

10. UKŁADY TECHNICZNE

Cel wykładu



10.1. Rodzaje układów technicznych

Układ to podstawowe pojęcie cybernetyki, myślowo wyodrębniony fragment rzeczywistości, rozważany jako transformator otrzymywanych bodźców na uzyskane reakcje.

*Układy techniczne to sztuczne podmioty skonstruowane przez człowieka. Traktując ogólnie obiekt techniczny jako proste indywidualum, będziemy mówili o **elemencie**, natomiast rozpatrując obiekt ze względu na jego złożoność z uporządkowanych elementów, będziemy mówili o nim jako o **układzie**.*

W technice „układ” może mieć dwojakie znaczenie:

- 1) Zespół współpracujących elementów, tworzących łącznie urządzenie techniczne, lub koncepcję techniczną, które spełniają określone zadania.
- 2) Zbiór części zależnych od siebie funkcjonalnie, lecz nie tworzących odrębnej całości przy montażu wytworu (np. układ hydrauliczny obrabiarki, układ hamulcowy samochodu itp.).

RODZAJE UKŁADÓW TECHNICZNYCH

Ogólnie układy techniczne dzieli się na dwie jakościowo odrębne grupy:

A. układy informacyjne – związane z przesyłem i przetwarzaniem informacji (obrazów, dźwięków),

B. układy transportowe (energetyczne) – związane z przetwarzaniem i przesyłem masy i energii.

* **Układ materialny** – to każdy układ techniczny grupy A lub B. Układ materialny może być:

- **deterministyczny**, tj. taki, w którym wzajemne powiązania elementów można szczegółowo określić,
- **nieswobodny**, tj. taki, którego możliwości ruchu są ograniczone,
- **swobodny**, tj. taki, którego możliwości ruchu nie są ograniczane jakimikolwiek więzami,
- **zachowawczy**, tj. taki, którego suma energii potencjalnej i kinetycznej jest stała,
- **statycznie wyznaczalny**, tj. taki, którego możliwości ruchu nie są ograniczone jakimikolwiek więzami,
- **probabilistyczny**, tj. taki, w którym wzajemnych powiązań składników nie można dokładnie i szczegółowo ustalić, np. obiekt mechaniczny – otoczenie.

* **Układ konstrukcyjny** – wzajemne usytuowanie współpracujących elementów maszyny.

* **Układ kinematyczny** – układ mechanizmów służących do nadawania wymaganych ruchów elementom maszyny.

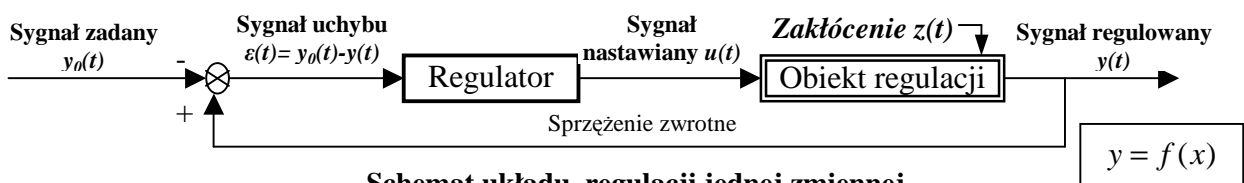
* **Układ adaptacyjny** – układ, w którym sposób działania zmienia się samoczynnie w zależności od warunków pracy.

* **Układ dynamiczny** – układ o własnościach opisywanych za pomocą równań różniczkowych.

* **Układ tolerancji i pasowań** – usystematyzowany zbiór pasowań otworów i wałków przynależnych do układu tolerancji, bardzo istotny w zakresie konstruowania maszyn.

* **Układ działania** – zespół złożony z łańcucha działania, realizującego dany cel, w skład którego wchodzi: obiekt działania i stanowisko działania. Na łańcuch ten działa określone zakłócenie $z(t)$.

* **Układ regulacji** – zamknięty układ sterowania, ze sprzężeniem zwrotnym, który zapewnia samoczynnie wymaganą zmienność jednej lub kilku wielkości regulowanych. Działanie układu polega na utrzymywaniu równości między wielkością regulowaną $y(t)$, a wartością zadaną $y_0(t)$.



Układ techniczny ma wejścia, przez które otrzymuje bodźce z otoczenia (x), oraz wyjścia, przez które działa na otoczenie (y). Reakcja na wyjściu jest transformantą (f) zasileń w układzie.

Układ optymalny – układ sterowania automatycznego, którego wyniki działania odniesione do norm w tzw. wskaźnikach jakości sterowania są najlepsze.

10. 2. Układy elementarne i złożone

Układ elementarny – układ o prostej budowie, którego podział na podukłady jest niecelowy.

Układem elementarnym nazywamy więc dowolny układ postaci:

$$\boxed{a, F_1, F_2, \dots, F_n} \begin{cases} \rightarrow a - \text{ pewien dowolny obiekt,} \\ \rightarrow F_1, \dots, F_n - \text{ wielkości charakteryzujące obiekt } a, \text{ zależne tylko od czasu } t. \end{cases}$$

Posiłkując się takimi zmiennymi, winniśmy każdorazowo w sposób jednoznaczny określić wartość, jaką przybierają parametry różne od czasu; innymi słowy: dokonać wyboru jednej stałej wartości tych parametrów. Jeżeli obiekt, na którym mierzona jest wartość zmiennej F_i jest ustalony, to rezultat pomiaru odnotowujemy pisząc $F_i(t) = x$, tj. wartość zmiennej F w chwili t wynosi x . Do układów elementarnych zalicza się m.in. te, które wykonują podstawowe funkcje działania.

Przedział czasowy, w jakim rozpatrywany jest układ a nazywany jest trwałością (okresem trwania układu $T(a)$). Określenie układu a wymaga więc zawsze określenia jego trwałości $T(a)$.

Układy a lub b mogą być ściśle podobne i co więcej – określone na tych samych obiektach, a różnić się między sobą jedynie okresem trwania. Jeśli taka sytuacja ma miejsce, a jednocześnie $T(a) \leq T(b)$, to układ a nazwiemy ograniczeniem czasowym układu b . Jeśli $T(a)$ jest przedziałem skończonym, wyznaczonym liczbami t_1 oraz t_2 , to układ jest ograniczony w czasie i mamy:

początek układu $\quad \curvearrowright \langle t_1, t_2 \rangle \quad \curvearrowleft$ koniec układu

Kolejne momenty, w których śledzimy układ nazywamy krokami. **Stanem układu a** w chwili t , nazwiemy więc zbiór liczb x :

$$\boxed{a(t) = (x_1, \dots, x_n)}$$

Zbiór uporządkowany stanów układu a , wziętych w tej kolejności, w jakiej realizują się one w miarę upływu czasu t , nosi nazwę **historii układu**. Historia układu wyznacza jego stany S :

$$\boxed{S = a(k), a(k+1), a(k+2), \dots, a(k+n)}$$

Przyjmijmy np., że mamy do czynienia ze zjawiskiem k , które składa się z układów o postaci:

$$(a, F_1, F_2, F_3, F_4, F_5),$$

Założmy, że choć zmienne $F_1 \dots F_5$ mogą przyjmować dowolne wartości rzeczywiste, to zawsze występuje jakiś związek, np.: $0 \leq F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 \leq 93$ (powstaje więc pewna prawidłowość). Zmienne F_1, F_2, F_3, F_4, F_5 są względem siebie skorelowane (współzależne).

Regularna, wyraźna powtarzalność pewnych stanów układu wyznacza prawidłowość, która może być odnaleziona (przez badanie naukowe) i zapisana w postaci:

- **prawa naukowego I rodzaju** – kiedy prawidłowość ta występuje zawsze, lub
- **prawa II rodzaju (statystyczne)** – kiedy występuje ona w większości przypadków.

Układy złożone

Łącząc elementarne układy między sobą możemy tworzyć układy złożone nazywane **systemami**. Liczba sprzężonych układów może być tak duża, a rodzaj występujących między nimi sprzężeń tak skomplikowany, że opisanie systemu staje się niemożliwe. Korzystamy wówczas z podejścia (teorii) systemów. *Tego typu podejście (i układy systemowe) będą omawiane na dalszym wykładzie.*

W zależności od konfiguracji układy złożone tworzą:

- **układ izolowany** – układ fizyczny, który nie wymienia z otoczeniem ani masy, ani energii,
- **układ autonomiczny** – układ, który może być badany bez uwzględniania stanu wejść,
- **układ ilościowy** – układ, w którym przynajmniej niektóre zmienne są wielkościami rzeczywistymi,
- **układ jakościowy** – wszystkie zmienne nie mają konkretnych wartości liczbowych,
- **układ stacjonarny** – żadna zmienna nie zależy od czasu.

Każdy układ kierowany przez człowieka stanowi wraz z nim system i każdy układ stosowany przez człowieka może być traktowany jako układ działający w systemie.

10. 3. Układy działania

Działanie – to świadome zachowanie się zmierzające do określonego celu.

Przy tak zdefiniowanym pojęciu działania, **działającym może być tylko człowiek a nie maszyny**, z uwagi na fakt, że maszyny nie działają, lecz funkcjonują.

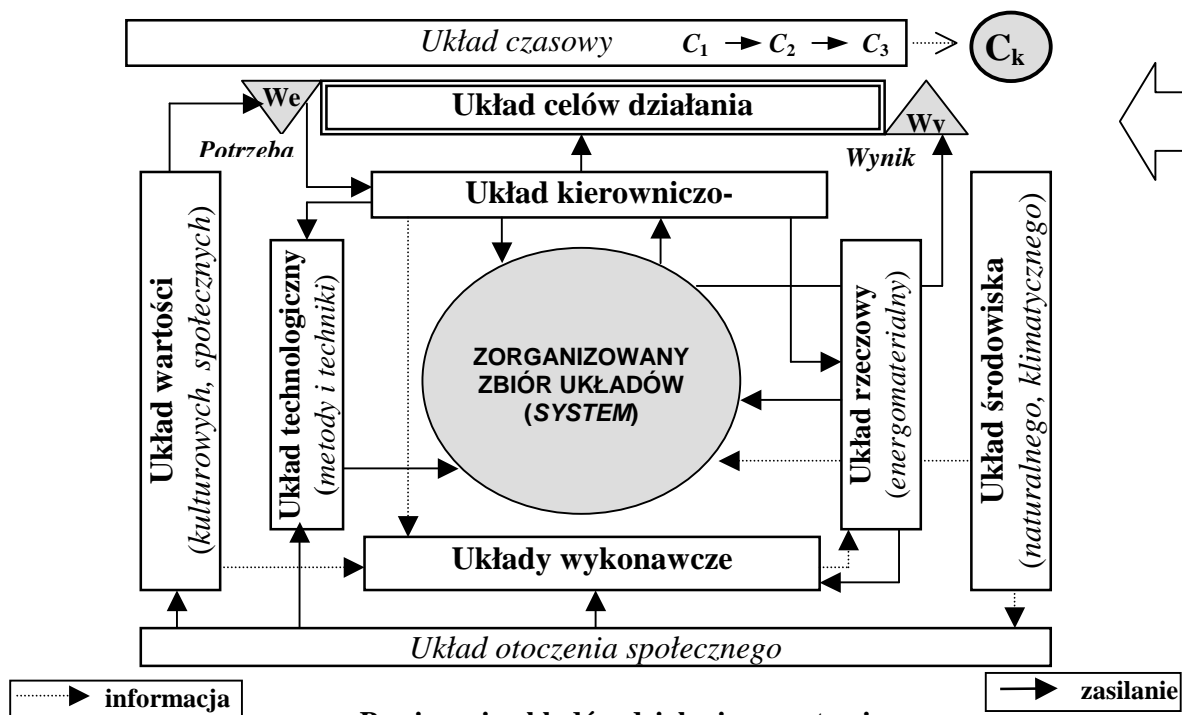
Celem działania jest stan jakichś rzeczy, który będąc pod jakimś względem cennym (pożądanym) dla działającego, wyznacza kierunek i strukturę jego działania. Działanie zmierza do uzyskania lub utrzymania tego stanu rzeczy. Ścisłe określenie celu działania jest bardzo pożyteczne, ale nie zawsze w pełni możliwe.

Działanie zmierzające do zaspokojenia określonych potrzeb nazywamy pracą.

Wprowadzanie celowych zmian w naszym otoczeniu materialnym polega na działaniach myślowych i czynnościowych. Ludzie działają pojedynczo lub w zespołach. Działalność zespołów jest splotem działań jego uczestników według określonych sposobów (metod). **W technice działanie na podstawie określonego sposobu wymaga właściwego środka technicznego** (jest nim wyrób spełniający przydzielone mu zadanie). Działanie można podzielić na pracę, zabawę, walkę, rozwijanie swojej wiedzy i na działanie nie będące żadną z tych odmian. Są to zresztą pojęcia trudne do ostrego rozgraniczenia.

Problem środka technicznego jako układu działającego wymaga rozwiązania inżynierskiego.

Mówiąc o działaniu (pracy) zorganizowanych celowo układów (systemów), mamy na myśli procesy transformujące (przetwarzające) informację i zasilenia energomaterialne w cele. Pojęcie „*celu układu*” jest też pewnym uproszczeniem, ponieważ cele mogą mieć tylko ludzie! **Informacja i zasilenie to najbardziej elementarne składniki działania.** Odpowiadające im układy: informacyjny i energomaterialny (zasileniowy), stanowią podstawowe składniki systemu jako zorganizowanego zbioru układów działania



Każdy **zorganizowany zbiór układów (system)** posiada swój układ sterowania (mózg). System taki rozpręga się po zniszczeniu tego członu kierowniczo-organizacyjnego.

Układ czasowy hierarchii celów powstaje zawsze wtedy, gdy dla zrealizowania jakiegoś celu dalszego musimy najpierw zrealizować szereg celów bliższych. Powstaje w ten sposób tzw. łańcuch celów składający się z hierarchii czasowej *celów pośrednich*, czyli środków działania i *celu końcowego*. Chcąc osiągnąć cel końcowy C_k należy więc konsekwentnie realizować kolejno cele pośrednie C_1, C_2, C_3 – patrz rysunek.

Istota sterowania układami technicznymi koncentruje się na określeniu najbardziej sprawnego sposobu działania, a więc doboru właściwych zasobów, ustalenia celów do wykonania oraz określenia kolejności działań (osiągania celów pośrednich).

10. 4. Prawa Murphy'ego

Układy techniczne buduje się po to, by działały. Nie wszystkie jednak chcą działać, mimo naszych najlepszych chęci i wykonania tego co należy.

Niekiedy określamy to powiedzeniem „złośliwość rzeczy martwych” i coś w tym jest. Rzeczywistość budowana przez człowieka czasami działa odwrotnie, wbrew oczekiwaniom, tak, jakby przekornie chciała zrobić na złość. Takie prawidłowości przyjęło się nazywać „prawami Murphy'ego”.

Jest to zbiór popularnych, często humorystycznych powiedzeń, sprowadzających się do założenia, że rzeczy pójdą tak źle, jak to tylko możliwe. Definiują one wszystkie banalne, głupie a jednocześnie jakże często zdarzające się sytuacje. Wydają się one śmieszne, a jednak niezwykle często sprawdzają się w życiu! Na Zachodzie spotyka się je na ścianach urzędów, jako nalepki na samochodach, komputerach, w formie kartek pocztowych i koszulek.

Prawa Murphy'ego wzięły nazwę od nazwiska kapitana Edwarda Murphy'ego, inżyniera prowadzącego, w 1949 r., prace doświadczalne z zakresu symulacji wypadków lotniczych w Edwards Air Force Base, Kalifornia. Murphy po stwierdzeniu, że czujnik użyty do pomiaru sił w pasach bezpieczeństwa działa źle, wskutek błędnego podłączenia tensometrów do mostka, stwierdził gorzko: **”Anything that can go wrong will go wrong”** (*”Jeżeli jest jakaś możliwość, żeby coś zrobić źle, to on to zrobi”*) – mając na myśli swego pomocnika, który łączył układ. Powiedzenie to w swojej ogólnej formie okazało się prawdziwe i szybko zrobiło karierę. Najpierw zyskało lokalną popularność, a potem ktoś użył jej w reklamie i tak powstało Prawo Murphy'ego. W swoim prasowym debiucie było już odrobinę zmienione i brzmiało bardziej ogólnie: **„Cokolwiek może się popsuć, psuje się”**. Od tej chwili tworzenie praw Murphy'ego stało się zaraźliwe.

Dlaczego przedmioty nieożywione robią to co robią i dlaczego nas to tak irytuje?

Zdaniem Richarda Robinsona, autora książki pod znamienym tytułem: *„Dlaczego kromka chleba zawsze spada masłem do dołu”* (a właściwie: dlaczego tak zwykle bywa?) jest to wynikiem tego, że:

1. Nasz umysł nie nadąża za zmiennością świata, co prowadzi do wyciągania fałszywych wniosków z tego co widzimy i słyszymy.
2. Reagujemy na słowa kluczowe, a resztę dopowiadamy sobie sami. Stąd wiele praw Murphy'ego opowiada o naszej głupocie: zbiorowej i indywidualnej.
3. Niemiłe fakty utrwalają się w naszej pamięci znacznie lepiej niż neutralne. Możesz wbić 10 tysięcy gwoździ, a pamiętać będziesz tylko ten jeden, kiedy trafiłeś młotkiem w palec.

Budujemy statystyki niepowodzeń, zapominając wszystko, co poszło gładko. W efekcie okazuje się, że świat się zmówił przeciwko nam. Spiskowa teoria dziejów zbiorowych indywidualnych i daje się udowodnić – wystarczy sięgnąć do praw Murphy'ego.

Przykłady praw Murphy'ego

- Druga kolejka jest zawsze szybsza.
- Prowizorka zawsze okazuje się najtrwalsza.
- Każde rozwiązanie rodzi nowe problemy.
- Nie rób nic na siłę, weź większy młotek.
- Wszystko zabiera znacznie więcej czasu, niż by się wydawało.
- Wszystko co dobre jest nielegalne, niemoralne albo powoduje tycie.
- To, czego szukasz, znajdziesz w ostatnim spośród możliwych miejsc.
- Istnieją trzy rodzaje kłamstw: odruchowe, powszechne oraz testy komputerowe.
- Komputer służy do tego, aby ułatwić Ci pracę, której bez niego w ogóle byś nie miał.

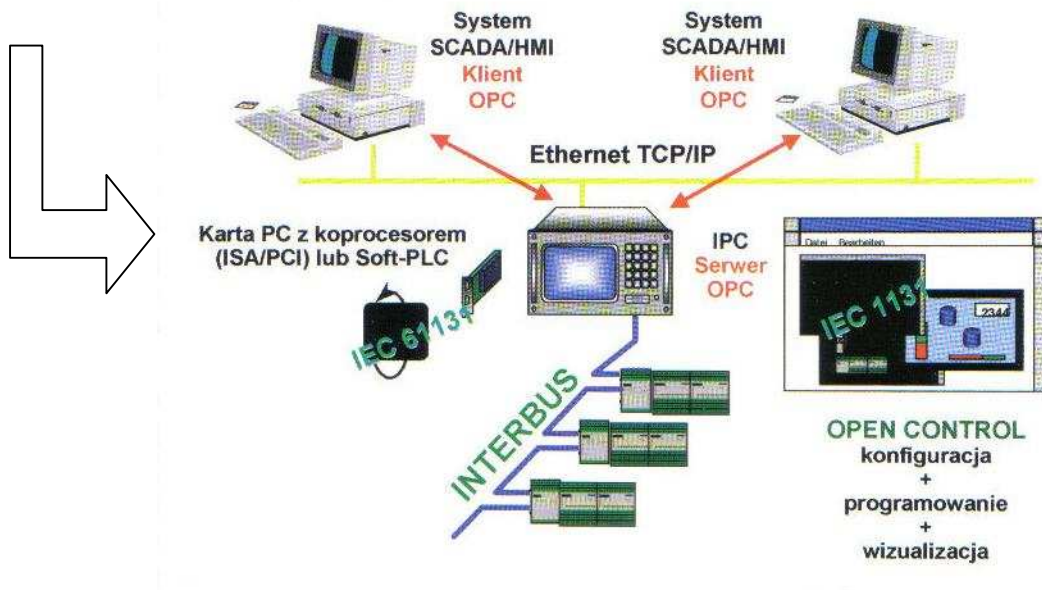
Remedium na prawa Murphy'ego „Jeśli coś się wydarza, to znaczy, że jest to możliwe. Zatem w walce między Tobą a światem stań po stronie świata”.

10. 4. Z innego punktu widzenia (Łukasz Gwóźdź)

Układ – to podstawowe pojęcie cybernetyki, myślowo wyodrębniony fragment rzeczywistości, rozważany jako transformator otrzymywanych bodźców na uzyskane reakcje.

W technice „układ” może mieć dwojakię znaczenie:

- 1) zespół współpracujących elementów, tworzących łącznie urządzenie techniczne, lub koncepcje techniczną, które spełniają określone zadania.
- 2) zbiór części zależnych od siebie funkcjonalnie, lecz nie tworzących odrębnej całości przy montażu wytworu (np. układ hydrauliczny obrabiarki, układ hamulcowy samochodu itp.).



RODZAJE UKŁADÓW TECHNICZNYCH

Ogólnie układy techniczne dzieli się na dwie jakościowo odrębne grupy:

- A. układy informacyjne** – związane z przesyłem i przetwarzaniem informacji (obrazów, dźwięków),
- B. układy transportowe (energetyczne)** – związane z przetwarzaniem i przesyłem masy i energii.

* **Układ materialny** – każdy układ techniczny (A lub B). Układ materialny może być:

- **deterministyczny**, tj. taki w którym wzajemne powiązania elementów można szczegółowo określić,
- **nieswobodny**, tj. taki, którego możliwości ruchu są ograniczone,
- **swobodny**, tj. taki, którego możliwości ruchu nie są ograniczane jakimikolwiek więzami,
- **zachowawczy**, tj. taki, którego suma energii potencjalnej i kinetycznej jest stała,
- **statycznie wyznaczalny**, tj. taki, którego możliwości ruchu nie są ograniczone jakimikolwiek więzami,
- **probabilistyczny**, tj. taki, w którym wzajemnych powiązań składników nie można dokładnie i szczegółowo ustalić, np. obiekt mechaniczny – otoczenie.

* **Układ konstrukcyjny** – wzajemne usytuowanie współpracujących elementów maszyny.

* **Układ adaptacyjny** – układ, w którym sposób działania zmienia się samoczynnie w zależności od warunków pracy.

* **Układ dynamiczny** – układ o własnościach opisywanych za pomocą równań różniczkowych.

* **Układ tolerancji i pasowań** - usystematyzowany zbiór pasowań otworów i wałków. przynależnych do układu tolerancji, bardzo istotny w zakresie konstruowania maszyn.

* **Układ kinematyczny** – układ mechanizmów służących do nadawania wymaganych ruchów elementom maszyny.

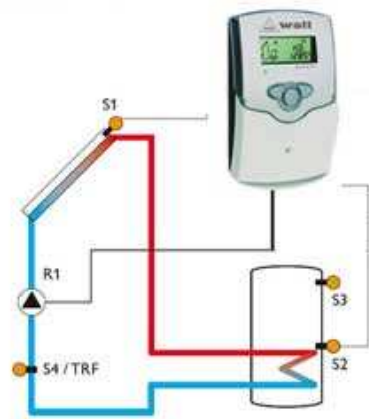
***Układ działania** – zespół złożony z łańcucha działania, realizującego dany cel, w skład którego wchodzi: obiekt działania i stanowisko działania. Na łańcuch ten działa określone zakłócenie $z(t)$.

***Układ regulacji** – zamknięty układ sterowania, ze sprzężeniem zwrotnym, który zapewnia samoczynnie wymaganą zmienność jednej lub kilku wielkości regulowanych. Działanie układu polega na utrzymywaniu równości między wielkością regulowaną $y(t)$, a jej wartością zadaną $y_o(t)$.

***Układ optymalny** – układ sterowania automatycznego, którego wyniki działania odniesione do norm w tzw. wskaźnikach jakości sterowania są najlepsze. W takim układzie na typ regulatora nie nakłada się ograniczeń. Układ, gdzie regulator ogranicza optymalność nazywa się **suboptymalnym**.

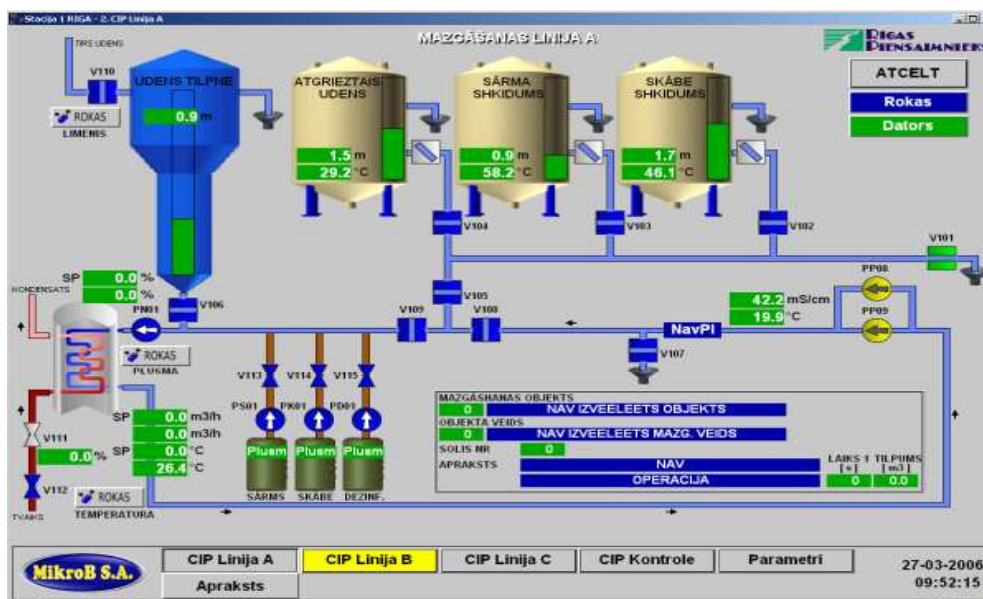
Układ elementarny – układ o prostej budowie, którego degeneracja na podukłady jest niecelowa. Do układów elementarnych zalicza się m.in. te, które wykonują podstawowe funkcje działania.

Przykład prostego układu elementarnego, umożliwiającego sterowanie kolektorem słonecznym



Układy złożone – systemy

Łącząc elementarne układy między sobą możemy tworzyć układy złożone nazywane **systemami**. Liczba sprzężonych układów może być tak duża, a rodzaj występujących między nimi sprzężeń tak skomplikowany, że opisanie systemu staje się niemożliwe. Korzystamy wówczas z podejścia (teorii) systemów.



System automatyki mleczarni jako przykład układu złożonego