

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10)

PL 242356 B1

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **433406**

(22) Data zgłoszenia: **2020.03.31**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2021.10.04 BUP 27/2021**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.02.13 WUP 07/2023**

(51) MKP:

E21C 35/24 (2006.01)

E21C 47/02 (2006.01)

E02F 3/18 (2006.01)

G01L 5/00 (2006.01)

G07C 3/08 (2006.01)

G07C 3/00 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**POLTEGOR-INSTYTUT INSTYTUT
GÓRNICTWA ODKRYWKOWEGO, Wrocław, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

JERZY ALENOWICZ, Wrocław, PL

ADAM BAJCAR, Wrocław, PL

MAREK ONICHIMIUK, Lubsko, PL

(74) Pełnomocnik:

Tomasz Szelwiga, Wrocław, PL

(54) Tytuł:

Układ do ciągłego monitoringu stanu wyłączenia ustrojów nośnych maszyn górnictwa odkrywkowego, przede wszystkim koparek wielonaczyniowych i zwałowarek taśmowych

PL 242356 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest układ do ciągłego monitoringu stanu wyężenia ustrojów nośnych maszyn górnictwa odkrywkowego, przede wszystkim koparek wielonaczyniowych i zwałowarek taśmowych, umożliwiający ocenę tego stanu zarówno w zakresie wytrzymałości zmęczeniowej jak i wytrzymałości doraźnej oraz wczesnego ostrzegania o możliwości wyczerpania się zasobu trwałości zmęczeniowej jak i przekroczenia warunku wytrzymałości doraźnej.

Z publikacji Uhl T., Hanc A., Tworowski Ł., Sękwicz K. pt. *Opis systemu monitorowania mostu z wykorzystaniem analizy modalnej*, AGH Kraków 2007, znany jest system monitorowania mostów. Zasadniczym zadaniem powyższego systemu jest ciągły monitoring drgań, naprężeń i odkształceń konstrukcji nośnej, temperatury, wilgotności i siły wiatru. System składa się z modułów pomiarowych rozmieszczonych na całej konstrukcji mostu. Wyniki pomiarów przetwarzane są za pomocą zaimplementowanej formuły obliczeniowej oraz przesyłane drogą radiową do jednostki centralnej systemu. Jednostka centralna synchronizuje dane pochodzące z modułów pomiarowych. Zadaniem jednostki centralnej jest również gromadzenie danych oraz przesyłanie ich do centrum pomiarowego. Zaimplementowane algorytmy obliczeniowe dostarczają kompleksowych i dokładnych danych na temat monitorowanych wielkości. System ten nie pozwala jednak na określenie pozostałego zasobu trwałości zmęczeniowej tr do wystąpienia uszkodzenia zmęczeniowego elementów monitorowanego ustroju nośnego.

Z publikacji Kowalczyk M., Sobczykiewicz W. pt. *Sterowanie intensywnością obciążeń eksploatacyjnych konstrukcji nośnej*, Górnictwo Odkrywkowe nr 6, Wrocław 2009, oraz Kowalczyk M. pt. *Wykorzystanie zasobu trwałości zmęczeniowej spawanych konstrukcji nośnych maszyn górnictwa odkrywkowego*, Górnictwo Odkrywkowe nr 3–4, Wrocław 2007, znany jest układ sterowania intensywnością obciążeń eksploatacyjnych konstrukcji nośnej. Zasadniczym zadaniem powyższego układu jest bieżąca modyfikacja parametrów siłowych koparki decydujących o wartościach i rozkładzie naprężeń w ustroju nośnym, w celu zapewnienia pożądanej trwałości projektowej w zakresie wytrzymałości zmęczeniowej. Układ ten składa się z tensometrycznych czujników pomiarowych rozmieszczonych w 12 punktach referencyjnych ustroju nośnego koparki, połączonych ze wzmacniaczami pomiarowymi i przetwornikami analogowo-cyfrowymi, które z kolei połączone są ze sterownikiem koparki, a ten połączony jest z układami sterującymi napędów koła czepakowego, obrotu nadwozia i zwodzenia wysięgnika koła czepakowego. Sygnały z czujników pomiarowych, po odpowiednim wzmocnieniu i przetworzeniu na postać cyfrową, wprowadzane są do sterownika, w którym wyznaczane jest rzeczywiste obciążenie ustroju nośnego. Układ ten nie pozwala na określenie pozostałego zasobu trwałości zmęczeniowej tr do wystąpienia uszkodzenia elementów monitorowanego ustroju nośnego.

Z publikacji Dudek D. pt. *Elementy dynamiki maszyn górnictwa odkrywkowego*, Politechnika Wrocławska 1994, znany jest układ do pomiarów naprężeń od obciążeń dynamicznych, wywołanych procesem eksploatacji koparek kołowych, złożony z tensometrycznych czujników pomiarowych naklejonych na wybranych elementach ustroju nośnego, połączonych ze wzmacniaczami pomiarowymi, które połączone są z przetwornikami analogowo-cyfrowymi, a te z kolei połączone są z komputerem typu PC. Sygnały z tensometrów po odpowiednim wzmocnieniu i zamianie z postaci analogowej na cyfrową wprowadzane są do komputera. W komputerze sygnały podlegają obróbce za pomocą specjalistycznego oprogramowania, są zapisywane na twardym dysku i odtwarzane przez użytkownika. Tak przetworzone i odtworzone sygnały są następnie analizowane przez użytkownika po zakończeniu cyklu pomiarów i na podstawie powyższej analizy wyciągane są wnioski dotyczące stanu wyężenia badanego ustroju nośnego. Pomiar realizowane są w ściśle określonych przedziałach czasowych, zwykle od kilku dni do kilku tygodni. Układ ten pozwala tylko na bieżącą ocenę stanu wyężenia ustroju nośnego maszyny bez możliwości określenia pozostałego zasobu trwałości zmęczeniowej tr. Ponadto, układ ten nie ma możliwości wysyłania sygnału o zaniku napięcia do komputera tak, aby przy dłuższym jego zaniku umożliwić komputerowi uśpienie procesów pomiarowych i zapisanie niezbędnych informacji do kontynuowania pracy po przywróceniu zasilania.

Znany jest z polskiego opisu wynalazku PL 220081 układ do ciągłego monitoringu stanu wyężenia ustrojów nośnych maszyn górnictwa odkrywkowego, w szczególności koparek wielonaczyniowych i zwałowarek taśmowych, zawierający tory pomiarowe, z których każdy tor składa się z mostkowego układu tensometrycznych czujników przyrostów naprężeń dynamicznych na wejściu, ze wzmacniaczy sygnałów pomiarowych i przetworników analogowo-cyfrowych na wyjściu, a także z urządzeń indykacji wyników. Istota wynalazku polega na tym, że układ ma cztery moduły, moduł pomiarowy, moduł obliczeniowy, moduł dystrybucji wyników i moduł zasilania. Moduł pomiarowy zawiera dobraną liczbę torów

pomiarowych, których czujniki umieszczone są na wytypowanych elementach ustroju nośnego maszyny, zaś wyjście każdego toru połączone jest z procesorem komunikacyjnym, który za pomocą interfejsu przyłączony jest do modułu obliczeniowego. Moduł obliczeniowy składa się z jednostki obliczeniowej zawierającej połączone ze sobą wejściem i wyjściem, programator i człon obliczeniowy, którego wejście i wyjście połączone są z członem pamięci danych, a wyjście z interfejsem komunikacyjnym połączonym z modułem dystrybucji wyników utworzonym z wyświetlacza, sygnalizatora, modemu i karty sieci komputerowej. Ze względu na możliwość przesyłania sygnałów sterujących komunikacją, korzystne jest, gdy wyświetlacz, sygnalizator, modem i karta sieci komputerowej połączone są wyjściami z interfejsem komunikacyjnym, który z kolei jest połączony wyjściem z członem obliczeniowym, a ten połączony jest wyjściem z interfejsem komunikacyjnym i z procesorem komunikacyjnym modułu pomiarowego. Moduł zasilania składa się z dopasowującego podstawowego zasilacza, wtórnym wyjściem połączonego z wejściami wszystkich trzech modułów, innym wyjściem z urządzeniem sygnalizacyjnym dołączonym do programatora oraz swym odrębnym wejściem i wyjściem z urządzeniem stabilizacji napięcia. Zasadniczym zadaniem opisanego układu jest ocena stanu wyężenia ustrojów nośnych maszyn górnictwa odkrywkowego w zakresie wytrzymałości zmęczeniowej na podstawie ciągłego monitoringu wielkości naprężeń dynamicznych oddziaływujących na te ustroje. Przesłanką do takiego podejścia jest fakt, że ze względu na brak możliwości uwzględnienia rzeczywistych wartości i częstości występowania obciążeń dynamicznych ustrojów nośnych maszyn górnictwa odkrywkowego na etapie projektowania, które to obciążenia często przekraczają kilkukrotnie wartości normatywne, głównie ze względu na pracę maszyn górnictwa odkrywkowego, a szczególnie koparek wielonaczyniowych, w tak zwanych utworach trudno urabialnych, jedynym sposobem określenia wartości i charakteru przebiegu tych naprężeń jest ich bezpośredni pomiar na badanym ustroju nośnym. Ponieważ mamy tu do czynienia z naprężeniami dynamicznymi o wartościach ponadnormatywnych, które są głównym źródłem powstawania pęknięć zmęczeniowych elementów ustrojów nośnych, stąd też dla w miarę precyzyjnej i dokładnej oceny tego zjawiska korzystne jest prowadzenie ciągłego monitoringu stanu wyężenia powyższych ustrojów nośnych. Wobec powyższego opisanie rozwiązanie umożliwia ciągły pomiar i rejestrację wartości naprężeń dynamicznych, zliczanie zmęczeniowych cykli zmiennych, wyznaczanie ich widm amplitud i na tej podstawie wyznaczenie całkowitej liczby cykli do wystąpienia uszkodzenia zmęczeniowego, a następnie przeliczenie ich na trwałość resztkową t_r , wyrażoną w efektywnych godzinach pracy maszyny. Jak widać z powyższego, układ zapewnia możliwość określenia trwałości resztkowej t_r , to jest pozostałego zasobu trwałości zmęczeniowej, do wystąpienia uszkodzenia. Układ pozwala ponadto na określanie dotychczasowych cykli naprężeń obciążających ustrój nośny przed rozpoczęciem jego monitoringu, według tak zwanej tablicy widma obciążeń pierwotnych, co umożliwia określenie trwałości resztkowej t_r w stosunku do maszyn już eksploatowanych. Jest to bardzo istotne, ponieważ ocena wytrzymałości zmęczeniowej jest szczególnie ważna dla maszyn poddanych długoletniej eksploatacji, ze względu na znacznie większą możliwość wyczerpania ich potencjału eksploatacyjnego i wystąpienia awarii konstrukcji w stosunku do maszyn nowych. Układ pozwala na przetwarzanie i analizę wyników pomiarów bezpośrednio na maszynie, w trybie on line, co w praktyce pozwala na przeciwdziałanie powstaniu poważnych awarii i katastrof z zagrożeniem życia ludzkiego włącznie. Powyższy układ posiada również zdolność do równoczesnego monitoringu ustrojów nośnych w zakresie bieżącej oceny wytrzymałości doraźnej, pozwalając na wczesne ostrzeganie o możliwości przekroczenia jej dopuszczalnej wartości. Umożliwia to natychmiastowe podejmowanie działań zapobiegawczych awariom ustroju nośnego na skutek przekroczenia wytrzymałości doraźnej poprzez sygnalizację alarmową przesyłaną do użytkownika i obsługi maszyny. Ponadto, pozwala na otrzymywanie przez użytkownika maszyny informacji o różnorodnych lokalnych przekroczeniach dopuszczalnego poziomu wytrzymałości doraźnej ustroju nośnego, na przykład podczas różnego rodzaju kolizji maszyn ze skarpą, czy poszczególnymi zespołami roboczymi. Wadą powyższego rozwiązania jest to, iż nie pozyskuje ono informacji dotyczących parametrów elektrycznych pracy głównych napędów i wzajemnego położenia podstawowych zespołów roboczych maszyny.

Tak więc, problemem, jaki stoi do rozwiązania przed przedmiotowym wynalazkiem, jest rozwiązanie, które pozwoli na pozyskiwanie przez powyżej przedstawiony układ do ciągłego monitoringu stanu wyężenia ustrojów nośnych informacji dotyczących parametrów elektrycznych pracy głównych napędów i wzajemnego położenia podstawowych zespołów roboczych maszyn górnictwa odkrywkowego.

Układ do ciągłego monitoringu stanu wyężenia ustrojów nośnych maszyn górnictwa odkrywkowego, przede wszystkim koparek wielonaczyniowych i zwalówarek taśmowych składający się z modułu pomiarowego, modułu obliczeniowego i modułu dystrybucji wyników, przy czym moduł pomiarowy

składa się z umieszczanych na elementach ustroju nośnego maszyny czujników pomiarowych na wejściu i zespołu wzmacniaczy sygnałów pomiarowych i przetworników analogowo-cyfrowych na wyjściu, przy czym wyjścia przetworników analogowo-cyfrowych połączone są z procesorem komunikacyjnym, który poprzez interfejs komunikacyjny przyłączony jest do modułu obliczeniowego kolejno połączonego z modułem dystrybucji wyników, **według wynalazku charakteryzuje się tym**, iż wyposażony jest w moduł pobierania ze sterownika maszyny wartości sygnałów stanu głównych napędów oraz wzajemnego położenia podstawowych zespołów roboczych maszyny, który na wejściu ma, połączone poprzez procesor komunikacyjny i interfejs komunikacyjny z magistralą komunikacyjną sterownika maszyny, prądowe przetworniki cyfrowo-analogowe, a na wyjściu przyłączone do powyższych przetworników cyfrowo-analogowych przetworniki analogowo-cyfrowe, które poprzez procesor komunikacyjny i interfejs komunikacyjny przyłączone są do modułu obliczeniowego układu monitorowania wyłączenia ustroju nośnego.

Rozwiązanie według wynalazku pozwala na odseparowanie sterownika maszyny od układu monitorowania tak, że praca układu monitorowania nie wpływa na pracę sterownika. Rozwiązanie pozwala na bieżące przekazywanie do układu ciągłego monitoringu stanu wyłączenia ustroju nośnego informacji o stanie pracy maszyny, w szczególności dotyczących wartości mocy prądu pobieranego przez główne napędy oraz wzajemnego położenia podstawowych zespołów roboczych maszyny. Rozwiązanie umożliwia skorelowanie informacji o stanie pracy maszyny z dynamiczną zmianą naprężeń w monitorowanych elementach badanego ustroju nośnego. Dzięki temu możliwe jest identyfikowanie przyczyn dużych (ponadnormatywnych) zmian naprężeń, które mogą być wynikiem przeciążenia organu roboczego na przykład w wyniku natrafienia koła czepakowego na trudno urabialną frakcję lub nieurabialną przeszkodę, kolizji zespołów maszyny z przeszkodą, na przykład ze skarpą. Umożliwia również identyfikowanie zmian naprężeń w badanym ustroju nośnym będących wynikiem zmiany położenia podstawowych zespołów roboczych maszyny, na przykład zmiany kąta pochylenia wysięgnika koła czepakowego (lub zwalującego), zmiany położenia maszyny i współpracującego z nim urządzenia odbiorczego lub podającego.

Ponadto, rozwiązanie według wynalazku umożliwia:

1. Wykrycie wszelkich wtrąceń nieurabialnych, które wpływają na stan wyłączenia konstrukcji nośnej, na przykład w sytuacji uderzenia koła czepakowego o kamień.
2. Identyfikację wszelkich kolizji podstawowych zespołów roboczych maszyny, w tym w szczególności kolizji wysięgnika koła czepakowego, wysięgnika odbierającego (w przypadku koparki), wysięgnika podającego (w przypadku zwalówki).
3. Precyzyjne określenie warunków eksploatacji, w tym wydajności, obciążeń napędu koła czepakowego, co pozwala dostosować technologię pracy maszyny do rzeczywistych warunków urabiania.

Układ według wynalazku został przedstawiony na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia układ w postaci schematu.

Przykład

Układ według przykładu wykonania według wynalazku składa się z modułu pomiarowego P, modułu obliczeniowego O, modułu dystrybucji wyników D i modułu E pobierania ze sterownika maszyny wartości sygnałów stanu głównych napędów oraz wzajemnego położenia podstawowych zespołów roboczych maszyny.

Moduł pomiarowy P ma na wejściach czujniki pomiarowe PT1...PTn połączone przewodami ze wzmacniaczami sygnałów pomiarowych PW1...PWn wyposażonymi w przetworniki analogowo-cyfrowe A/C. Wzmacniacze sygnałów pomiarowych PW1...PWn połączone są za pomocą przewodów z procesorem komunikacyjnym PK, który połączony jest poprzez interfejs komunikacyjny PI z modułem obliczeniowym O. Czujniki pomiarowe PT1...PTn mają postać mostkowych układów tensometrów oporowych – tensometrycznych czujników przyrostów naprężeń dynamicznych usytuowanych na przekrojach elementów ustroju nośnego w wybranych punktach pomiarowych, które to tensometry mocowane są za pomocą kleju, zabezpieczone są przed wpływami atmosferycznymi i łączone są przewodami ze wzmacniaczami sygnałów pomiarowych PW1...PWn. Pozostałe elementy modułu pomiarowego P umieszczone są w, odpornych na drgania, obudowach o stopniu ochrony co najmniej IP54.

Moduł obliczeniowy O składa się z członu obliczeniowego, w tym przypadku komputera przemysłowego OP połączonego z członem pamięci OD i z interfejsem komunikacyjnym OI. Komputer przemysłowy OP wyposażony jest w odpowiednie oprogramowanie podstawowe OPP i obliczeniowe OPO. Oprogramowanie podstawowe OPP jest to system uruchomieniowy i zarządzający procesami obliczeniowymi, przeznaczony do zarządzania systemem monitorowania. Oprogramowanie obliczeniowe OPO stanowi program przetwarzania danych pomiarowych.

Moduł dystrybucji wyników D składa się z wyświetlaczy DW, sygnalizatorów DS, modemów DM, kart sieci komputerowej DK oraz oprogramowania organizującego dostęp do danych. Ponadto, wyświetlacze DW, sygnalizatory DS, modemy DM i karty sieci komputerowej DK połączone są wyjściami z interfejsem komunikacyjnym OI, który z kolei jest połączony wyjściem z oprogramowaniem obliczeniowym OPO, które połączone jest wyjściem z interfejsem komunikacyjnym PI i procesorem komunikacyjnym PK. Powyższe połączenia służą do przesyłania sygnałów sterujących komunikacją i są zaznaczone na rysunku linią przerywaną, natomiast linią ciągłą zaznaczone są połączenia do przesyłania danych pomiarowych.

Moduł E pobierania ze sterownika maszyny wartości sygnałów stanu głównych napędów oraz wzajemnego położenia podstawowych zespołów roboczych maszyny składa się z, połączonych na wejściu poprzez procesor komunikacyjny PK i interfejs komunikacyjny PI z magistralą komunikacyjną sterownika maszyny SM, prądowych przetworników cyfrowo-analogowych C/A, które na wyjściu połączone są z prądowymi przetwornikami analogowo-cyfrowymi A/C, które na wyjściu poprzez procesor komunikacyjny PK i interfejs komunikacyjny PI przyłączone są do modułu obliczeniowego O układu M monitorowania wyłączenia ustroju nośnego.

Działanie układu jest następujące.

Moduł pomiarowy P zbiera sygnały o wartościach i przebiegu naprężeń z czujników pomiarowych PT1...PTn, wzmacnia je i przetwarza na postać cyfrową, a następnie przesyła do modułu obliczeniowego O układu monitorowania M stanu wyłączenia konstrukcji nośnej. Pobierający sygnały prądowe ze sterownika maszyny SM moduł E ma na wejściu interfejs komunikacyjny PI, który pozwala na pobieranie danych z magistrali danych układu sterowania maszyną S – sterownika maszyny SM. Moduł E za pomocą procesora komunikacyjnego PK pobiera sygnały takie jak: moc prądu pobieranego przez napęd koła czepakowego, moc prądu pobieranego przez napęd obrotu nadwozia, wartość kąta pochylenia wysięgnika koła czepakowego α i tak dalej. W module E sygnały przekazywane są do przetworników cyfrowo-analogowych C/A, które zamieniają je na analogowy sygnał prądowy. Te analogowe sygnały prądowe przesyłane są na wejścia przetworników analogowo-cyfrowych A/C. Wyjściowe sygnały cyfrowe z przetworników analogowo-cyfrowych A/C kierowane są do procesora komunikacyjnego PK i przekazywane za pośrednictwem interfejsu komunikacyjnego PI do modułu obliczeniowego O układu monitorowania M stanu wyłączenia konstrukcji nośnej. Rozwiązanie przejścia sygnałów ze sterownika maszyny SM przez postać analogową prądową zapewnia separację układu sterowania maszyny S od układu monitorowania M, tak że układ monitorowania M nie wpływa na pracę układu sterowania maszyny S. Moduł obliczeniowy O przetwarza dane pochodzące z modułu pomiarowego P i modułu E za pomocą komputera przemysłowego OP zgodnie z algorytmami i programem obliczeniowym, przechowuje dane pośrednie w członie pamięci OD oraz generuje wyniki przetwarzania i wysyła je za pomocą interfejsu komunikacyjnego OI do modułu dystrybucji wyników D. Moduł dystrybucji wyników D umożliwia uzyskanie dostępu do informacji generowanych przez moduł obliczeniowy O użytkownikom systemu monitoringu oraz umożliwia nadzór nad całym systemem. Ponadto, moduł dystrybucji wyników D wyprowadza informacje poprzez wyświetlacze DW lub sygnalizatory DS albo w postaci protokołów przez sieć komputerową lub telefonię komórkową. Modemy DM i DK zapewniają wymianę danych przez powyższą sieć lub telefonię komórkową. Przekazywanie danych na odległość odbywa się poprzez moduł dystrybucji wyników D do aplikacji klienckiej w terminalu zewnętrznym.

Zastrzeżenie patentowe

1. Układ do ciągłego monitoringu stanu wyłączenia ustrojów nośnych maszyn górnictwa odkrywkowego, przede wszystkim koparek wielonaczyniowych i zwałowarek taśmowych składający się z modułu pomiarowego, modułu obliczeniowego i modułu dystrybucji wyników, przy czym moduł pomiarowy składa się z, umieszczanych na elementach ustroju nośnego maszyny, czujników pomiarowych na wejściu i zespołu wzmacniaczy sygnałów pomiarowych i przetworników analogowo-cyfrowych na wyjściu, przy czym wyjścia przetworników analogowo-cyfrowych połączone są z procesorem komunikacyjnym, który poprzez interfejs komunikacyjny przyłączony jest do modułu obliczeniowego kolejno połączonego z modułem dystrybucji wyników, **znamienny tym**, że wyposażony jest w moduł (E) pobierania ze sterownika maszyny (SM) wartości sygnałów stanu głównych napędów oraz wzajemnego położenia podstawowych

zespołów roboczych maszyny, który na wejściu ma prądowe przetworniki cyfrowo-analogowe (C/A), które poprzez procesor komunikacyjny (PK) i interfejs komunikacyjny (PI) połączone są z magistralą komunikacyjną sterownika maszyny (SM), a na wyjściu ma przyłączone do powyższych przetworników cyfrowo-analogowych (C/A) przetworniki analogowo-cyfrowe (A/C), które poprzez procesor komunikacyjny (PK) i interfejs komunikacyjny (PI) przyłączone są do modułu obliczeniowego (O) układu monitorowania (M) wytężenia ustroju nośnego.

Rysunek

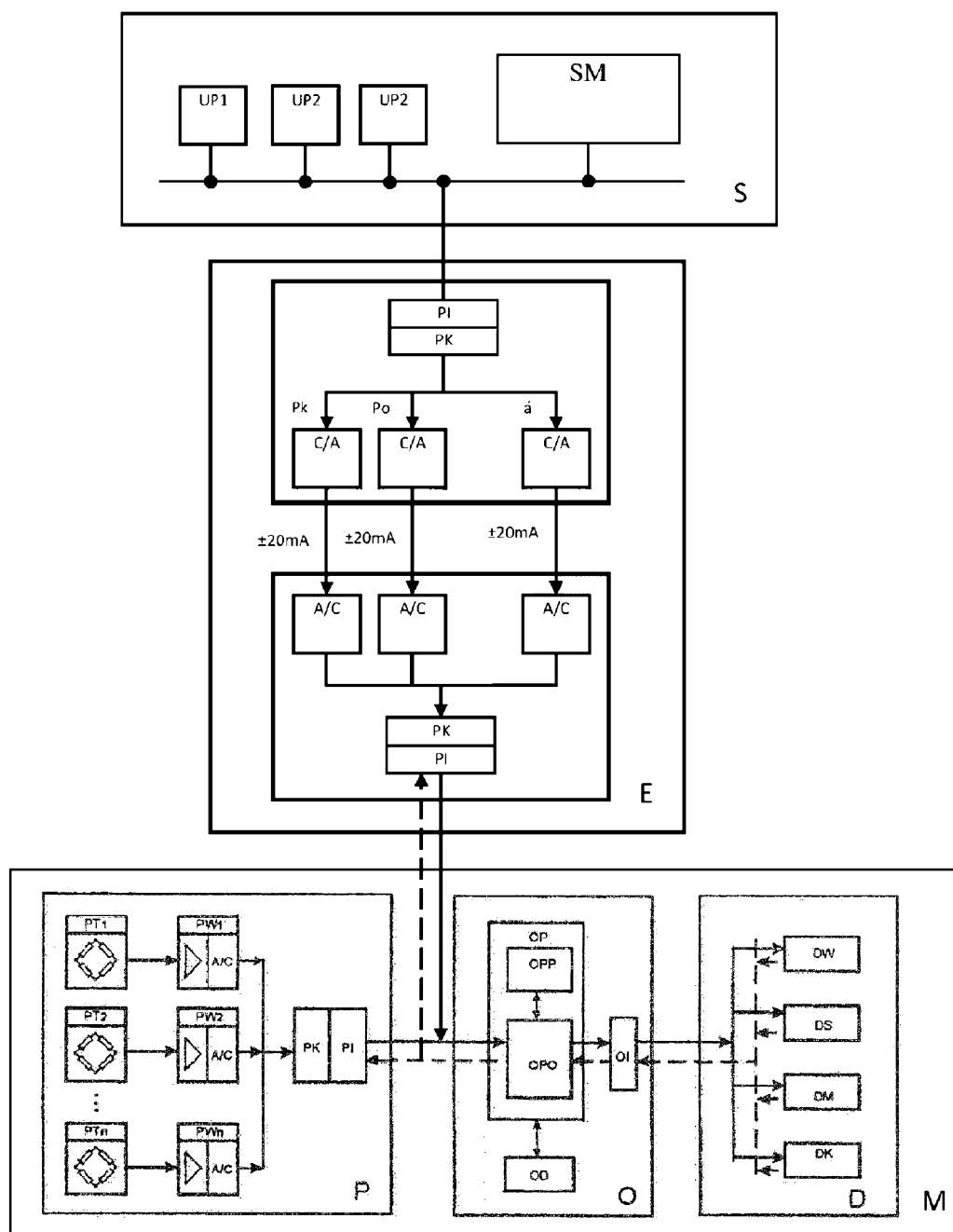


Fig. 1