

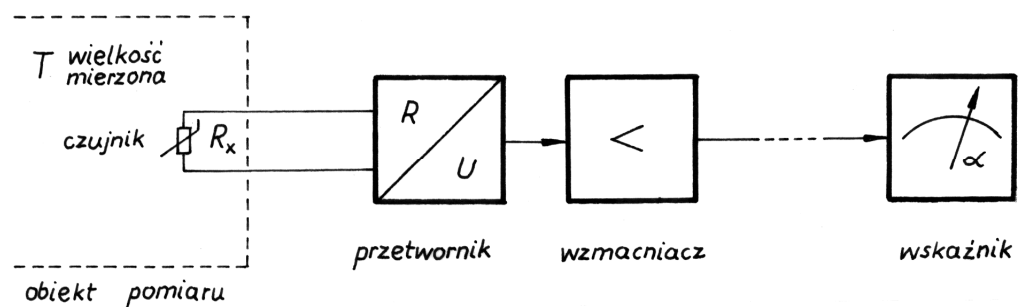
I. UKŁADY I SYSTEMY POMIAROWE

1. UKŁADY POMIAROWE

Układ pomiarowy składa się z kilku członów połączonych szeregowo. Podstawową rolę w procesie pomiaru pełni **czujnik**. Jest to układ fizyczny, fizykochemiczny lub biologiczny, którego wybrana właściwość y jest z wielkością mierzoną x ściśle związaną znaną i powtarzalną zależnością $y = f(x)$. Właściwość y powinna nadawać się do dalszego przetworzenia na użyteczny sygnał pomiarowy, a funkcja f powinna być w miarę możliwości funkcją liniową.

Czujnik pomiarowy jest pierwotnym przetwornikiem, przetwarzającym mierzoną wielkość na wielkość inną, nadającą się do bezpośredniego zmierzenia (pomiaru bezpośrednie) lub wymagającą przetworzenia w **przetworniku** wtórnym na jeszcze inną wielkość (pomiaru pośrednie). Wtórnego przetwarzania sygnału wymagają wszystkie czujniki parametryczne (patrz [1], rozdz. 4), jednakże i większość czujników generacyjnych musi być uzupełniana układami wzmacniającymi ich sygnał wyjściowy lub (i) przetwarzającymi go, np. na sygnał o znormalizowanej wartości (standardowy). Z tego względu praktycznie wszystkie czujniki pomiarowe stosowane w pomiarach zdalnych i automatycznych są łączone z wtórnym układem przetwarzającym i **wskaźnikiem** w **zespół pomiarowy**, nazywany zwykle układem pomiarowym. Układ pomiarowy umieszczony we wspólnej obudowie (ewentualnie z wydzielonym czujnikiem) nazywa się **przyrządem pomiarowym**.

Przykład zespołu pomiarowego do mierzenia temperatury w suszarni parametrycznym czujnikiem rezystancyjnym przedstawia rysunek 1.



Rys. 1. Zespół pomiarowy do mierzenia temperatury w suszarni

Czujnik (termorezystor) jest umieszczony w komorze suszarni (obiekcie pomiaru) w temperaturze T . Jego rezystancja R_x ustala się zgodnie z charakterystyką pomiarową $R = f(T)$. Wartość tej rezystancji jest pierwotnym sygnałem pomiarowym, przetwarzanym następnie w przetworniku pomiarowym na napięcie elektryczne U – wtórny sygnał pomiarowy. Po wzmocnieniu we wzmacniaczu, sygnał ten może być już przesyłany na pewną odległość i może uruchamiać miernik (wskaźnik) wyjściowy. Wychylenie wskazówki miernika α będzie funkcją temperatury T w komorze suszarni.

Zespół pomiarowy może być bardziej rozbudowany w przypadku konieczności zmiany rodzaju sygnału wtórnego (np. z elektrycznego na pneumatyczny lub odwrotnie), zmiany postaci tego sygnału (np. modulacji lub demodulacji, przetwarzania analogowo-cyfrowego lub cyfrowo-analogowego), czy dokonania operacji matematycznej.

2. SYSTEMY POMIAROWO-REGULACYJNE

Układy (zespoły) pomiarowe składają się z członów, między którymi są przekazywane różnego rodzaju sygnały. **Sygnałem pomiarowym** nazywamy w tym przypadku pewną wielkość fizyczną, będącą funkcją czasu i stanowiącą nośnik informacji o wielkości mierzonej. Sygnał z zakodowaną informacją może być przesyłany na pewne odległości i wykorzystywany np. do uruchamiania dodatkowego wskaźnika wielkości mierzonej (przy pomiarach zdalnych) lub (i) układu automatycznej regulacji.

Konieczność równoczesnego pomiaru dużej liczby wielkości fizycznych występujących we współczesnych technologiach, szybkiego przetwarzania informacji, dokonywania analizy i badania korelacji sygnałów, uproszczenia obsługi rozbudowanych układów pomiarowych, a często konieczność wstecznego oddziaływania na badany proces (automatyzacja), stanowiły przesłanki rozwoju tzw. systemów pomiarowo-regulacyjnych. **Systemem pomiarowo-regulacyjnym** nazywa się zestaw spełniających założone funkcje i mogących ze sobą współpracować przyrządów pomiarowych i urządzeń pomocniczych, przeznaczonych do zbierania, porównywania, rejestracji i przetwarzania informacji o mierzonych wielkościach fizycznych.

W zależności od rodzaju energii wykorzystanej w sygnałach pomiarowych jako nośnik informacji oraz od charakteru tych sygnałów, powstają różne blokowe systemy pomiarowo-regulacyjne: zestawy czujników, przetworników pomiarowych, wzmacniaczy, elementów matematycznych, zadajników, regulatorów, siłowników, wskaźników, rejestratorów itp. Stosowanie sygnałów znormalizowanych umożliwia dowolne łączenie

poszczególnych członów systemu w często bardzo skomplikowane układy pomiarowo-regulacyjne. Współpracę urządzeń z różnych systemów umożliwiają przetworniki międzysystemowe.

W **systemach analogowych** przetwarzanie sygnałów nie zmienia ich ciągłego charakteru i wynik pomiaru przedstawia się w postaci odczytywanych lub rejestrowanych (najczęściej w funkcji czasu) sygnałów analogowych. W **systemach cyfrowych** następuje dyskretyzacja sygnału analogowego (przetwarzanie analogowo-cyfrowe) i wynik pomiaru przedstawia się w postaci cyfrowej (dyskretnej).

Obecnie największą popularność zyskały trzy systemy pomiarowo-regulacyjne: analogowy system pneumatyczny, analogowy system elektryczny i dyskretny (cyfrowy) system elektryczny (tabela 1). W małym stopniu są wykorzystywane sygnały mechaniczne w postaci przesunięcia lub siły, przesyłane na niewielkie odległości cięgnami i dźwigniami. W urządzeniach wymagających rozwijania znacznych mocy (prasy, dźwigi, maszyny budowlane itp.) stosuje się sygnały hydrauliczne w postaci ciśnienia cieczy.

Nowym kierunkiem jest wykorzystanie modulowanych, dyskretnych sygnałów optycznych – bardzo pojemnego i odpornego na zakłócenia nośnika informacji, przesyłanego nawet na znaczne odległości za pomocą światłowodów. Ostatnio coraz bardziej popularne staje się też wykorzystanie jako środka do przesyłania sygnałów pomiarowo-regulacyjnych oraz informatycznych (internet) bezprzewodowej łączności mikrofalowej – naziemnej i satelitarnej.

2.1. ANALOGOWY SYSTEM ELEKTRYCZNY

Analogowy system elektryczny wykorzystuje sygnał w postaci napięcia lub natężenia stałego prądu elektrycznego. Sygnał taki może być z łatwością przesyłany na znaczne odległości, wzmacniany, modulowany, przekształcany matematycznie. Linia przesyłowa jest tania. Stosowanie nowoczesnych, scalonych elementów półprzewodnikowych pozwala na osiągnięcie dużej dokładności i niezawodności funkcjonowania członów systemu. Wadami analogowego systemu elektrycznego są: trudności w przesyłaniu sygnałów znacznej mocy, duża wrażliwość na zakłócenia i możliwość iskrzenia, stanowiąca w pewnych warunkach zagrożenie wybuchowe. Najnowsze rozwiązania systemów elektrycznych są zabezpieczone przed wystąpieniem iskrzenia.

Znormalizowane, standardowe sygnały prądowe i napięciowe analogowego systemu elektrycznego mają następujące zakresy:

0... 5 mA	0... 5 V,
0...20 mA	0...10 V,
4...20 mA	1... 5 V.

Na uwagę zasługuje zalecany i najczęściej obecnie stosowany sygnał prądowy **4...20 mA**, w którym istnieje możliwość odróżnienia stanu awarii urządzenia pomiarowego lub linii przesyłowej sygnału pomiarowego od dolnej granicy zakresu zmian tego sygnału.

2.2. ANALOGOWY SYSTEM PNEUMATYCZNY

System pneumatyczny wykorzystuje sygnał w postaci ciśnienia powietrza. Sygnał taki jest bardzo odporny na zakłócenia, może przenosić znaczne moce, nie stanowi żadnego zagrożenia wybuchowego. Wzmacnianie i przekształcanie sygnału pneumatycznego wymaga jednak stosowania dość skomplikowanych urządzeń, a przesyłanie sygnału na większe odległości jest bardziej złożone niż w przypadku sygnału elektrycznego. Znormalizowany, standardowy sygnał pneumatyczny ma zakres zmian ciśnienia powietrza **20...100 kPa**. Przesunięcie początku zakresu umożliwia łatwą identyfikację awarii urządzenia lub linii przesyłowej.

2.3. SYSTEMY DYSKRETNE

Sygnały analogowe, wykorzystywane w analogowych metodach pomiarowych i analogowych systemach pomiarowo-regulacyjnych, mają istotną wadę: są mniej lub bardziej podatne na różnego rodzaju zakłócenia, które się na nie nakładają w sposób zupełnie przypadkowy, są też podatne na wpływy ciągłych, choć często powolnych zmian parametrów elementów wchodzących w skład zespołu pomiarowego, np. starzenie się, zmiany warunków zasilania itp.

Nowoczesna technika pomiarowo-regulacyjna stosuje inny rodzaj sygnałów – sygnały dyskretne. Sygnały te mają charakter nieciągły, składają się z zespołu impulsów (najczęściej elektrycznych) odpowiedniego kształtu i amplitudy, a treść zawartej w nich informacji jest określona przez częstotliwość impulsów, ich wzajemną odległość w czasie lub też obecność albo nieobecność napięcia w danym obwodzie.

W technice cyfrowej korzysta się prawie wyłącznie z sygnałów o charakterze elektrycznym. Przyjęto na przykład, że bitowi „0” odpowiada napięcie zbliżone do zera, natomiast bitowi „1” napięcie ok. +5 V. Każdą informację liczbową przedstawia się więc za pomocą kombinacji napięć ok. 0 V i ok. +5 V, przesyłanych w postaci impulsów

elektrycznych bądź linią wieloprzewodową (jeden przewód na każdy bit plus jeden przewód sygnału synchronizującego) w systemie transmisji równoległej (np. dawniejsze połączenie komputera PC z drukarką łączem zwanym Centronix lub LPT-1), bądź też linią co najmniej dwuprzewodową, po dodatkowym kodowaniu informacji w czasie (np. współczesne łącza szeregowo komputera PC typu **RS-232**, USB, czy ich przemysłowa wersja **RS-485**).

Podstawowymi zaletami stosowania dyskretnych sygnałów cyfrowych są: bardzo znaczne ograniczenie wpływu zakłóceń oraz wielka szybkość przekazywania informacji, pozwalająca na wykorzystanie tych sygnałów m.in. w cyfrowej technice obliczeniowej z użyciem komputerów. Wadą jest znikoma moc sygnałów wymagająca, w przypadku konieczności wytworzenia znacznych sił, sięgnięcia po system pneumatyczny lub nawet hydrauliczny. Porównanie podstawowych właściwości najbardziej popularnych systemów pomiarowo-regulacyjnych zamieszczono w tabeli 1.

3. UKŁADY SYGNALIZACYJNE

Układy sygnalizacyjne w odróżnieniu od układów pomiarowych nie informują o chwilowej wartości wielkości mierzonej lecz sygnalizują przekroczenie dopuszczalnych granic tej wielkości. Najczęściej sygnalizacja dotyczy następujących stanów wielkości mierzonej:

- a) za mała – prawidłowa – za duża,
- b) za mała – za duża,
- c) za mała – prawidłowa,
- d) prawidłowa – za duża.

Jak widać, do przekazania informacji w układach sygnalizacyjnych są potrzebne tylko dwa lub trzy poziomy sygnałów (bity), mamy więc tu do czynienia z najprostszym przypadkiem pomiaru dyskretnego.

Układy sygnalizacyjne są stosowane bardzo często, zwykle łącznie z układami pomiarowo-regulacyjnymi; wykorzystują sygnały elektryczne (np. napięcie 0 V i napięcie 230 V lub 0 V i +5 V), sygnały pneumatyczne (np. ciśnienie 0 kPa i 100 kPa), czy mechaniczne (np. tradycyjny semafor kolejowy). Sygnały elektryczne są stosowane najczęściej, ponieważ najprostszym rozwiązaniem układu sygnalizacyjnego jest zastosowanie sygnalizacji optycznej (np. lampek o różnej barwie) lub akustycznej (buczki, syreny) informującej o przekroczeniu któregoś z istotnych parametrów procesu technologicznego.

Tabela 1. Porównanie właściwości najbardziej popularnych systemów pomiarowo-regulacyjnych analogowych (A) i dyskretnych (D)

system cechy	<i>mechaniczny</i>	<i>hydrauliczny</i>	<i>pneumatyczny</i>	<i>elektryczny</i>	<i>falowy</i>
<i>charakter</i>	A	A	A	A D	D
<i>rodzaj energii</i>	siła	ciśnienie cieczy	ciśnienie gazu	prąd impulsy	fala lub impulsy
<i>nośnik energii</i>	dźwignia lub cięgło	rurka metalowa	rurka z tworzywa	kabel	brak lub światłowód
<i>koszt nośnika</i>	<u>niski</u>	niski	niski	bardzo niski	bardzo niski
<i>odległość</i>	do 5 m	do 10 m	do 100 m	<u>globalny</u>	<u>globalny</u>
<i>standard</i>	brak	brak	jest	jest	jest
<i>moc sygnału</i>	średnia	<u>bardzo duża</u>	<u>duża</u>	mała b. mała	śladowa
<i>wpływ zakłóceń</i>	średni	mały	<u>bardzo mały</u>	duży średni	<u>bardzo mały</u>
<i>dokładność</i>	bardzo mała	mała	średnia	średnia <u>duża</u>	<u>bardzo duża</u>
<i>przeliczanie</i>	brak	brak	łatwe	<u>bardzo łatwe</u>	bardzo łatwe
<i>szyfrowanie</i>	brak	brak	brak	brak b. łatwe	bardzo łatwe

4. LITERATURA

- [1] Ludwicki M.: Sterowanie procesami w przemyśle spożywczym, PTTŻ, Łódź 2002.
 [2] Romer E.: Miernictwo przemysłowe, PWN, W-wa 1978.
 [3] Żelazny M.: Podstawy automatyki, PWN, W-wa 1976.

Opracował: dr inż. Marek Ludwicki, Politechnika Łódzka, I-30,
<http://snack.p.lodz.pl/ludwicki>
marek.ludwicki@p.lodz.pl

Wszelkie prawa zastrzeżone. Żadna część tej pracy nie może być powielana, czy rozpowszechniana w jakiegokolwiek formie, w jakikolwiek sposób, bądź elektroniczny, bądź mechaniczny, włącznie z fotokopiowaniem, nagrywaniem na taśmy lub przy użyciu innych nośników informacji, bez zgody autora.