2 realizowane są przez MOSFET. Warystor VAR zapewniony może być w możliwej implementacji w celu wyeliminowania zakłóceń. W przedstawionej implementacji, diody D podłączone mogą być równolegle do każdej cewki 4-1, 4-2 w celu zmniejszenia samoindukcji. Przełączniki zasilania 5-1, 5-2 podłączone są do obwodu prostownika mostkowego składającego się w przedstawionej implementacji z dwóch par komplementarnych tranzystorów Q1 do Q4. Po stronie wyjściowej obwodu mostka prostowniczego mogą znajdować się kondensatory C zapewniające z góry określone minimalne opóźnienie. Oba rezystory R1, R2 mają rezystancję, którą można skonfigurować w celu dostosowania czułości obwodu przedstawionego na fig. 9. Jak widać na fig. 9, obwódysterowujący 6 podłączony jest do wyjścia obwodu mostka prostowniczego, by odbierać sumę napięcia U_e przełącznika zasilania 5-1 lub przełącznika zasilania 5-2 i elementu czujnikowego 4-1 lub elementu czujnikowego 4-2 oraz w celu przyłożenia w zamian napięć sterujących na bramkach dwóch przedstawionych przełączników mocy 5-1, 5-2. Obwód 6ysterowujący przystosowany jest do wykrywania występującego przetężenia, w szczególności prądu zwarciovego, w zależności od napięć generowanych bezpośrednio przez podzespół czujnika 4-1 lub podzespół czujnika 4-2 oraz do wyłączania powiązanego przełącznika zasilania 5-1 lub przełącznika zasilania 5-2 po wykryciu prądu zwarciovego płynącego przez

ścieżkę prądową między zaciskiem wejściowym 2 a zaciskiem wyjściowym 3 w okresie, w szczególności w okresie wyłączenia krótszym niż 5 mikrosekund, w celu ochrony obciążenia elektrycznego podłączonego do zacisku wyjściowego 3 urządzenia zabezpieczającego 1 obciążenie.

[0056] Fig. 10 przedstawia schemat blokowy możliwego przykładowego wykonania obwodu 6ysterowującego, który może być stosowany w urządzeniu zabezpieczającym 1 obciążenie według wynalazku. W przedstawionym przykładzie wykonania, obwód 6ysterowujący zawiera pojedynczy sterownik IGBT ICIED020/12-B2 wyprodukowany przez Infineon Technologies. Można również zastosować inne układyysterowujące, częściowo ASIC. Jak widać na schemacie blokowym przedstawionym na fig. 10, obwód 6ysterowujący składa się z dwóch oddzielnych połówek obwodu oddzielonych galwanicznie transformatorami T1, T2. Lewa strona obwodu 6ysterowującego przedstawionego na fig. 10 połączona jest z jednostkąsterującą 8 w celu odbierania sygnałów sterujących z jednostki sterującej 8, w szczególności w odpowiedzi na polecenia sterujące lub w zależności od zmierzonych profili prądu. Strona niskonapięciowa po lewej stronie obwodu 6ysterowującego schematu obwodu przedstawionego na fig. 10 połączona jest za pośrednictwem transformatorów ze stroną wysokonapięciową znajdującą się po prawej stronie obwodu przedstawionego na fig. 10. Napięcie sumaryczne U_{Σ} składające się ze spadku napięcia ΔU_4 wzdłuż elementu czujnikowego 4 i spadku napięcia ΔU_5 wzdłuż przełącznika zasilania 5 przykładane jest w przedstawionej implementacji do styku wejściowego DESAT obwodu 6ysterowującego i porównywane przez komparator K3 obwodu 6ysterowującego z konfigurowalnym napięciem progowym U_{TH} wynoszącym np. 9 V, jak pokazano na fig. 10. Jeśli konfigurowalne napięcie progowe U_{TH} zostanie przekroczone, sygnał binarny przechodzi przez kilka bramek w celuysterowania wzmacniacza operacyjnego i wygenerowania wyjściowego sygnału wyłączenia sterowania do bramek MOSFET mocy 5-1, 5-2 w celu wyłączenia obu MOSFET mocy w bardzo krótkim czasie reakcji poniżej pięciu mikrosekund. Obwód 6ysterowujący przedstawiony na fig. 10 składa się z dwóch oddzielonych galwanicznie części. Obwód 6ysterowujący podłączony może być do standardowego 5-woltowego procesora DSP lub mikrokontrolera 8A stanowiącego część jednostki sterującej 8, w której wejścia/wyjścia CMOS podłączone są do strony niskiego napięcia. Jak widać na schemacie obwodu z fig. 10, pętla wyłączenia używana do wyłączenia przełączników zasilania 5-1, 5-2 w odpowiedzi na przyłożone napięcie sumaryczne U_{Σ} zapewniona jest tylko po stronie wysokiego napięcia obwodu 6ysterowującego, dzięki czemu czas reakcji jest bardzo krótki ze względu na małe czasy propagacji sygnałów logicznych propagujących się przez bramki logiczne części wysokiego napięcia obwodu 6ysterowującego. Pętla zabezpieczająca przed wyłączeniem nie obejmuje jednostki sterującej 8, która jest głównie używana do normalnych operacji przełączania i/lub wyłączenia w odpowiedzi na otrzymane polecenia włączenia/wyłączenia CMD i jest również używana do sterowania zasilaniem elektrycznym płynącym do podłączonego obciążenia elektrycznego, w szczególności podczas łagodnego rozruchu. W możliwej implementacji, podzespół czujnika 4 i przełącznik zasilania 5, jak również obwód 6ysterowujący mogą być zintegrowane w obudowie 12 bezpiecznika włożonej do uchwytu bezpiecznika umieszczonego na płytce drukowanej PCB.

[0057] W możliwej implementacji, podzespół czujnika 4 zaimplementowany może być przez inny element niż cewka, w szczególności przez rezystor z odpowiednim lokalnym obwodem pomiarowym przystosowanym do bezpośredniego generowania napięcia elektrycznego U odpowiadającego prędkości narastania prądu elektrycznego I przepływającego przez odpowiedni rezystor czujnikowy. Rezystor może być rezystorem NTC lub PTC. W możliwym przykładzie wykonania, rezystancja zastosowanego rezystora 4 może być zależna od

temperatury. Ponadto, rezystancja zależna od temperatury może być skonfigurowana indywidualnie do fizycznych ograniczeń powiązanego przełącznika zasilania 5.

[0058] W innym przykładzie wykonania, model danych podłączonego obciążenia elektrycznego może być przechowywany w pamięci i analizowany przez procesor 8A jednostki sterującej 8 w celu zapewnienia zabezpieczenia przeciążeniowego i/lub przetężeniowego podłączonego obciążenia elektrycznego. Urządzenie zabezpieczające 1 obciążenie może zawierać diodę LED sygnalizującą aktualny stan pracy urządzenia zabezpieczającego 1 obciążenie, w szczególności jego zintegrowanych przełączników zasilania 5. W możliwej implementacji, element wyświetlający wskazuje również, jaki mechanizm bezpieczeństwa lub mechanizm ochronny został uruchomiony przez wyłączenie zintegrowanych przełączników zasilania 5. W tej implementacji, użytkownik lub operator systemu automatyki może zostać poinformowany, czy wyłączenie przełącznika zasilania 5 było spowodowane wykrytą dużą prędkością narastania prądu elektrycznego lub z powodu określonego lub wykrytego przeciążenia przełącznika zasilania 5 lub wykrytego przeciążenia podłączonego obciążenia elektrycznego lub spowodowanego wykryciem przeciążenia w świetle profili prądu mierzonych przez element 7 pomiaru prądu. W jeszcze innym możliwym przykładzie wykonania, informacje o przyczynie wyłączenia przełącznika zasilania 5 mogą być również wysyłane za pośrednictwem interfejsu danych urządzenia sterującego 1 obciążeniem lub za pośrednictwem zacisku 2, na przykład do zdalnego sterownika systemu automatyki obejmującego chronione obciążenie elektryczne podłączone do zacisku wyjściowego 3 urządzenia zabezpieczającego 1 obciążenie. W jeszcze innej możliwej implementacji, urządzenie zabezpieczające 1 obciążenie może zawierać lokalną pamięć danych do przechowywania danych dziennika. Dane dziennika mogą zawierać dane o operacjach wyłączania wykonanych podczas działania systemu automatyki lub podczas pracy podłączonego obciążenia elektrycznego. W możliwej implementacji, zapamiętane dane dziennika mogą być analizowane w celu analizy krytycznych stanów pracy, które wystąpiły podczas działania systemu automatyki.

[0059] W jeszcze innym możliwym przykładzie wykonania, obwód przekaźnika połączony może być szeregowo z przełącznikiem zasilania 5. Niewielki obwód przekaźnika może być zintegrowany w obudowie 12 bezpiecznika. Obwody przekaźnikowe dla różnych faz mogą wykorzystywać zmianę lub sekwencję faz zasilania i/lub zapewniać separację galwaniczną. Podczas operacji wyłączania sterowanej przez obwódysterowujący 6 lub przez jednostkę sterującą 8, przełącznik zasilania 5 może zostać wyłączony przed powiązanym obwodem przekaźnika, podczas gdy podczas operacji włączania pod kontrolą obwodu 6ysterowującego lub pod kontrolą jednostki sterującej 8 obwód przekaźnika włączany jest przed powiązanym przełącznikiem zasilania 5. Minimalizuje to zużycie styków obwodu przekaźnika i zwiększa bezpieczeństwo przed awarią przełącznika zasilania 5. Ponadto, sekwencje włączania i wyłączania umożliwiają wykrywanie awarii przełącznika zasilania 5.

[0060] W jeszcze innym możliwym przykładzie wykonania urządzenia zabezpieczającego 1 obciążenie według pierwszego aspektu wynalazku, różne modele i/lub charakterystyki pracy obciążenia dla różnych obciążeń elektrycznych mogą być przechowywane w pamięci konfiguracji jednostki sterującej 8 w celu zapewnienia dopasowanej ochrony obciążenia dla odpowiedniego obciążenia elektrycznego w zależności od zmierzonych profili prądu i/lub profili napięcia oraz w zależności od co najmniej jednego parametru podłączonego obciążenia elektrycznego.

[0061] Fig. 11 przedstawia schematycznie architekturę działania urządzenia sterującego 1 obciążeniem zawierającego redundantne mechanizmy zabezpieczające i różne techniki pomiarowe w celu zapewnienia zabezpieczenia przeciążeniowego i/lub przetężeniowego samego urządzenia zabezpieczającego 1

obciążenie, w szczególności jego przełącznika zasilania 5, a także obciążenia elektrycznego podłączonego do urządzenia zabezpieczającego 1 obciążenie. Różne redundantne mechanizmy zabezpieczające różnią się wykrywanymi parametrami (di/dt , I_{max} , I_{limit} , $I_{continuous}$), czasem reakcji i precyzją pomiaru, jak pokazano na fig. 11. Nawet jeśli jeden mechanizm zabezpieczający może zawieść, inny mechanizm zabezpieczający urządzenia zabezpieczającego 1 obciążenie może nadal działać.

[0062] Urządzenie zabezpieczające 1 obciążenie według wynalazku zapewnia zoptymalizowane uruchamianie i wyłączanie podłączonego obciążenia elektrycznego. Ponadto, zużycie podłączonego obciążenia elektrycznego podczas różnych faz lub stanów pracy jest zminimalizowane, by zmaksymalizować żywotność obciążenia elektrycznego.

[0063] Elektroniczne urządzenie zabezpieczające 1 obciążenie według wynalazku może być używane do zastąpienia istniejącego konwencjonalnego bezpiecznika włożonego do uchwytu bezpiecznika obwodu elektronicznego. Obudowa urządzenia zabezpieczającego 1 obciążenie ma taką samą formę jak obudowa konwencjonalnego bezpiecznika, takiego jak bezpiecznik topikowy. Na przykład, obudowa ma taki sam kształt i styki elektryczne jak bezpiecznik NH.

[0064] Zastępując konwencjonalny bezpiecznik elektronicznym urządzeniem zabezpieczającym 1 obciążenie, nie tylko uzyskuje się znacznie szybszą i w konsekwencji bardziej niezawodną ochronę przed prądami przetężeniowymi, ale także urządzenie zabezpieczające 1 obciążenie może być ponownie użyte i nadal działa po wystąpieniu zdarzenia przetężeniowego. Co więcej, urządzenie zabezpieczające 1 obciążenie zapewnia również ochronę przed scenariuszami przeciążenia, a nawet może zapewniać kontrolę zasilania.

[0065] Fig. 12 przedstawia możliwy przykład wykonania elektronicznego urządzenia zabezpieczającego 1 obciążenie zintegrowanego w ceramicznej obudowie bezpiecznika NH 12 z metalowymi ostrzami 14A, 14B po obu stronach podłączonymi odpowiednio do zacisku wejściowego 2 i zacisku wyjściowego 3. Można również zastosować uchwyty do wyciągania 13A, 13B w celu wyciągnięcia urządzenia zabezpieczającego 1 z uchwytu bezpiecznika.

[0066] Podłączenie zacisków 2, 3 może być wskazane na obudowie 12 urządzenia zabezpieczającego 1 obciążenie. Ponadto, element wyświetlający interfejsu użytkownika 15, taki jak dioda LED, może być zintegrowany z obudową 12 w celu wskazania stanu pracy elektronicznego urządzenia zabezpieczającego 1 obciążenie. Dalsze elementy wyświetlacza mogą być zintegrowane w celu pokazania chwilowego trybu pracy podłączonego obciążenia i/lub przyczyny awarii, która spowodowała wyłączenie przez zintegrowany przełącznik zasilania 5.

ZASTRZEŻENIA PATENTOWE

1. Urządzenie zabezpieczające obciążenie do ochrony obciążenia elektrycznego podłączonego do zacisku wyjściowego (3) urządzenia zabezpieczającego (1) obciążenie przed przetężeniem, przy czym wspomniane urządzenie (1) zawiera:
 - obwód zabezpieczenia przetężeniowego (1A) mający co najmniej jeden zacisk wejściowy (2) przystosowany do odbioru napięcia zasilającego z sieci zasilającej (PSN) i mający przełącznik zasilania (5), przez który obciążenie elektryczne otrzymuje prąd obciążenia elektrycznego (I_L) przez zacisk wyjściowy (3), i mający podzespół czujnika (4) prędkości narastania prądu połączony szeregowo z przełącznikiem zasilania (5) i przystosowany do bezpośredniego generowania spadku napięcia (ΔU_4) odpowiadającego prędkości narastania prądu (I_L) obciążenia

elektrycznego płynącego z zacisku wejściowego (2) urządzenia sterującego (1) obciążeniem przez podzespół czujnika (4) prędkości narastania prądu i przełącznik zasilania (5) do zacisku wyjściowego (3), i mający obwód (6)ysterowujący, który jest przystosowany do wykrywania występującego przetężenia w zależności od spadku napięcia (ΔU_4) generowanego przez podzespół czujnika (4) prędkości narastania prądu i w zależności od spadku napięcia (ΔU_5) wzdłuż przełącznika zasilania (5), i który przystosowany jest do wyłączania przełącznika zasilania (5) po wykryciu przetężenia na czas wstępnie zdefiniowanego okresu wyłączenia, przy czym obwód (6)ysterowujący przystosowany jest do działania niezależnie od jednostki sterującej (8) urządzenia zabezpieczającego (1) obciążenie w celu zapewnienia ochrony przed przetężeniem przez wyłączenie wyłącznika zasilania (5), jeżeli wygenerowany spadek napięcia (ΔU_4) plus spadek napięcia (ΔU_5) wzdłuż przełącznika zasilania (5) przyłożony do wejściaysterowującego (DESAT) obwodu (6)ysterowującego jako napięcie sumaryczne (U_Σ) przekracza konfigurowalne napięcie progowe (U_{TH}),

zaś urządzenie (1) zawiera ponadto:

obwód zabezpieczający przed przeciążeniem (1B) mający podzespół czujnika (7) prądu obciążenia przystosowany do ciągłego pomiaru prądu (I_L) obciążenia płynącego do zacisku wyjściowego (3) przekazywanego do jednostki sterującej (8) urządzenia zabezpieczającego (1) obciążenie przystosowanego do określenia stanu przeciążenia i typu podłączonego obciążenia elektrycznego na podstawie zmierzonego profilu prądu obciążenia, przy czym typ obciążenia elektrycznego obejmuje typ obciążenia rezystancyjnego, indukcyjnego lub pojemnościowego.

2. Urządzenie zabezpieczające obciążenie według zastrz. 1, przy czym okres wyłączenia jest uprzednio zdefiniowany przez czasy propagacji sygnałów logicznych propagujących się przez bramki logiczne strony wysokonapięciowej obwodu (6)ysterowującego, przy czym okres wyłączenia jest krótszy niż 1 milisekunda, w szczególności krótszy niż 5 mikrosekund.
3. Urządzenie zabezpieczające obciążenie według zastrz. 1 albo 2, w którym jednostka sterująca (8) przystosowana jest do sterowania obwodem (6)ysterowującym w celu wyłączenia przełącznika zasilania (5), jeśli jednostka sterująca (8) określi stan przeciążenia podłączonego obciążenia elektrycznego, oraz do sterowania przekaźnikiem elektromechanicznym połączonym szeregowo z przełącznikiem zasilania (5) w celu przerwania przepływu prądu, jeśli jednostka sterująca (8) określi stan przeciążenia obciążenia elektrycznego.
4. Urządzenie zabezpieczające obciążenie według dowolnego z powyższych zastrz. 1 do 3, w którym podzespół czujnika (4) prędkości narastania prądu obwodu zabezpieczenia przetężeniowego (1A) zawiera cewkę, która przystosowana jest do generowania indukcyjnego spadku napięcia (ΔU_4) w zależności od prędkości narastania prądu obciążenia (I_L) przepływającego przez podzespół czujnika (4) prędkości narastania prądu obwodu zabezpieczenia przetężeniowego (1A).
5. Urządzenie zabezpieczające obciążenie według dowolnego z powyższych zastrz. 1 do 4, w którym podzespół czujnika (7) prądu obciążenia obwodu zabezpieczającego przed przeciążeniem (1B) obejmuje czujnik Halla, czujnik GMR, rezystor bocznikowy lub transformator przystosowany do ciągłego pomiaru prądu (I_L) obciążenia płynącego do zacisku wyjściowego (3) urządzenia sterującego (1) obciążeniem w celu zapewnienia profilu prądu obciążenia.
6. Urządzenie zabezpieczające obciążenie według dowolnego z powyższych zastrz. 1 do 5 zawierające ponadto obwód sterowania zasilaniem (1C) mający co najmniej jeden podzespół czujnika (9) napięcia

utworzony przez dzielnik napięcia (9) przystosowany do dostarczania części napięcia zasilania na zacisku wejściowym (2) lub na zacisku wyjściowym (3) do jednostki sterującej (8) urządzenia sterującego (1) obciążeniem w celu zapewnienia profilu napięcia zasilania.

7. Urządzenie zabezpieczające obciążenie według zastrz. 6, w którym podzespół czujnika (7) prądu obciążenia obwodu zabezpieczającego przed przeciążeniem (1B) i co najmniej jeden podzespół czujnika (9) napięcia obwodu sterowania zasilaniem (1C) podłączone są do powiązanych przetworników analogowo-cyfrowych (10, 11) przystosowanych do konwersji zmierzonego analogowego profilu prądu obciążenia i zmierzonego profilu napięcia zasilania na odpowiednie wartości pomiarowe przechowywane w pamięci (8B) danych jednostki sterującej (8) jako dane profilu prądu obciążenia i dane profilu napięcia zasilania.
8. Urządzenie zabezpieczające obciążenie według zastrz. 7, w którym procesor lub FPGA (8A) jednostki sterującej (8) przystosowany jest do obliczania współczynnika mocy ($\cos\phi$) na podstawie danych profilu prądu obciążenia i danych profilu napięcia zasilania przechowywanych w pamięci (8B) danych jednostki sterującej (8).
9. Urządzenie zabezpieczające obciążenie według dowolnego z powyższych zastrz. od 1 do 8, w którym jednostka sterująca (8) przystosowana jest do sterowania obwodem (6)ysterowującym urządzenia sterującego (1) obciążeniem po otrzymaniu polecenia sterującego (CMD) w taki sposób, że wyłącznik zasilania (5) jest włączany lub wyłączany zgodnie z otrzymanym poleceniem sterującym (CMD), przy czym jednostka sterująca (8) urządzenia sterującego (1) obciążeniem przystosowana jest do odbierania polecenia sterującego (CMD) z interfejsu użytkownika (15) urządzenia sterującego (1) obciążeniem, z komputera podłączonego do wspomnianego urządzenia sterującego (1) obciążeniem lub z zapisanego programu sterującego systemu automatyki.
10. Urządzenie zabezpieczające obciążenie według dowolnego z powyższych zastrz. 1 do 9, w którym przełącznik zasilania (5) obejmuje tranzystor IGBT lub tranzystor mocy MOSFET, w szczególności SiC MOSFET, GaN MOSFET lub ScAlN MOSFET.
11. Urządzenie zabezpieczające obciążenie według dowolnego z powyższych zastrz. od 8 do 10, w którym jednostka sterująca (8) urządzenia sterującego (1) obciążeniem przystosowana jest do wyprowadzania na podstawie co najmniej jednego parametru roboczego, P, podłączonego obciążenia elektrycznego i na podstawie przechowywanych danych profilu, temperatury podzespołów obciążenia elektrycznego lub profilu temperatury podzespołów urządzenia sterującego (1) obciążeniem, a ponadto przystosowana jest do sterowania obwodemysterowującym (6) w celu wyłączenia przełącznika zasilania (5) w przypadku wykrycia odchylenia wyprowadzonego profilu temperatury od wcześniej określonego zakresu temperatur.
12. Urządzenie zabezpieczające obciążenie według dowolnego z powyższych zastrz. od 1 do 11, w którym przełącznik zasilania (5) włączany jest po konfigurowalnym okresie oczekiwania lub po pomyślnym usunięciu przyczyny wyłączenia lub jeśli spełnione są inne wcześniej określone warunki włączenia.
13. Urządzenie zabezpieczające obciążenie według dowolnego z powyższych zastrz. od 1 do 12 zawierające różne zaciski wejściowe (2) przewidziane dla różnych faz, L, sieci zasilającej (PSN), przy czym każdy zacisk wejściowy (2) połączony jest przez ścieżkę sygnału z zaciskiem wyjściowym (3), zaś każda ścieżka sygnału zawiera pary przełączników zasilania (5) i powiązane z nimi podzespoły czujnika (4) prędkości narastania prądu.

14. Urządzenie zabezpieczające obciążenie według zastrz. 13, w którym pary przełączników zasilania (5) umieszczone w ścieżce sygnału pomiędzy zaciskiem wejściowym (2) a zaciskiem wyjściowym (3) obejmują pierwszy przełącznik zasilania (5-1) przeznaczony dla dodatniej półfali prądu przemiennego i drugi przełącznik zasilania (5-2) przeznaczony dla ujemnej półfali prądu przemiennego.
15. Urządzenie zabezpieczające obciążenie według dowolnego z powyższych zastrz. od 1 do 14, w którym obwód (6)ysterowujący zawiera stronę niskonapięciową podłączoną do jednostki sterującej (8) i stronę wysokonapięciową podłączoną do przełącznika zasilania (5), przy czym strona niskonapięciowa i strona wysokonapięciowa obwodu (6)ysterowującego są galwanicznie oddzielone od siebie.
16. Urządzenie zabezpieczające obciążenie według dowolnego z powyższych zastrz. od 1 do 15, w którym jednostka sterująca (8) przystosowana jest do wykonywania sterowania kątem fazowym lub stosowania predefiniowanego wzorca przełączania do przełącznika zasilania (5) w zależności od obliczonego współczynnika mocy ($\cos\phi$).
17. Urządzenie zabezpieczające obciążenie według dowolnego z poprzednich zastrz. od 8 do 16, w którym procesor lub FPGA (8A) jednostki sterującej (8) ma dostęp do co najmniej jednej charakterystyki pracy podłączonego obciążenia elektrycznego przechowywanej w pamięci charakterystyki obciążenia (8C) jednostki sterującej (8) wskazującej dla parametrów pracy (P_A , P_B) co najmniej jeden dopuszczalny obszar pracy, co najmniej jeden krytyczny obszar pracy i/lub co najmniej jeden niedopuszczalny obszar pracy, przy czym parametry pracy (P_A , P_B) obejmują, jako pierwszy parametr pracy, stosunek między prądem obciążenia a prądem znamionowym podłączonego obciążenia elektrycznego, oraz jako drugi parametr pracy, czas.
18. Urządzenie zabezpieczające obciążenie według zastrz. 17, w którym procesor lub FPGA (8A) jednostki sterującej (8) przystosowany jest do oceny danych profilu prądu obciążenia i danych profilu napięcia zasilania przechowywanych w pamięci (8B) danych jednostki sterującej (8) w odniesieniu do charakterystyki pracy obciążenia elektrycznego przechowywanej w pamięci (8C) charakterystyki obciążenia w celu określenia, czy kombinacje parametrów pracy różnych parametrów pracy (P_A , P_B) znajdują się w krytycznym lub niedopuszczalnym obszarze pracy charakterystyki pracy obciążenia przechowywanej w pamięci (8C) charakterystyki obciążenia jednostki sterującej (8).
19. Urządzenie zabezpieczające obciążenie według zastrz. 18, w którym jednostka sterująca (8) wysyła sygnał ostrzegawczy za pośrednictwem interfejsu użytkownika (15) urządzenia sterującego (1) obciążeniem, jeśli kombinacja parametrów pracy (P_A , P_B) określona jest jako znajdująca się w krytycznym obszarze pracy charakterystyki pracy obciążenia elektrycznego, przy czym jednostka sterująca (8) przystosowana jest do automatycznego generowania sygnału sterującego wyłączenia przykładanego do przełącznika zasilania (5) w celu wyłączenia prądu obciążenia (I_L), jeżeli kombinacja parametrów pracy (P_A , P_B) zostanie określona jako znajdująca się w niedopuszczalnym obszarze pracy charakterystyki pracy obciążenia podłączonego obciążenia elektrycznego.
20. Urządzenie zabezpieczające obciążenie według dowolnego z powyższych zastrz. od 13 do 19, w którym jednostka sterująca (8) urządzenia sterującego (1) obciążeniem przystosowana jest do określenia, czy otrzymane napięcia zasilania (U) na różnych zaciskach wejściowych (2) i prądy obciążenia (I_L) dostarczane dla różnych faz, L., na różnych zaciskach wyjściowych (3) wskazują na symetryczne zasilanie podłączonego obciążenia elektrycznego przez sieć zasilającą (PSN) podłączoną do zacisków wejściowych (2) urządzenia sterującego (1) obciążeniem na podstawie danych profilu napięcia zasilania przechowywanych w pamięci danych (8B) jednostki sterującej (8) i przy czym

jednostka sterująca (8) urządzenia sterującego (1) obciążeniem przystosowana jest do określenia, czy obciążenie elektryczne podłączone jest do zacisku wyjściowego (3) na podstawie danych profilu przechowywanych w pamięci (8B) danych jednostki sterującej (8), przy czym jednostka sterująca (8) przystosowana jest do automatycznego wyłączania przełączników zasilania (5), jeśli jednostka sterująca (8) rozpozna niesymetryczne zasilanie urządzenia sterującego (1) obciążeniem przez sieć zasilającą (PSN) lub niesymetryczne zasilanie podłączonego obciążenia elektrycznego przez urządzenie sterujące (1) obciążeniem.

21. Urządzenie zabezpieczające obciążenie według dowolnego z powyższych zastrz. 1 do 20, w którym podzespół czujnika (4) prędkości narastania prądu ma indukcyjność L mniejszą niż 1 milihenr.
22. System automatyki składający się z urządzenia zabezpieczającego (1) obciążenie według dowolnego z powyższych zastrz. 1-21 oraz obciążenia elektrycznego podłączonego do zacisków wyjściowych (3) urządzenia zabezpieczającego (1) obciążenie.
23. Sposób ochrony obciążenia elektrycznego podłączonego do zacisku wyjściowego (3) urządzenia zabezpieczającego (1) obciążenie przed przetężeniem,

przy czym sposób składa się z następujących etapów:

- odbieranie napięcia zasilania z sieci zasilającej (PSN) na co najmniej jednym zacisku wejściowym (2) obwodu zabezpieczenia przetężeniowego (1A) urządzenia zabezpieczającego (1) obciążenie, przy czym obwód zabezpieczenia przetężeniowego (1A) ma przełącznik zasilania (5), przez który obciążenie elektryczne pobiera prąd (I_L) obciążenia elektrycznego przez zacisk wyjściowy (3);
- generowanie, bezpośrednio przez podzespół czujnika (4) prędkości narastania prądu połączony szeregowo z przełącznikiem zasilania (5), spadku napięcia (ΔU_4) odpowiadającego prędkości narastania prądu (I_L) obciążenia elektrycznego płynącego z zacisku wejściowego (2) przez podzespół czujnika (4) prędkości narastania prądu i przełącznik zasilania (5) do zacisku wyjściowego (3);
- wykrywanie przez obwódysterowujący (6) obwodu zabezpieczenia przetężeniowego (1A) występującego przetężenia w zależności od spadku napięcia (ΔU_4) generowanego przez podzespół czujnika (4) prędkości narastania prądu i w zależności od spadku napięcia (ΔU_5) wzdłuż przełącznika zasilania (5);
- przełączanie przez obwód (6)ysterowujący przełącznika zasilania (5) po wykryciu przetężenia, automatycznie wyłączanego na zdefiniowany okres wyłączania, przy czym obwód (6)ysterowujący działa niezależnie od jednostki sterującej (8) wspomnianego urządzenia zabezpieczającego (1) obciążenie w celu zapewnienia ochrony przed przetężeniem przez wyłączenie przełącznika zasilania (5), jeżeli wygenerowany spadek napięcia (ΔU_4) plus spadek napięcia (ΔU_5) wzdłuż przełącznika zasilania (5) przyłożony do wejściaysterowującego (DESAT) obwodu (6)ysterowującego jako suma napięcia (U_Σ) przekracza konfigurowalne napięcie progowe (U_{TH});
- ciągły pomiar prądu (I_L) obciążenia płynącego do zacisku wyjściowego (3) przez podzespół czujnika (7) prądu obciążenia obwodu zabezpieczającego przed przeciążeniem (1B) urządzenia zabezpieczającego (1) obciążenie i przekazywanie informacji o zmierzonym prądzie (I_L) obciążenia do jednostki sterującej (8) urządzenia zabezpieczającego (1) obciążenie;

- określanie przez jednostkę sterującą (8) stanu przeciążenia i typu podłączonego obciążenia na podstawie zmierzonego profilu prądu obciążenia, przy czym typ obciążenia elektrycznego obejmuje typ obciążenia rezystancyjnego, indukcyjnego lub pojemnościowego.

- 24.** Sposób według zastrz. 23, obejmujący ponadto:
 - sterowanie mocą elektryczną dostarczaną do obciążenia elektrycznego przez jednostkę sterującą (8) na podstawie profilu prądu obciążenia mierzonego przez podzespół czujnika (7) prądu obciążenia i profilu napięcia zasilania mierzonego przez podzespół czujnika (9) napięcia obwodu sterowania zasilaniem (1C) urządzenia zabezpieczającego (1) obciążenie w celu zapewnienia ochrony przed przeciążeniem.
- 25.** Sposób według zastrz. 23 lub 24, obejmujący ponadto:
 - wyłączenie przełącznika zasilania (5) przez obwód (6) wysterowujący pod kontrolą jednostki sterującej (8), jeśli jednostka sterująca (8) określi stan przeciążenia podłączonego obciążenia elektrycznego.
- 26.** Sposób według dowolnego z powyższych zastrz. 23 do 25, w którym moc elektryczna dostarczana do obciążenia elektrycznego kontrolowana jest przez jednostkę sterującą (8) w zależności od określonego typu podłączonego obciążenia elektrycznego.
- 27.** Sposób według dowolnego z powyższych zastrz. 23-26, w którym predefiniowany okres wyłączenia ustawiony jest na stałe w zakresie od 2 mikrosekund do 1 milisekundy.
- 28.** Obudowa bezpiecznika (12) zawierająca zintegrowane urządzenie sterujące zabezpieczające (1) obciążenie według dowolnego z powyższych zastrz. od 1 do 21.
- 29.** Obudowa bezpiecznika według zastrz. 28, zawierająca obudowę bezpiecznika NH.

FIG 1A

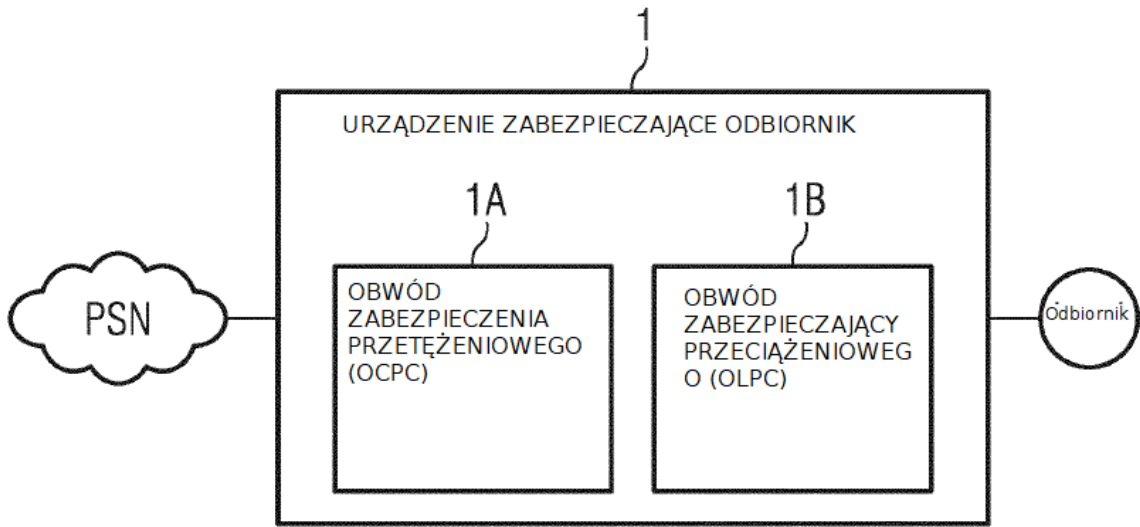


FIG 1B

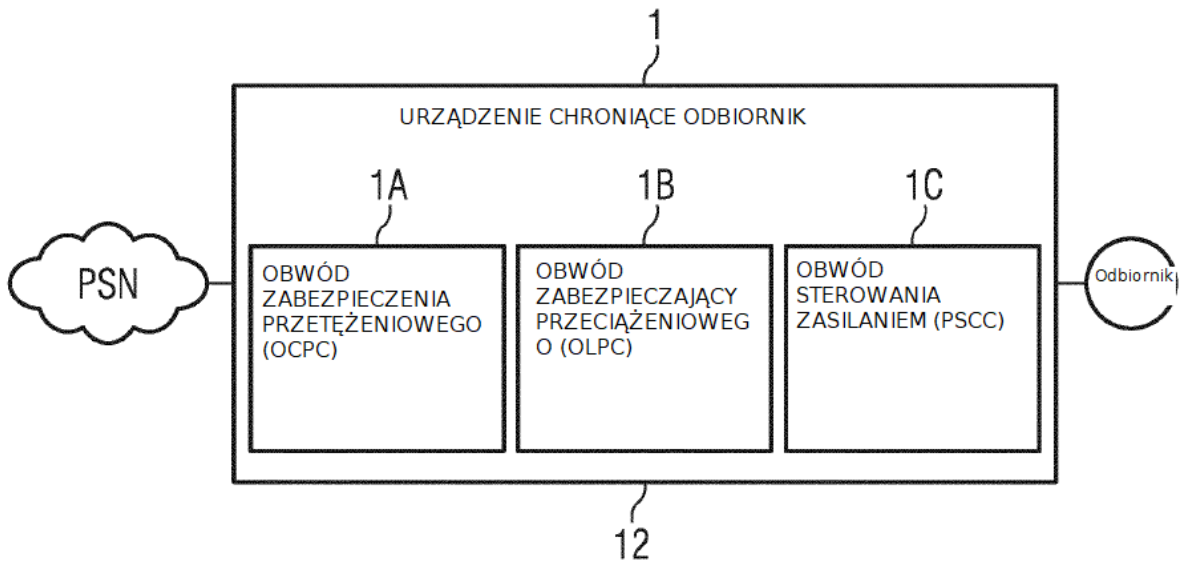


FIG 2

URZĄDZENIE ZABEZPIEZAJĄCE ODBIORNIK 1

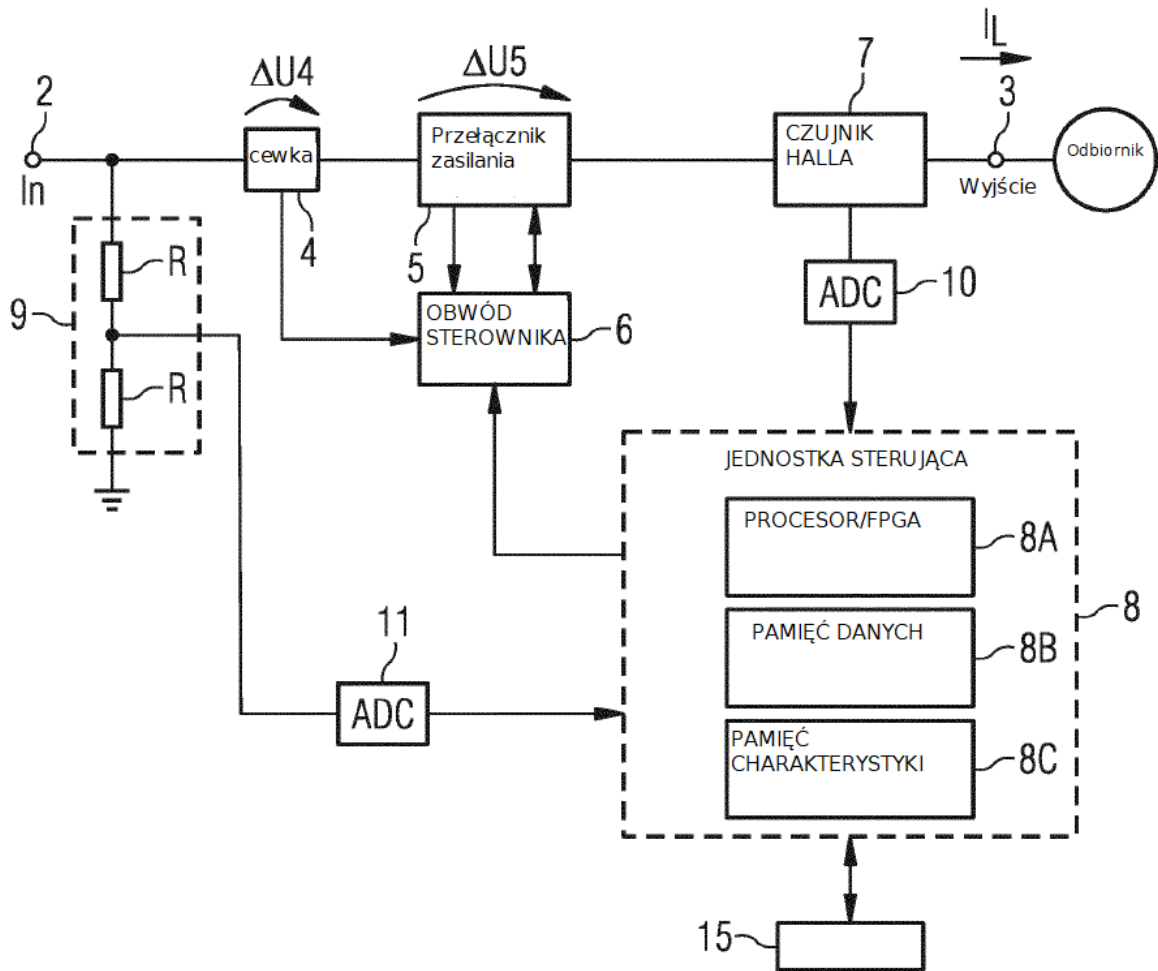


FIG 3

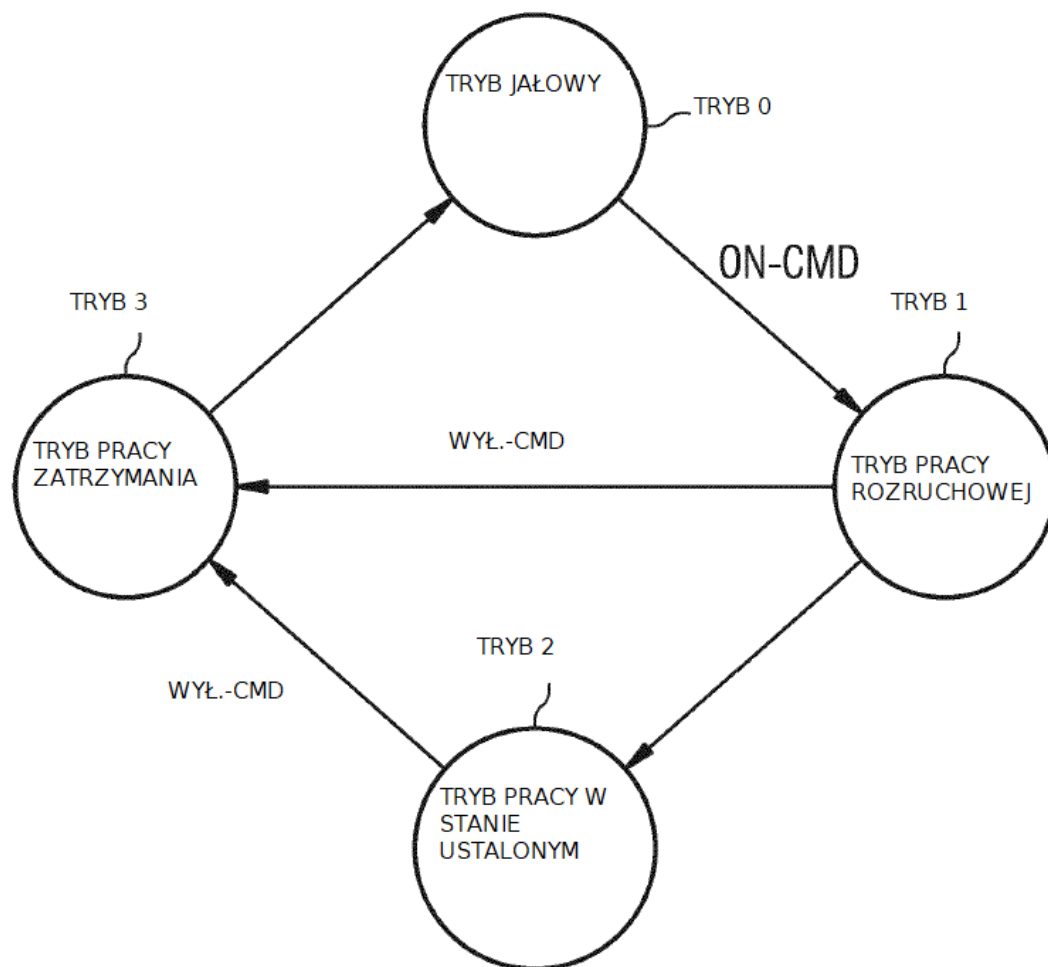


FIG 4

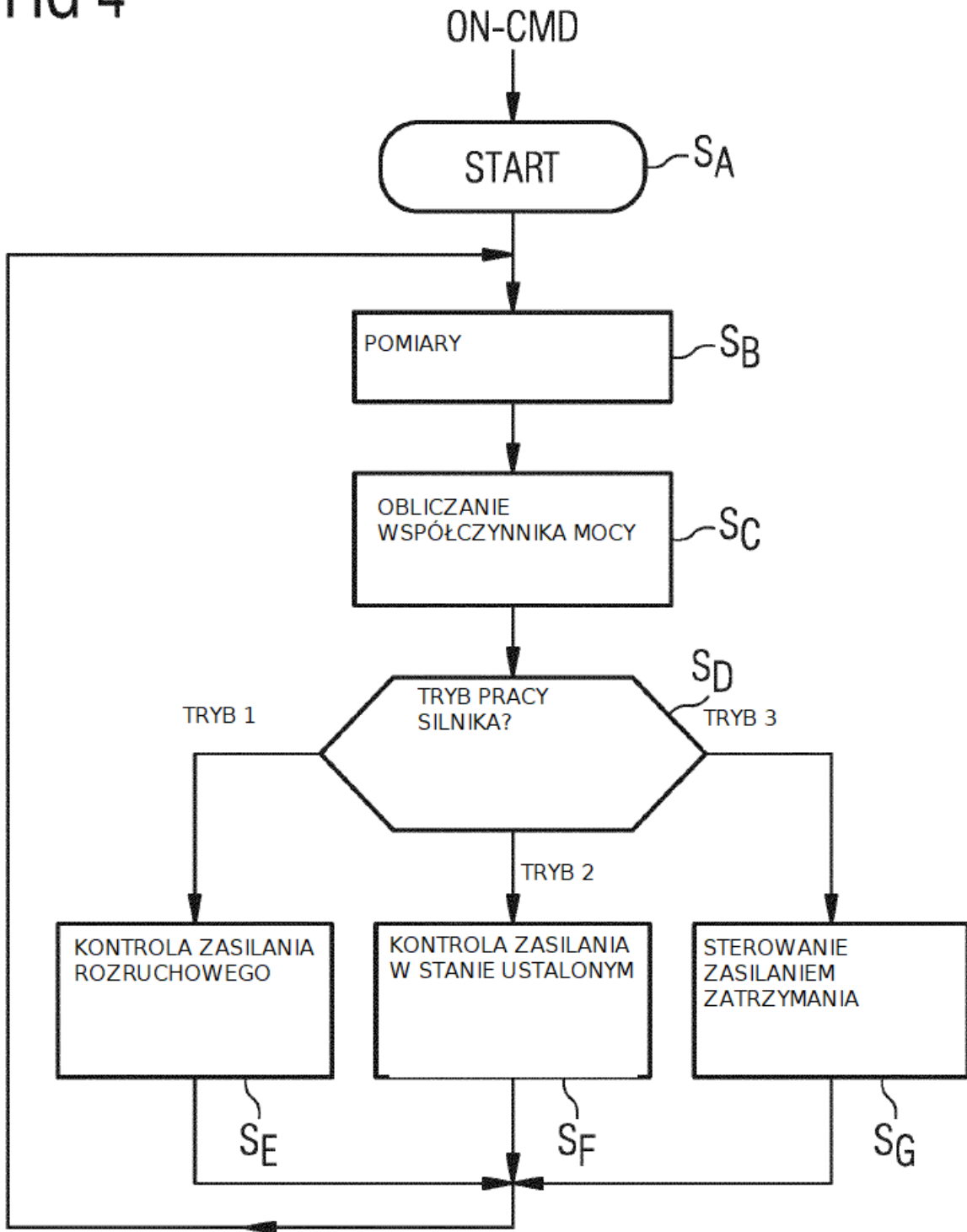


FIG 5

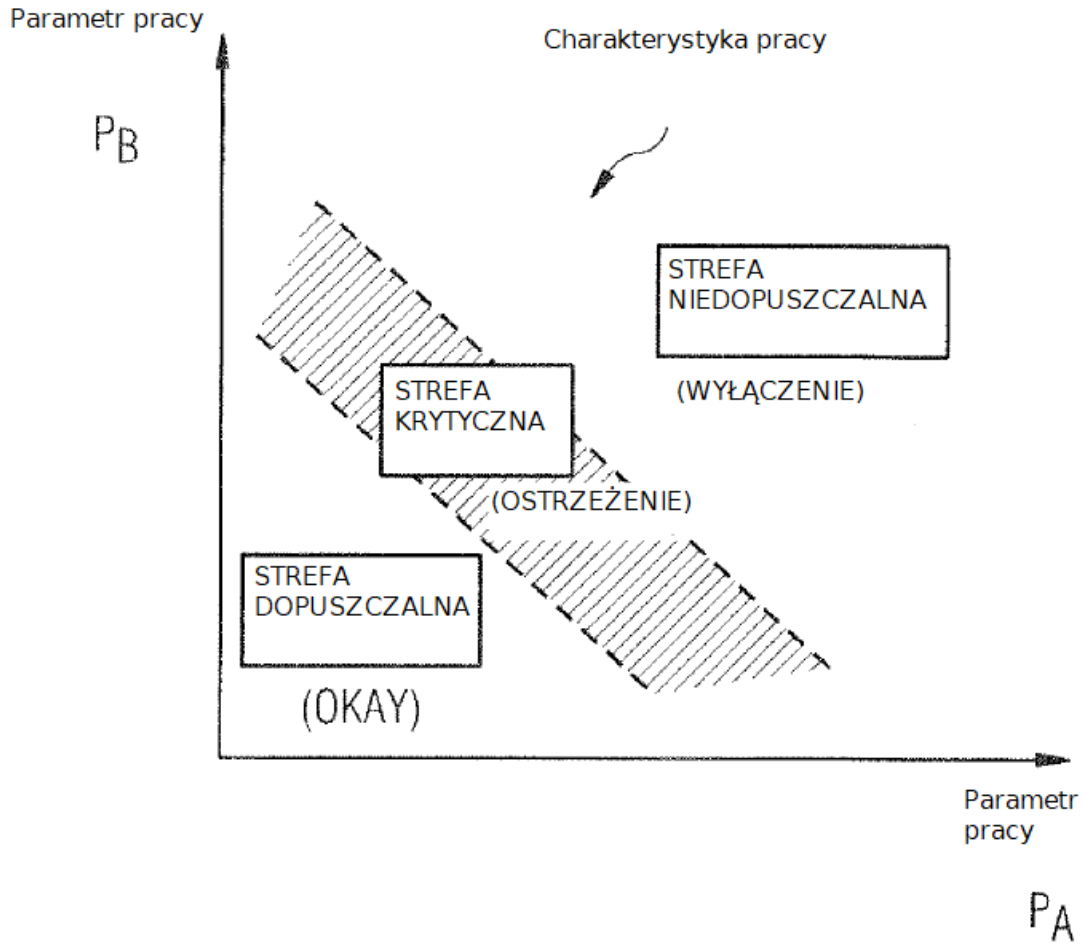


FIG 6

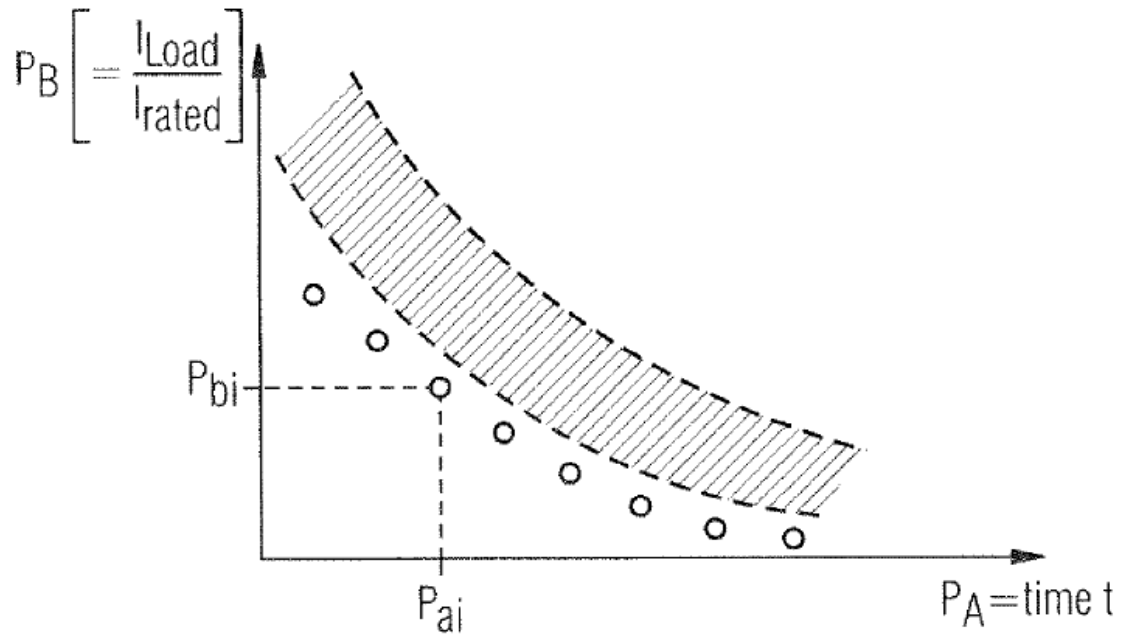


FIG 7

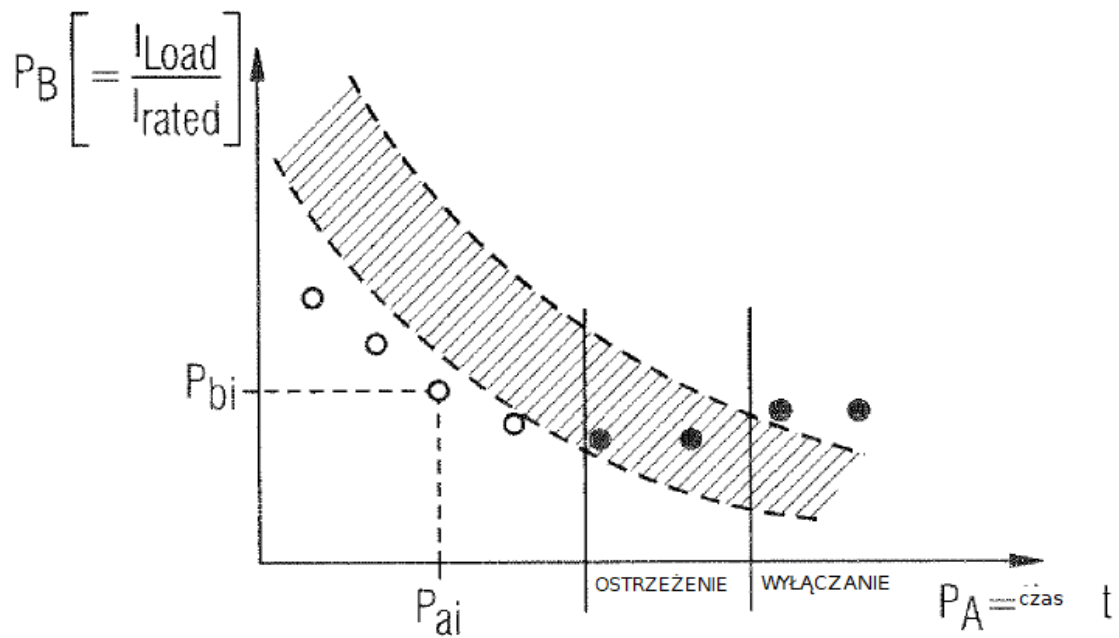
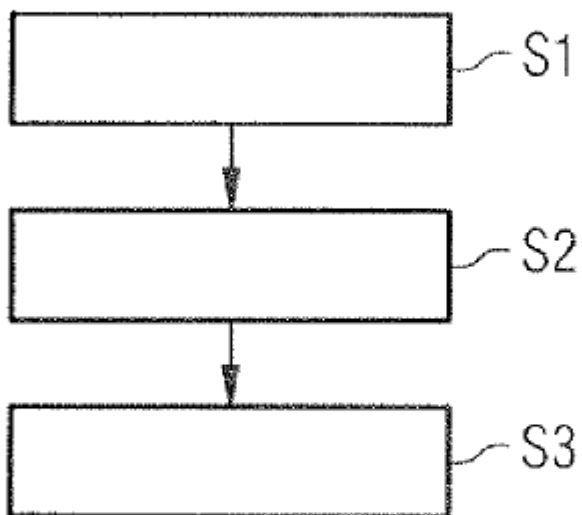


FIG 8



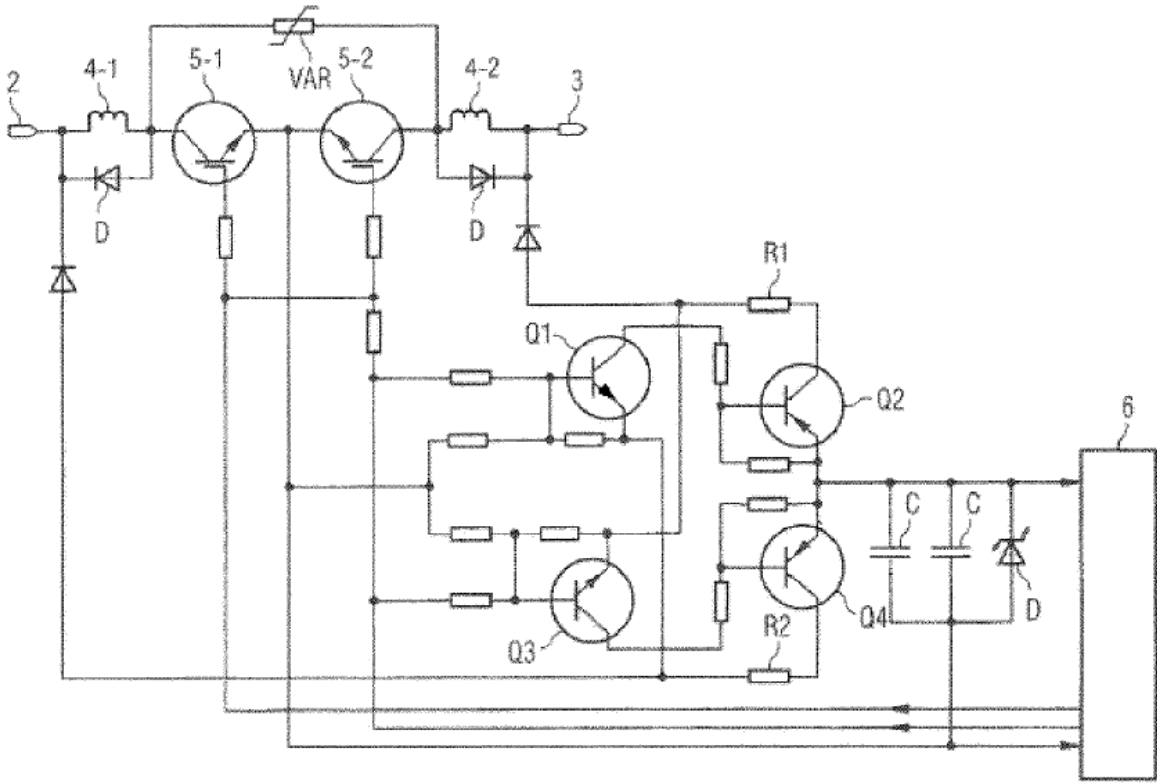


Fig.9

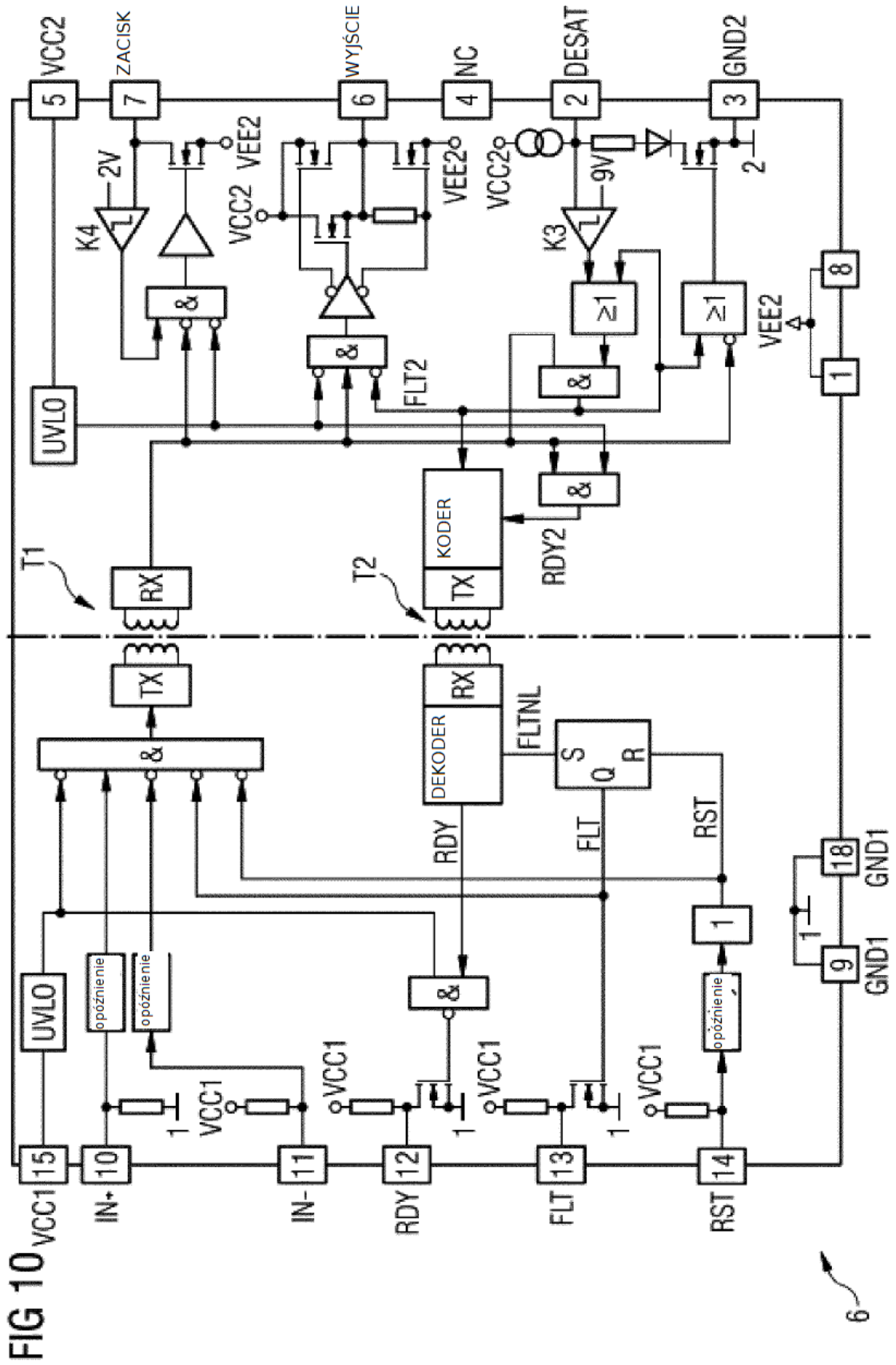


FIG 10

FIG 11

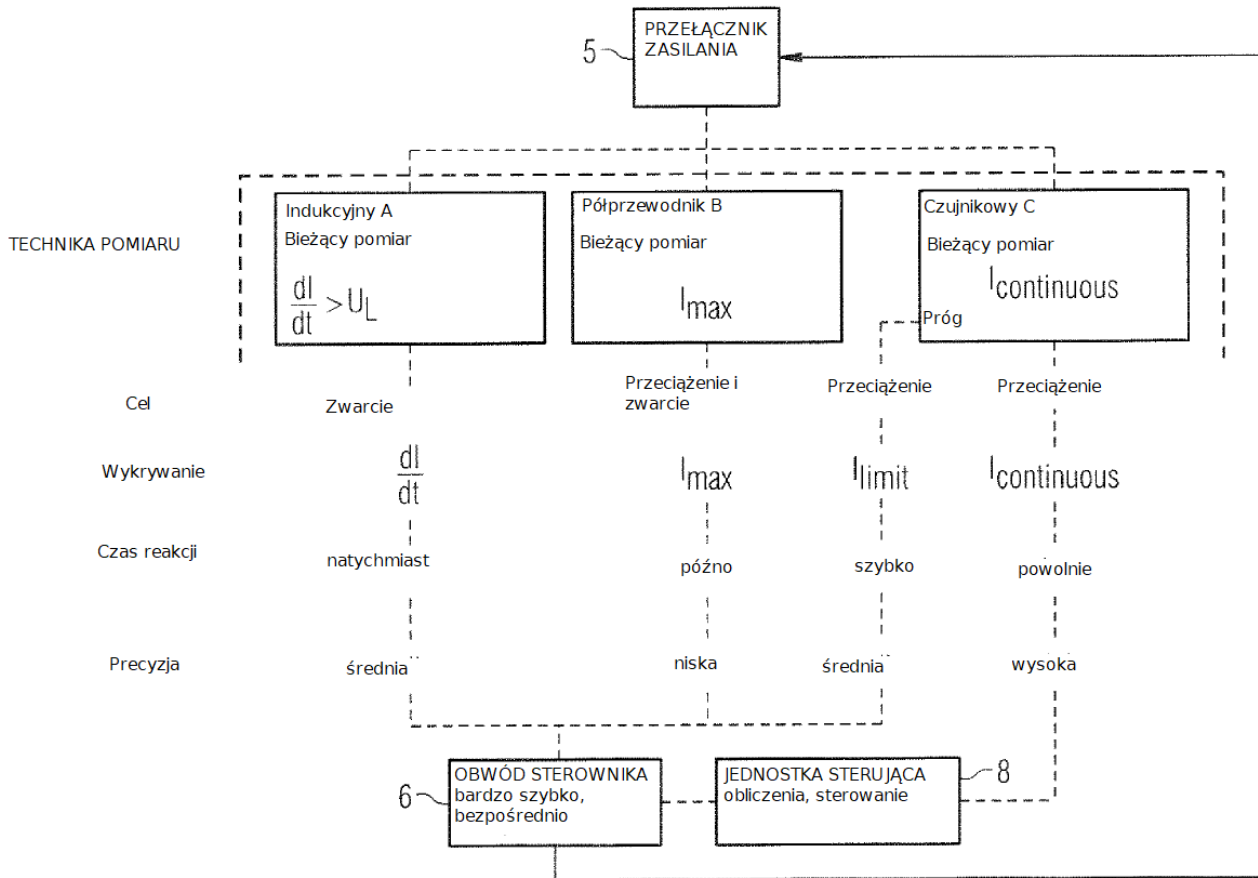
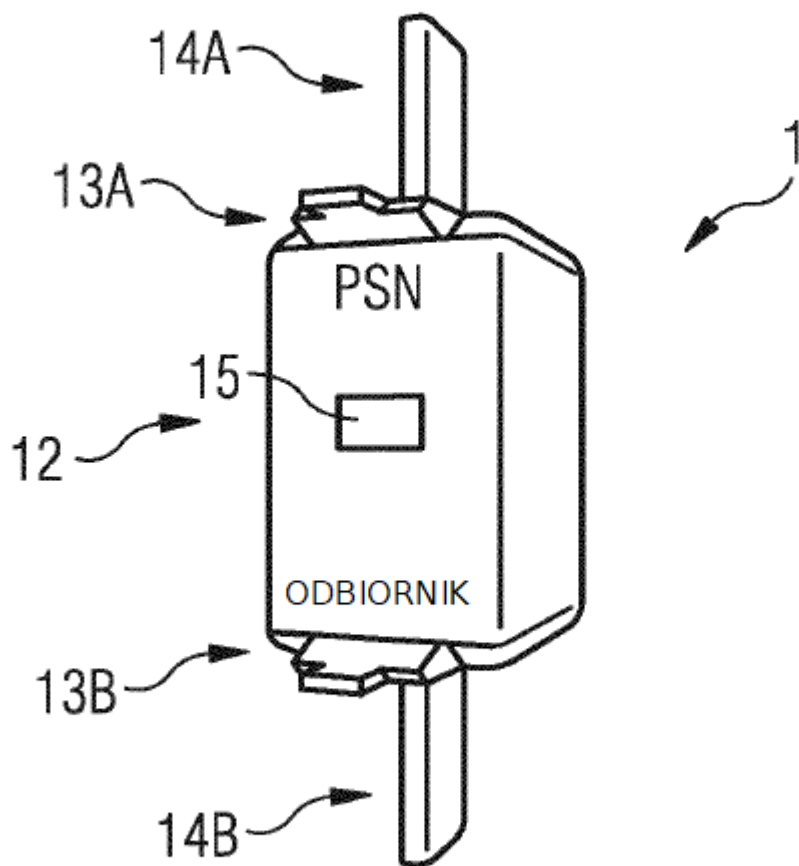


FIG 12



ODNOŚNIKI CYTOWANE W OPISIE

Poniższa lista odnośników cytowanych przez zgłaszającego ma na celu wyłącznie pomoc dla czytającego i nie stanowi części dokumentu patentu europejskiego. Pomimo, że dołożono największej staranności przy jej tworzeniu, nie można wykluczyć błędów lub przeoczeń i EUP nie ponosi żadnej odpowiedzialności w tym względzie.

Dokumenty patentowe cytowane w opisie

- US 20090310270 A1 [0002]
- GB 2294827 A [0003]
- DE 2600472 A1 [0004]
- WO 2017199357 A1 [0005]