

Politechnika Wrocławska
Wydział Informatyki i Telekomunikacji
Katedra Automatyki, Mechatroniki i Systemów Sterowania

Podstawy automatyzacji procesów technologicznych - wprowadzenie

Dr inż. Andrzej Jabłoński

Wrocław 2023

Plan wykładu

- Wprowadzenie podstawowych pojęć
- Sterowanie w kilku aspektach
- Sprzężenie zwrotne
- Struktury systemów automatyki

AUTOMATYZACJA



PRZEMYSŁU



KOMERCYJNA



BUDYNKÓW



Automatyka

Sterowanie

Informatyka

Cybernetyka

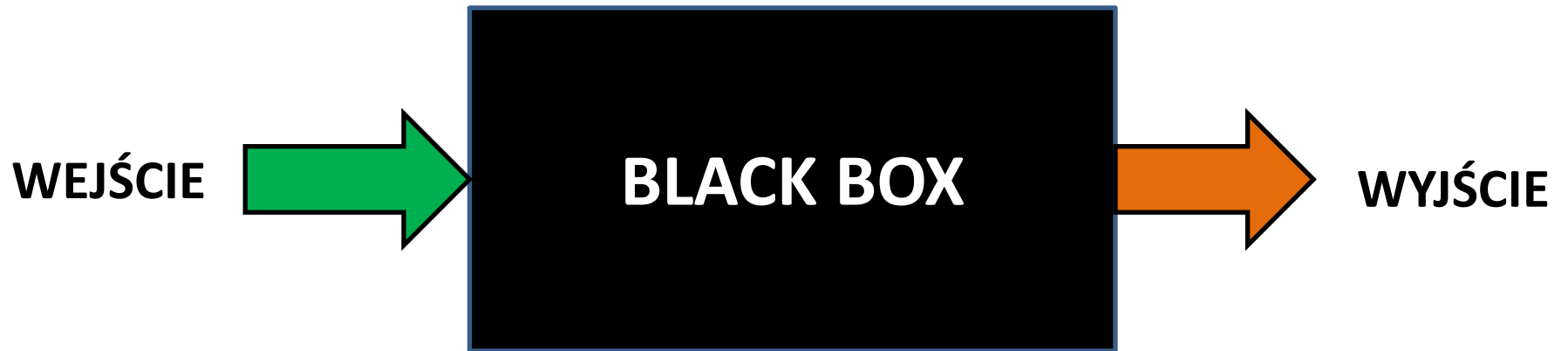
„(...) nauka o systemach sterowania oraz przekazywaniu i przekształcaniu informacji w tych systemach (...)”

Norbert Wiener - 1948

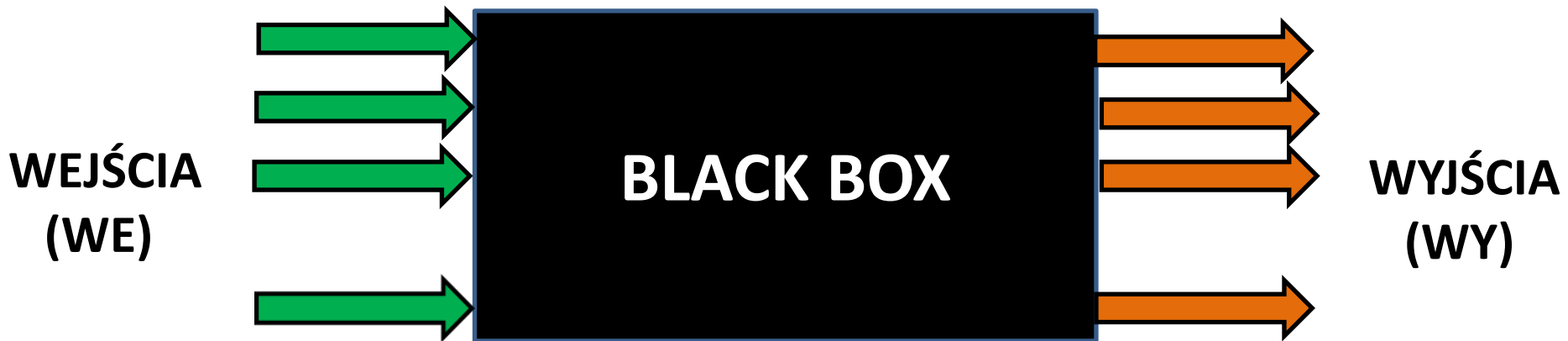
Obiekt – Proces technologiczny



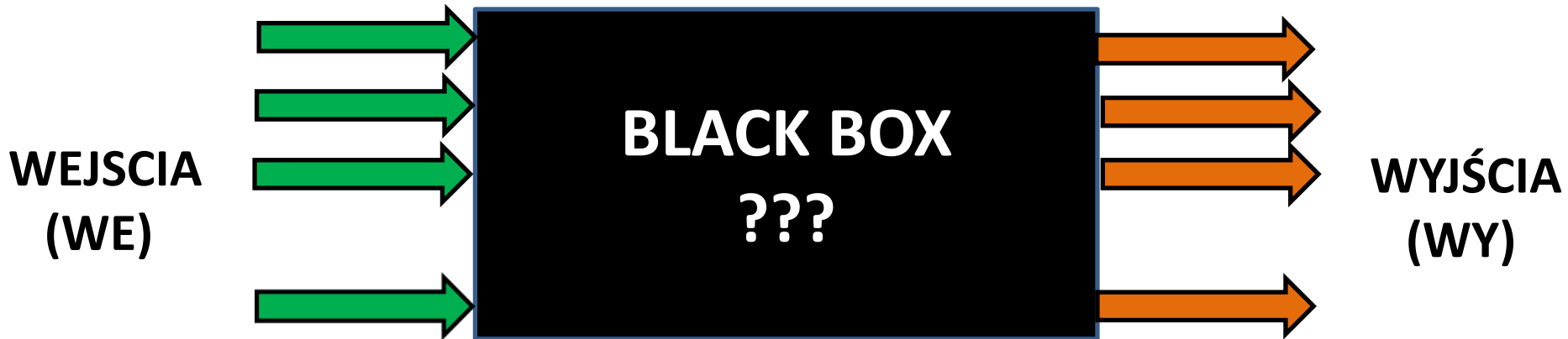
Pojęcie „BLACK BOX”



Pojęcie „BLACK BOX”



Pojęcie „BLACK BOX”

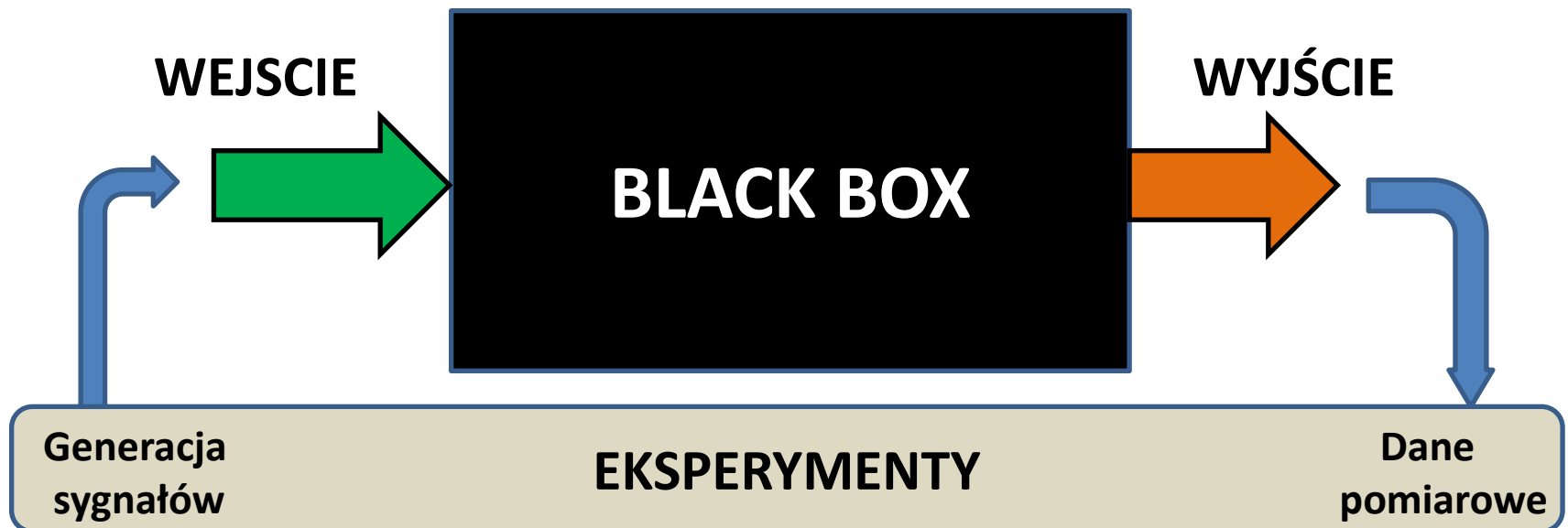


Poszukiwana funkcja: $WY = f (WE)$

IDENTYFIKACJA obiektu/procesu

Identyfikacja – to metodologia rozpoznawania właściwości statycznych i dynamicznych nieznanego obiektu/procesu technologicznego.

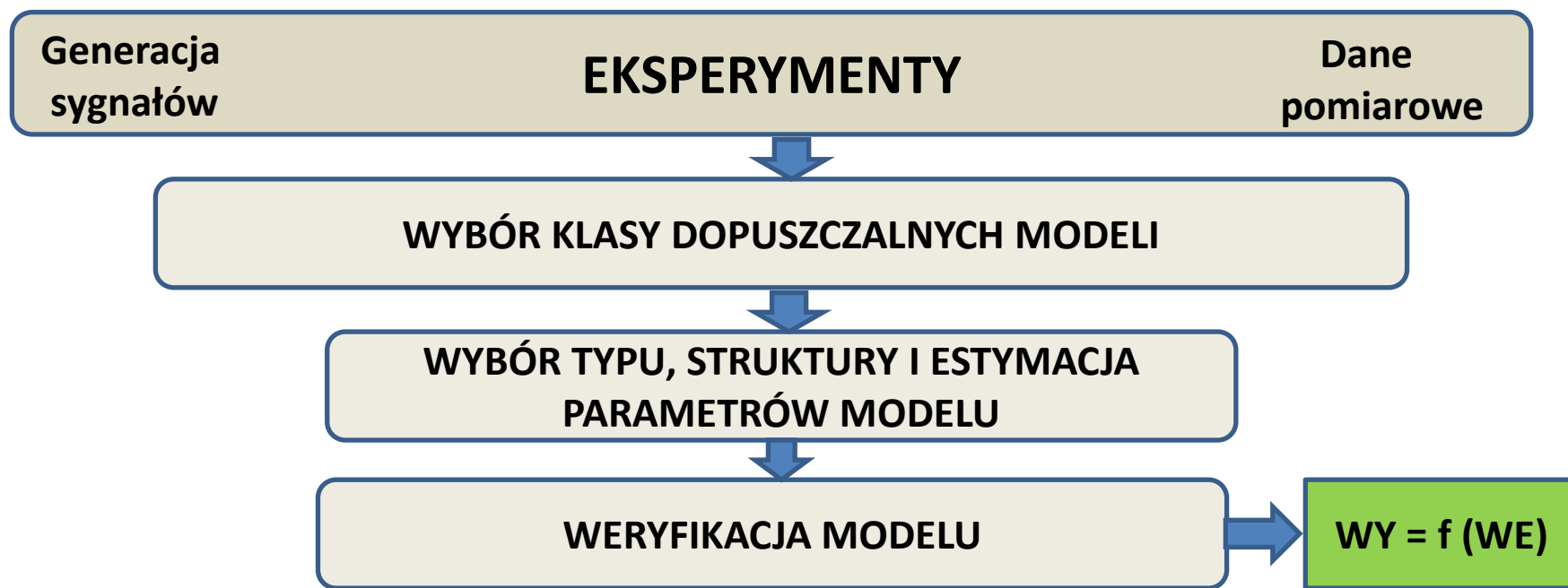
Identyfikacja – to poszukiwanie zależności między wejściem a wyjściem obiektu/procesu technologicznego na podstawie danych doświadczalnych i przeprowadzanych eksperymentów.



MODELOWANIE MATEMATYCZNE obiektu/układu/procesu

Modelowanie matematyczne – użycie formuł matematycznych do opisanego zachowania i właściwości obiektu/układu /procesu

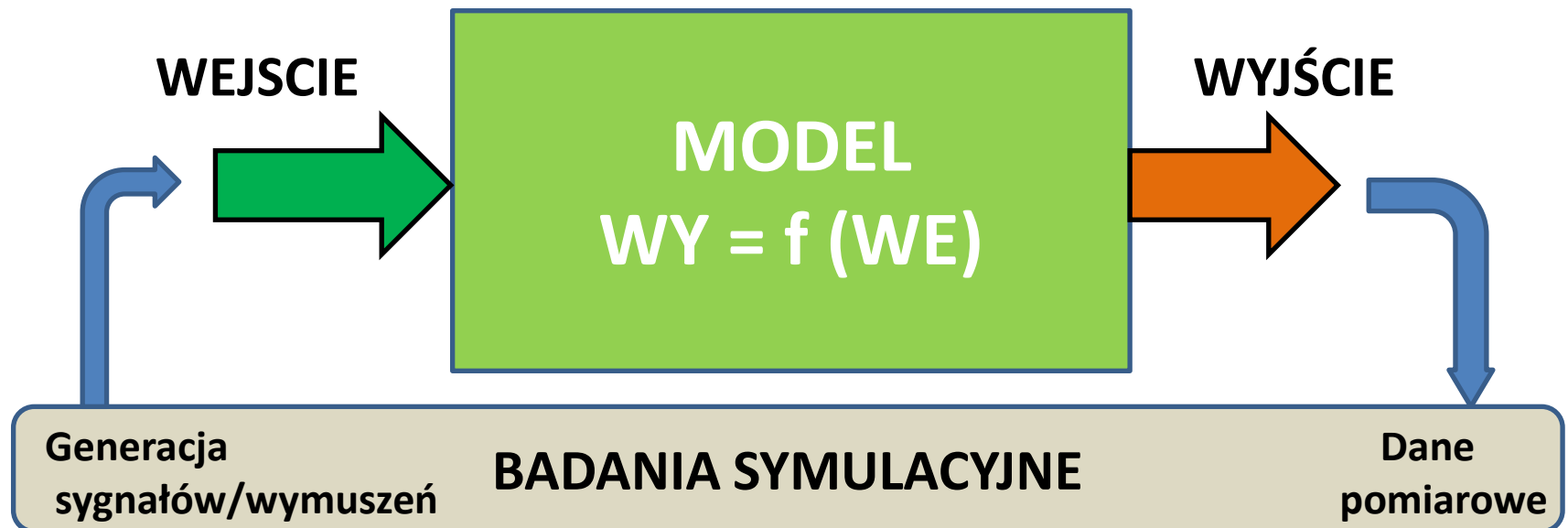
Model matematyczny - to grupa funkcji wiążących ze sobą różne zmienne i w ten sposób opisujących powiązania między wielkościami występującymi w obiekcie/układzie/procesie.



SYMULACJA obiektu/procesu

Symulacja – przybliżone odtwarzanie zjawisk czy reakcji jakiegoś obiektu za pomocą jego modelu.

Symulacja komputerowa – symulacja z wykorzystaniem modelu matematycznego, zapisanego w postaci programu komputerowego.



STEROWANIE

Sterowanie - to takie oddziaływanie na dany obiekt aby osiągnąć określony cel.



OPTYMALIZACJA

Optymalizacja - metoda wyznaczania najlepszego (optimalnego) rozwiązania z punktu widzenia określonego kryterium jakości (znalezienie ekstremum zadanej funkcji celu).

Optymalizacja – jednokryterialna

Optymalizacja – wielokryterialna – optymalne decyzje (sterowania) muszą być podejmowane przy istnieniu kompromisów między dwoma lub więcej sprzecznymi celami.

Sterowanie optymalne - poszukiwanie takiego sterowania dla danego procesu/układu, przy którym spełnione zostaną zdefiniowane kryteria optymalności (jakości).

Zadania dla automatyka (dziedziny nauki i praktyki)

AUTOMATYZACJA

IDENTYFIKACJA OBIEKTU / PROCESU

MODELOWANIE

SYMULACJA

STEROWANIE

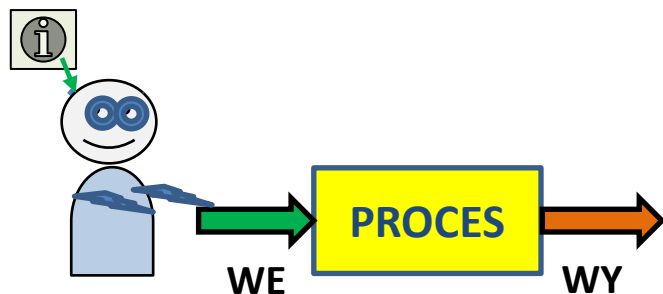
OPTYMALIZACJA



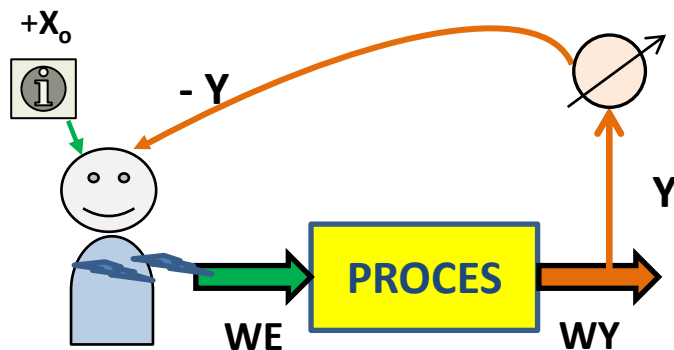
STEROWANIE - kategorie

UKŁAD OTWARTY

RĘCZNE

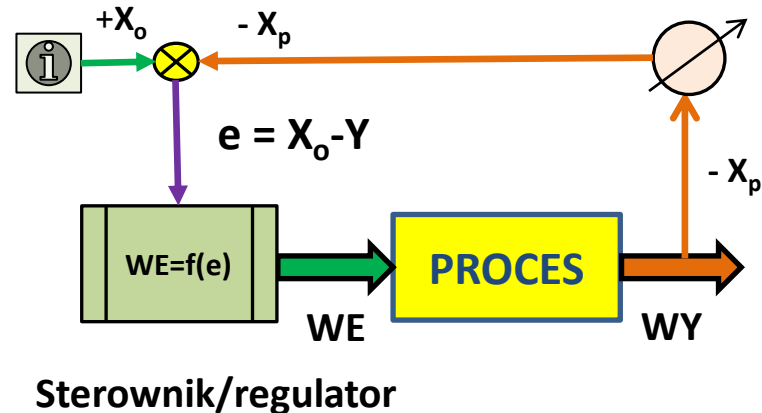
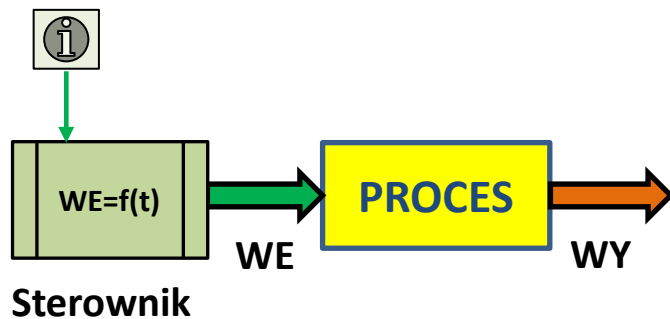


UKŁAD ZAMKNIĘTY – SPRZĘŻENIE ZWROTNE

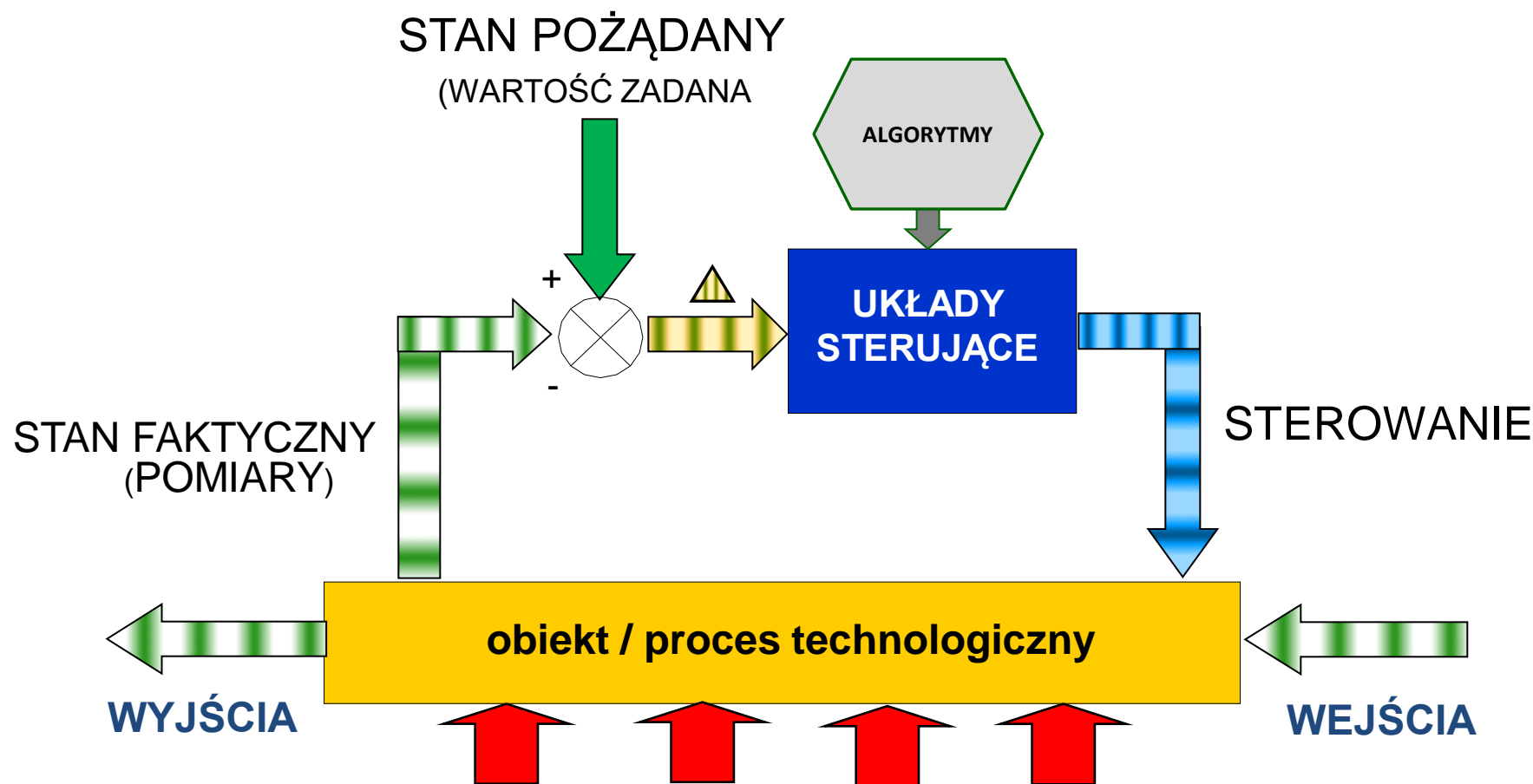


AUTOMATYCZNE

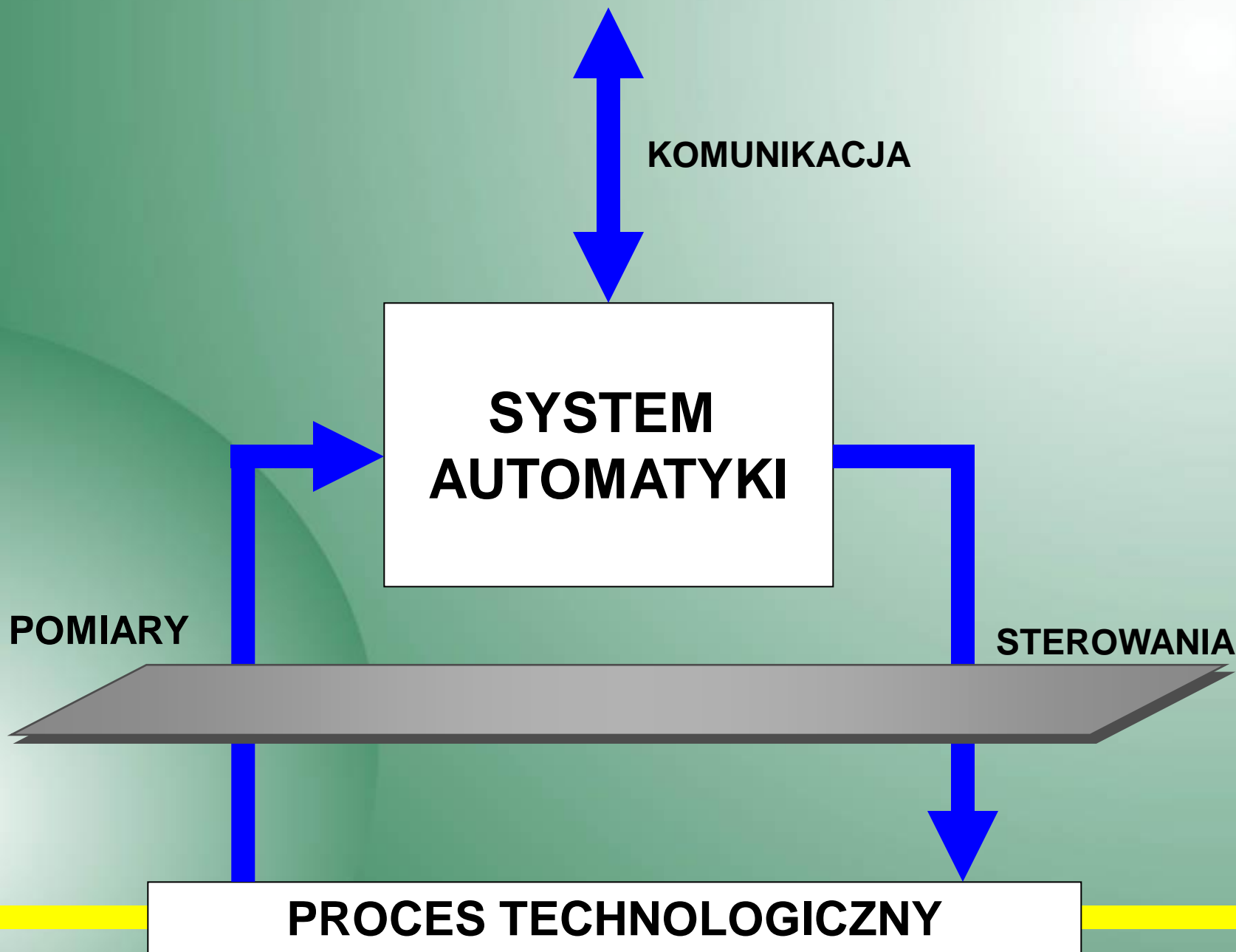
UKŁAD AUTOMATYCZNEJ REGULACJI



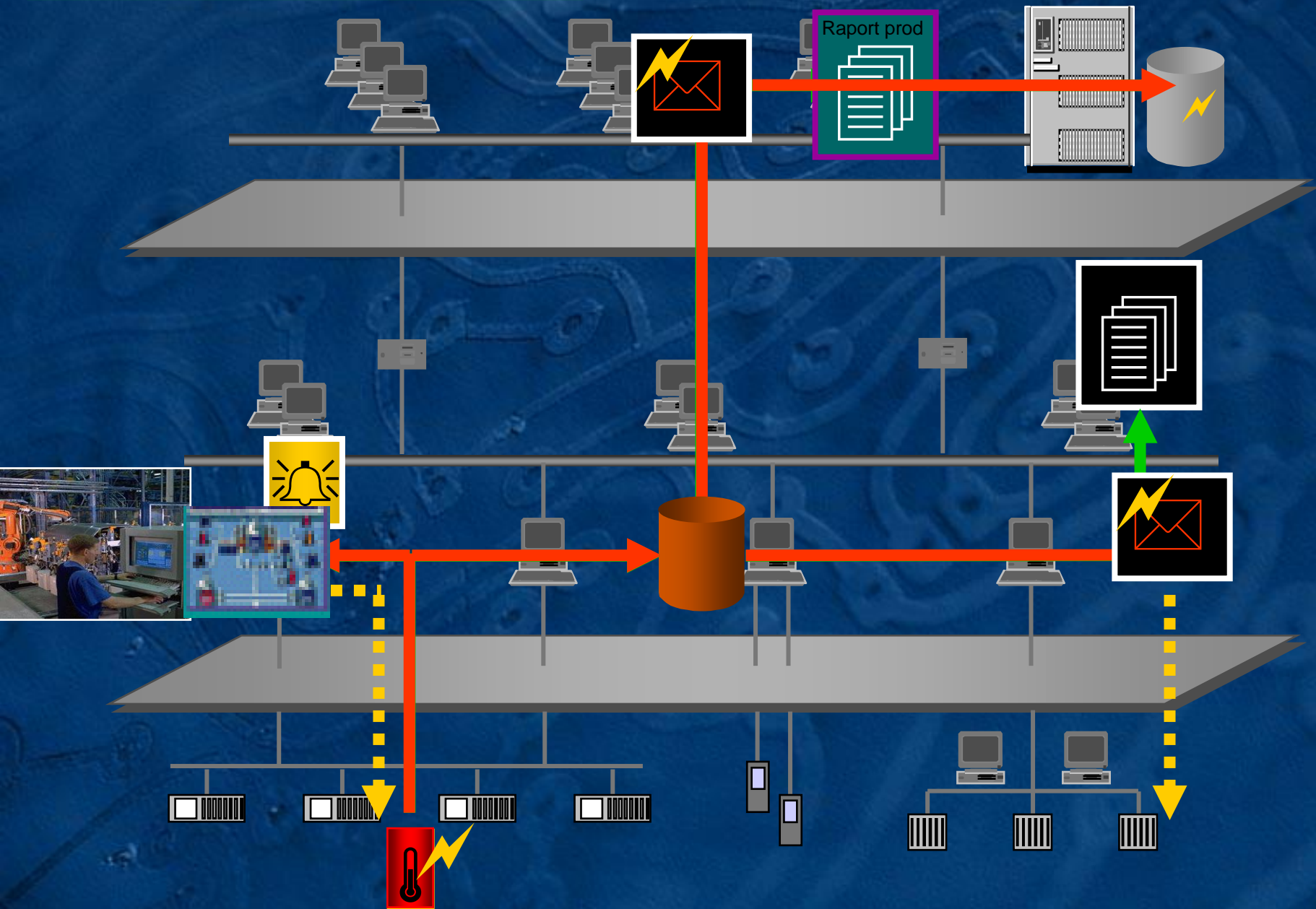
Sprzężenie zwrotne -ujemne



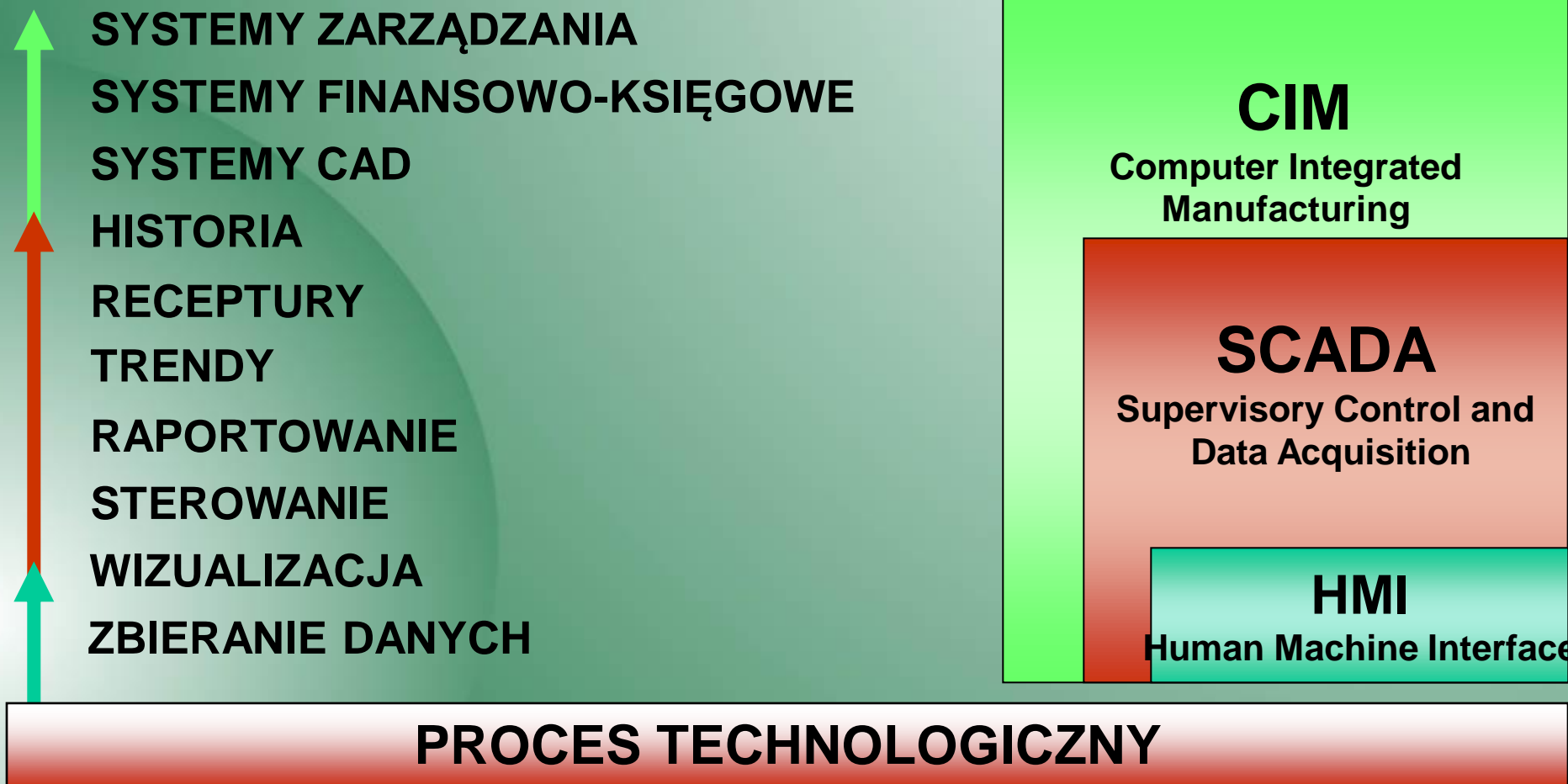
Zakłócenia



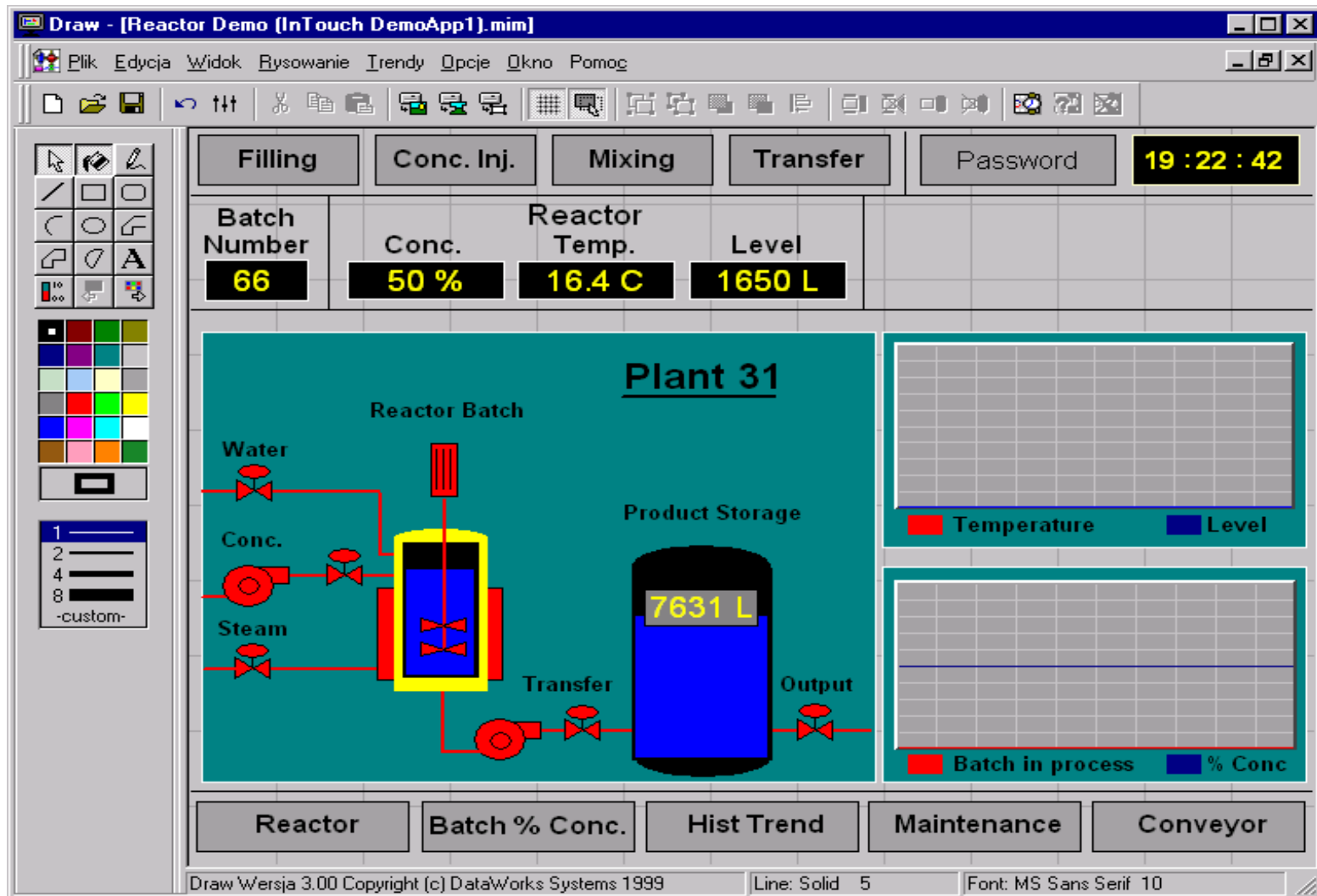
Rangowanie zdarzeń i planowane zdarzenia



Systemy zbierania danych, wizualizacji, sterowania i raportowania



Wizualizacja procesów



Powrót

T 53.3 °C
P 0.368 MPa

Temp. zewnętrzna
T 17.3 °C

Dyspozycja
P 0.392 MPa

MIASTO

T 70.7 °C
P 0.760 MPa
F 151.2 m³/h

M 2.98 MW

UKŁADY WODNE ciepłowni

Komunikacja OK

Odgazowanie

T 0.0 °C

T 0.0 °C
P 0.000 MPa

T 0.0 °C
H 0.0 cm

Pompy uzupełniające

PU1

A

PU2

Pompy stabilizujące

PS1

PS2

A

Pompy obiegowe

PSL1

PSL2

PS1

PS2

PS3

PS4

R

A

P 0.745 MPa

P 0.353 MPa

Odmulacz

Woda

PS1-4

PSL1-2

PU1-2

PS1-2

PK1 i ZK1

PK2 i ZK2

PK3 i ZK3

PK4 i ZK4

PK5 i ZK5

PK6 i ZK6

PKR

Alarmy

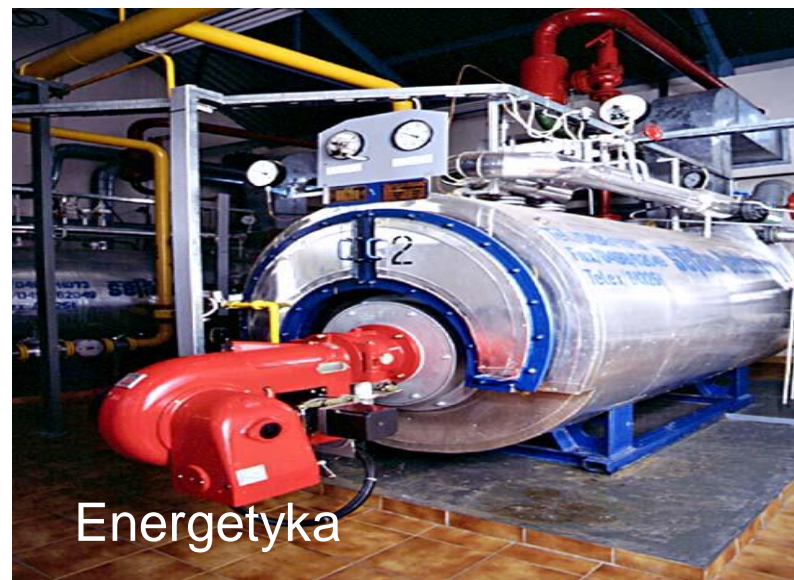
Histogramy



18:17:33
2003-10-02

Legenda

Automatyzowane procesy technologiczne



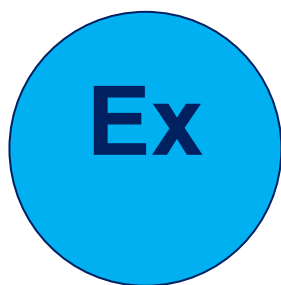


Sterowanie odwiertami



Automatyczne linie produkcyjne

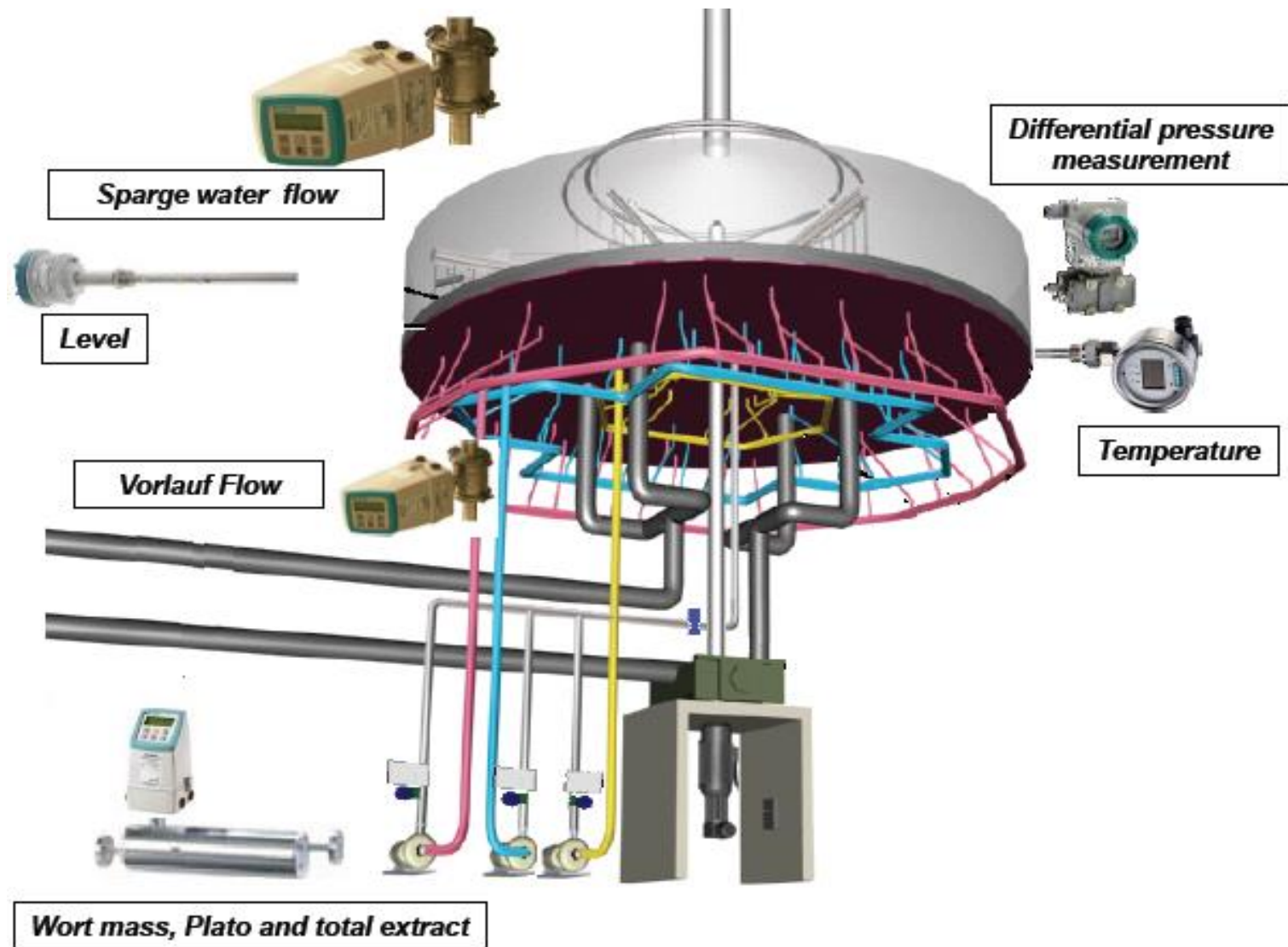
Automatyzacja procesów zagrożonych wybuchem



Radar pomiarowy
ciśnienia
zainstalowany na
zbiorniku z gazem



Automatyzacja przemysłu spożywczego np. browary



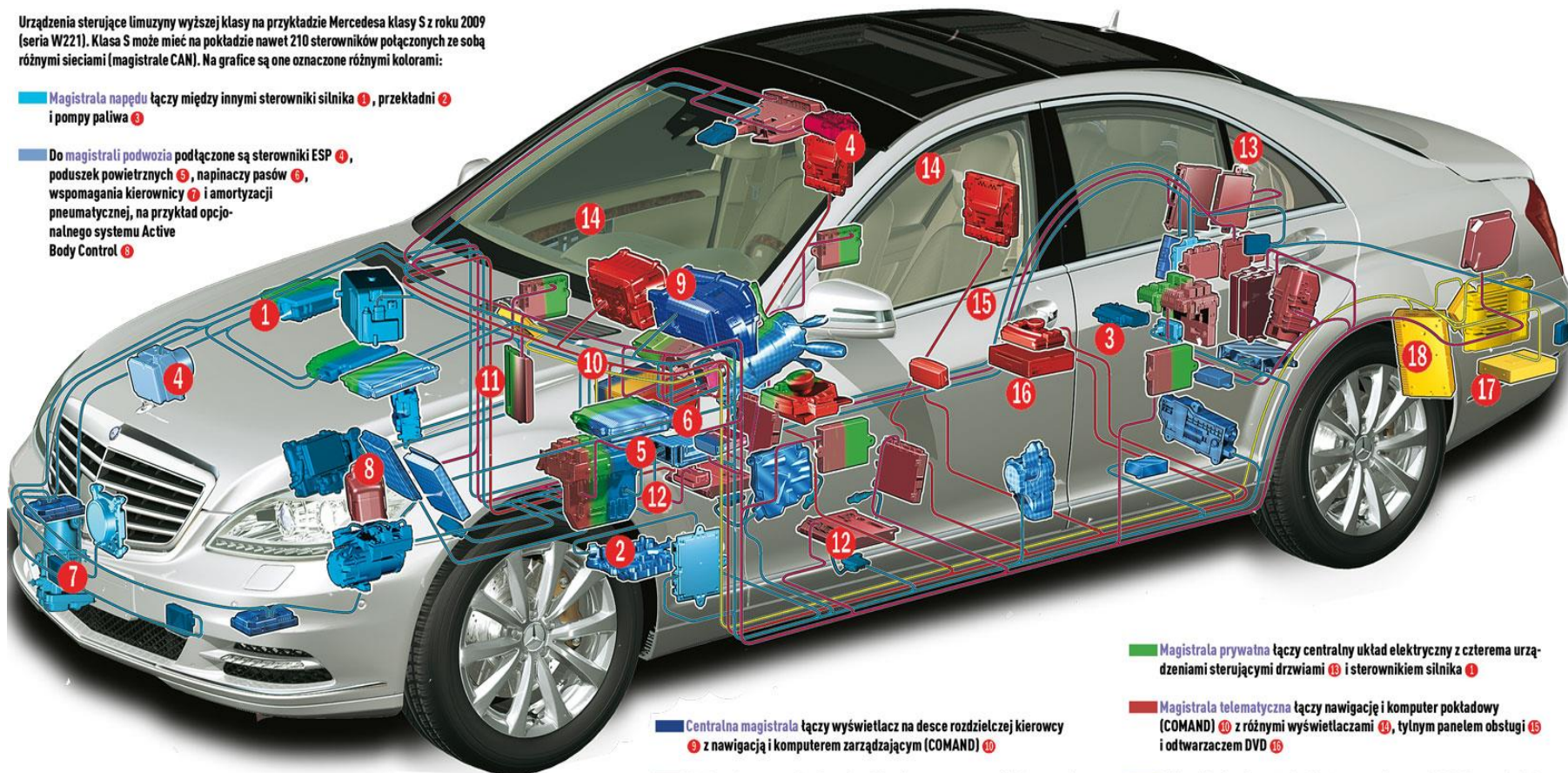
Zbiornik zacierny w warzelni

Komputerowe sieci sterowania w motoryzacji

Urządzenia sterujące limuzyny wyższej klasy na przykładzie Mercedesa klasy S z roku 2009 (seria W221). Klasa S może mieć na pokładzie nawet 210 sterowników połączonych ze sobą różnymi sieciami (magistralami CAN). Na grafice są one oznaczone różnymi kolorami:

Magistrala napędu łączy między innymi sterowniki silnika ①, przekładni ② i pompy paliwa ③

Do magistrali podwozia podłączone są sterowniki ESP ④, poduszek powietrznych ⑤, napinaczy pasów ⑥, wspomagania kierownicy ⑦ i amortyzacji pneumatycznej, na przykład opcjonalnego systemu Active Body Control ⑧



Centralna magistrala łączy wyświetlacz na desce rozdzielczej kierowcy ⑨ z nawigacją i komputerem zarządzającym (COMAND) ⑩

Magistrala wnętrza: do tej magistrali podłączone są na przykład sterowniki automatycznej klimatyzacji ⑪, siłowników foteli ⑫ i – o ile jest – sterownik bezkluczykowego systemu zapłonowego (Keyless Go)

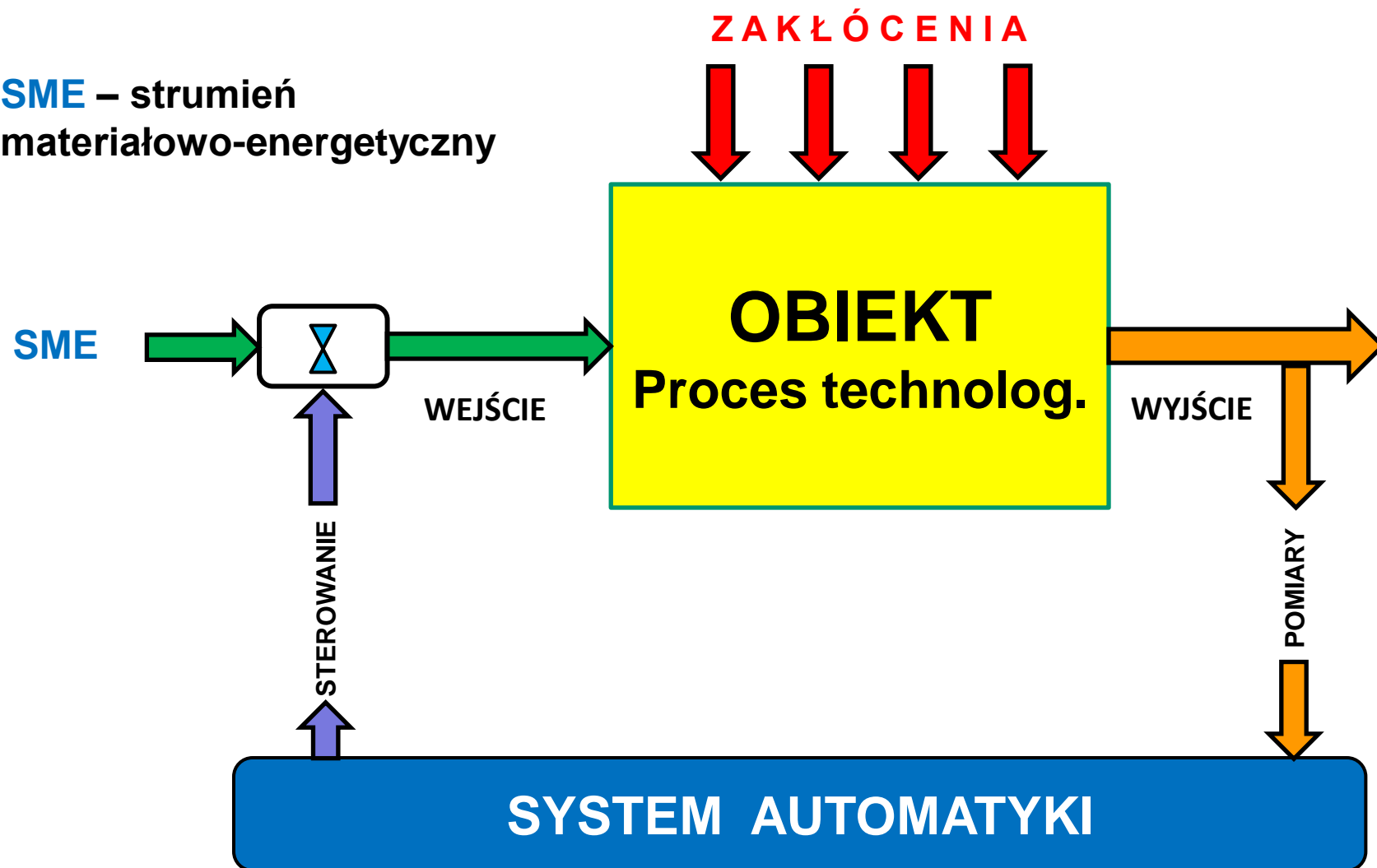
Magistrala prywatna łączy centralny układ elektryczny z czterema urządzeniami sterującymi drzwiami ⑬ i sterownikiem silnika ⑭

Magistrala telematyczna łączy nawigację i komputer pokładowy (COMAND) ⑩ z różnymi wyświetlaczami ⑬, tylnym panelem obsługi ⑮ i odtwarzaczem DVD ⑯

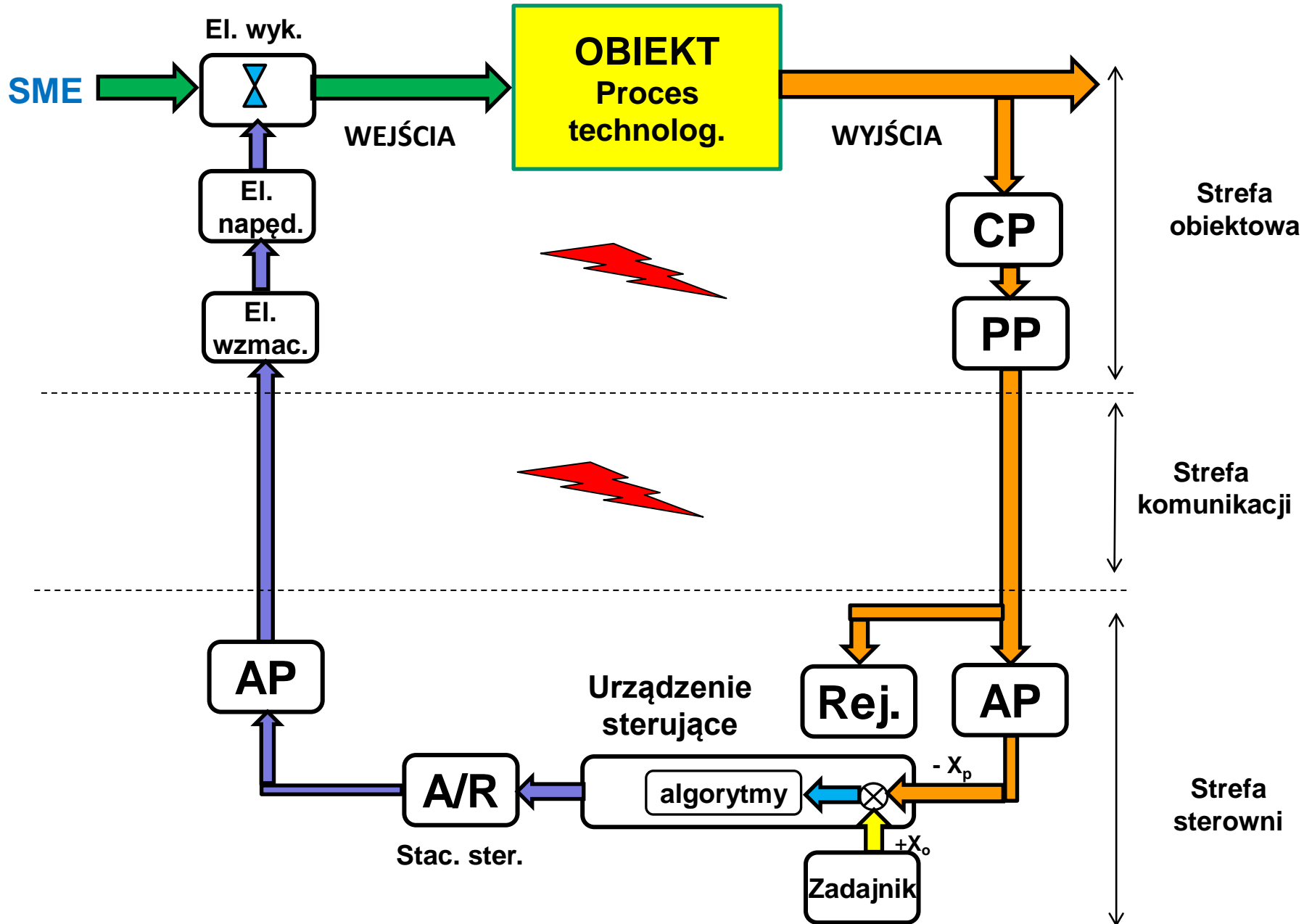
Odbiornik telewizora ⑰ i radia ⑱ przez tak zwany MOST-Ring są dodatkowo połączone z komputerem pokładowym. MOST to specjalna sieć do cyfrowej transmisji danych audio i wideo

ASPEKTY TECHNICZNE STEROWANIA

SME – strumień
materiałowo-energetyczny



Ogólna struktura systemu automatyki i przesyłania sygnałów



Bloki funkcjonalne w systemach automatyki



Czujniki pomiarowe

- Temperatura
- Różnica temperatur
- Ciśnienie
- Przepływ
- Siła
- Prędkość
- Położenie katowe
- Poziom
- Stężenie
- Inne.....

- Siła elektromotoryczna
- Natężenie prądu elektr.
- Rezystancja
- Przesunięcie
- Impulsy
- Różnica ciśnień
- Natężenie pola magnet.
- Ciśnienie
- Inne....

Bloki funkcjonalne w systemach automatyki



Przetworniki pomiarowe

- Siła elektromotoryczna
- Natężenie prądu elektr.
- Rezystancja
- Przesunięcie
- Impulsy
- Różnica ciśnień
- Natężenie pola magnet.
- Ciśnienie
- Inne....

- Elektryczny (U, I)
- Pneumatyczny (p)
- Hydrauliczny (p)
- Optyczny
- Elektromagnetyczny

Bloki funkcjonalne w systemach automatyki

Urządzenie pomiarowe



**Wielkość
przetworzona
pośrednicząca**

- Temperatura
- Różnica temperatur
- Ciśnienie
- Przepływ
- Siła
- Prędkość
- Położenie kątowe
- Poziom
- Stężenie
- Inne.....

- Siła elektromotoryczna
- Natężenie prądu elektr.
- Rezystancja
- Przesunięcie
- Impulsy
- Różnica ciśnień
- Natężenie pola magnet.
- Ciśnienie
- Inne....

- Elektryczny (U, I)
- Pneumatyczny (p)
- Hydrauliczny (p)
- Optyczny
- Elektromagnetyczny

Popularne elektryczne sygnały standardowe w analogowej transmisji informacji

**Sygnał standardowy:
zakres zmienności 0% - 100% przyjętego nośnika informacji np.:**

Standardowy sygnał napięciowy DC (U): 0–10V; 0-5V

Standardowy sygnał prądowy DC (I):

- **z prawdziwym zerem (*true/dead zero*): 0–20mA; 0–50mA; 0-10mA**
- **z żywym zerem (*live zero*): 4–20 mA; 10–50mA; 2-10mA**

(DC – prąd stały)

Mierzona wielkość fizyczna procesu



NADAJNIK



Strefa
obiektowa



U_{nad}

U jako sygnał informacyjny
np. 0 – 10V

$U_{odb} \neq U_{nad}$

R_p



U_{Rp}



R_p

I

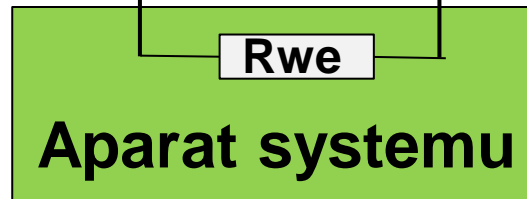
Strefa
komunikacji



U_{odb}

$$U_{odb} = U_{nad} - 2U_{Rp}$$

ODBIORNIK



Strefa
sterowni

Przetworzony pomiar do dalszej obróbki

Mierzona wielkość fizyczna procesu



NADAJNIK



Strefa
obiektowa



I jako sygnał informacyjny
np. 0 – 20mA

$$I_{odb} = I_{nad}$$

R_p



U_{Rp}



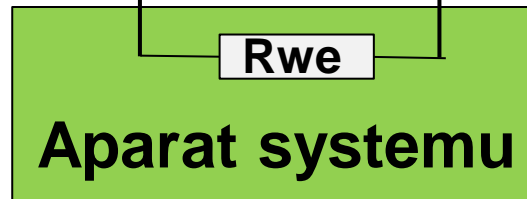
R_p

Strefa
komunikacji



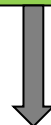
Uwaga na R_{we} : 0 do R_{max}
np. 500om dla prądu 0/4-20mA

ODBIORNIK



Strefa
sterowni

Przetworzony pomiar do dalszej obróbki



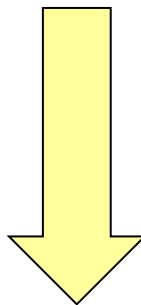
Zalety sygnału prądowego jako standardowego sygnału informacyjnego (przesyłowego)

np. 0 – 20 mA, 4 – 20 mA, 0 – 50 mA, 10 -50 mA (historycznie 0 – 5mA)

- Brak przekłamania informacji między nadajnikiem, a odbiornikiem (natężenie prądu nadajnika i odbiornika jest takie same).**
- Znaczna odporność na zakłócenia radioelektryczne (ze względu na niską oporność wejściową odbiornika).**
- Predyspozycja do zastosowań w strefach zagrożonych wybuchem (Ex)**
 - naturalne ograniczenie energii sygnału przesyłowego,
 - autodiagnostyka linii przesyłowych (żywe zero, np. 4-20mA),
 - możliwość zasilania przetworników w strefie wybuchowej (przetworniki dwuprzewodowe).

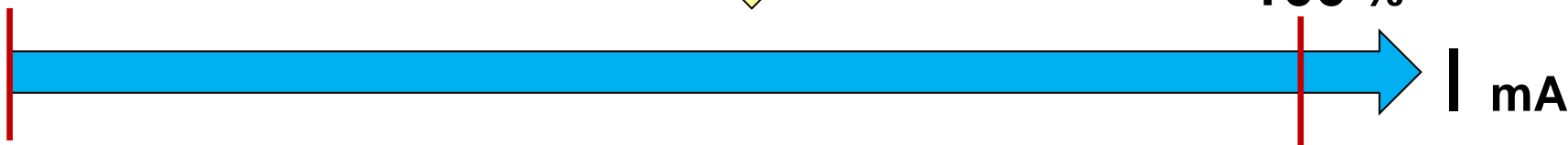
Sygnał prądowy z „prawdziwym” zerem

Sygnał zawierający informację



0 %

100 %



$I_{\min} = 0 \text{ mA}$

I_{\max}

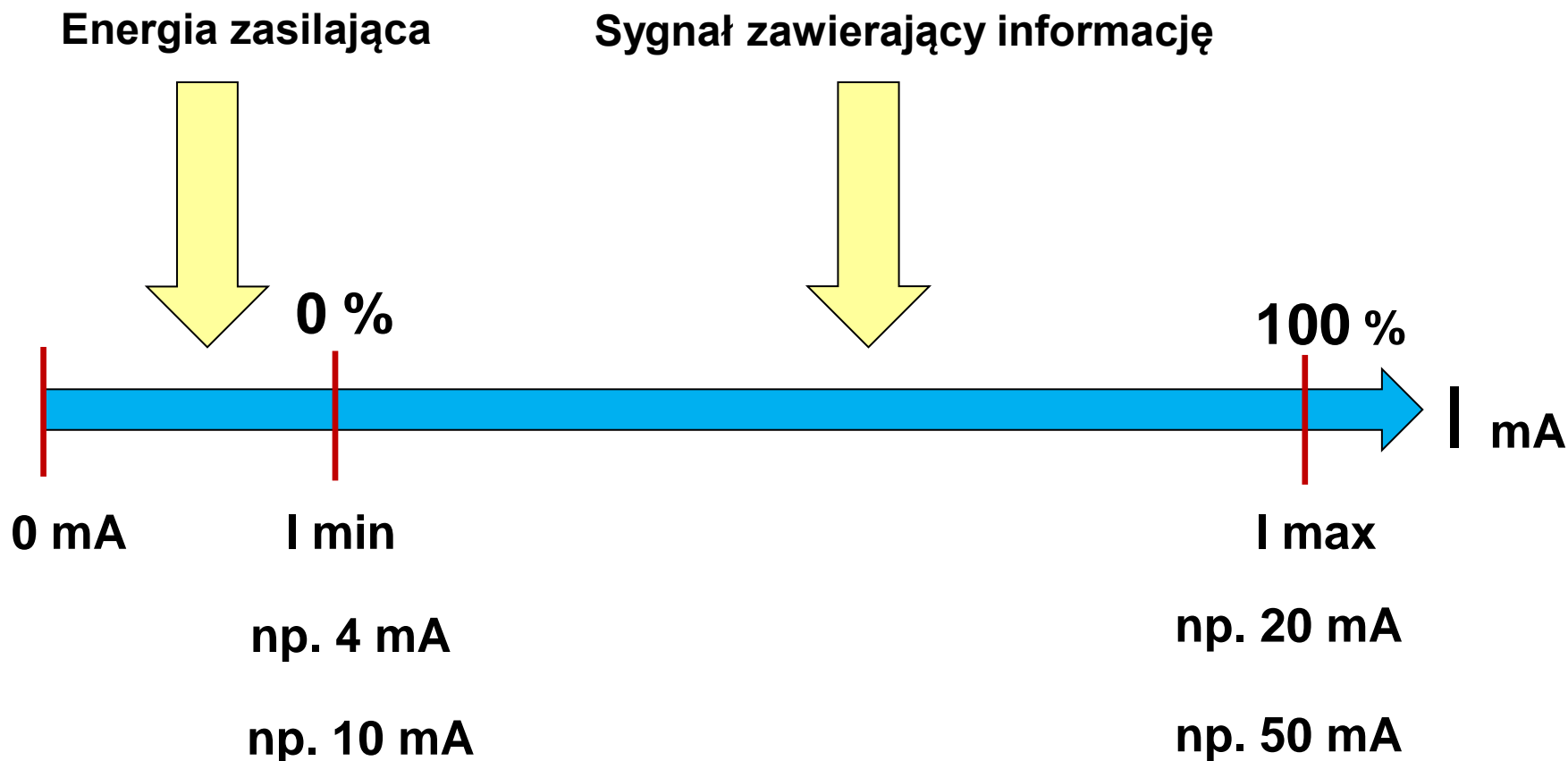
np. 0 mA

np. 20 mA

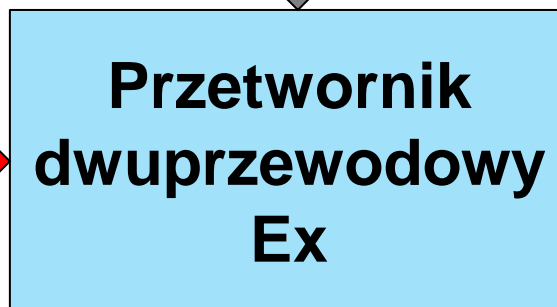
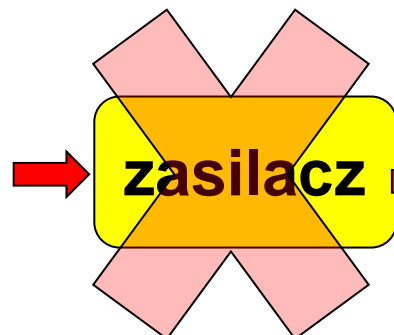
np. 0 mA

np. 50 mA

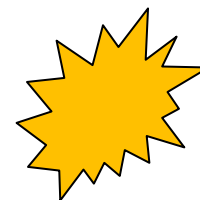
Sygnał prądowy z „żywym” zerem



Mierzona wielkość fizyczna procesu



Strefa
wybuchowa-



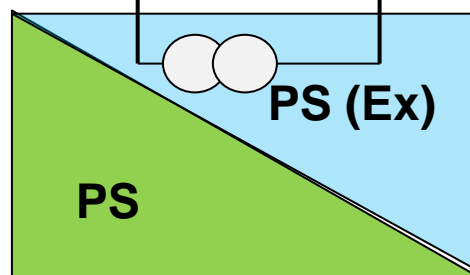
Strefa
obiektowa

4 – 20 mA

Strefa
wybuchowa-



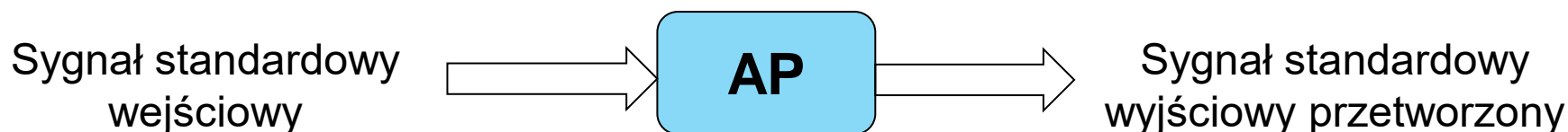
Strefa
komunikacji



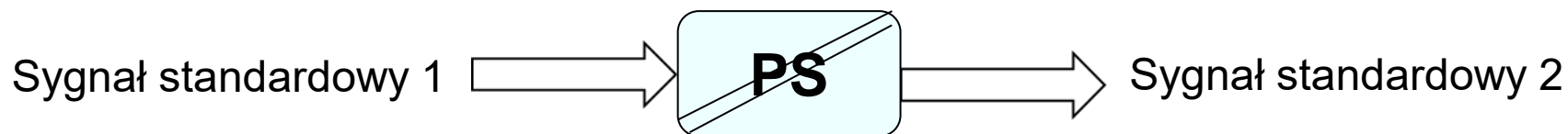
Strefa
sterowni

Przetworzony pomiar do dalszej obróbki

Bloki funkcjonalne w systemach automatyki

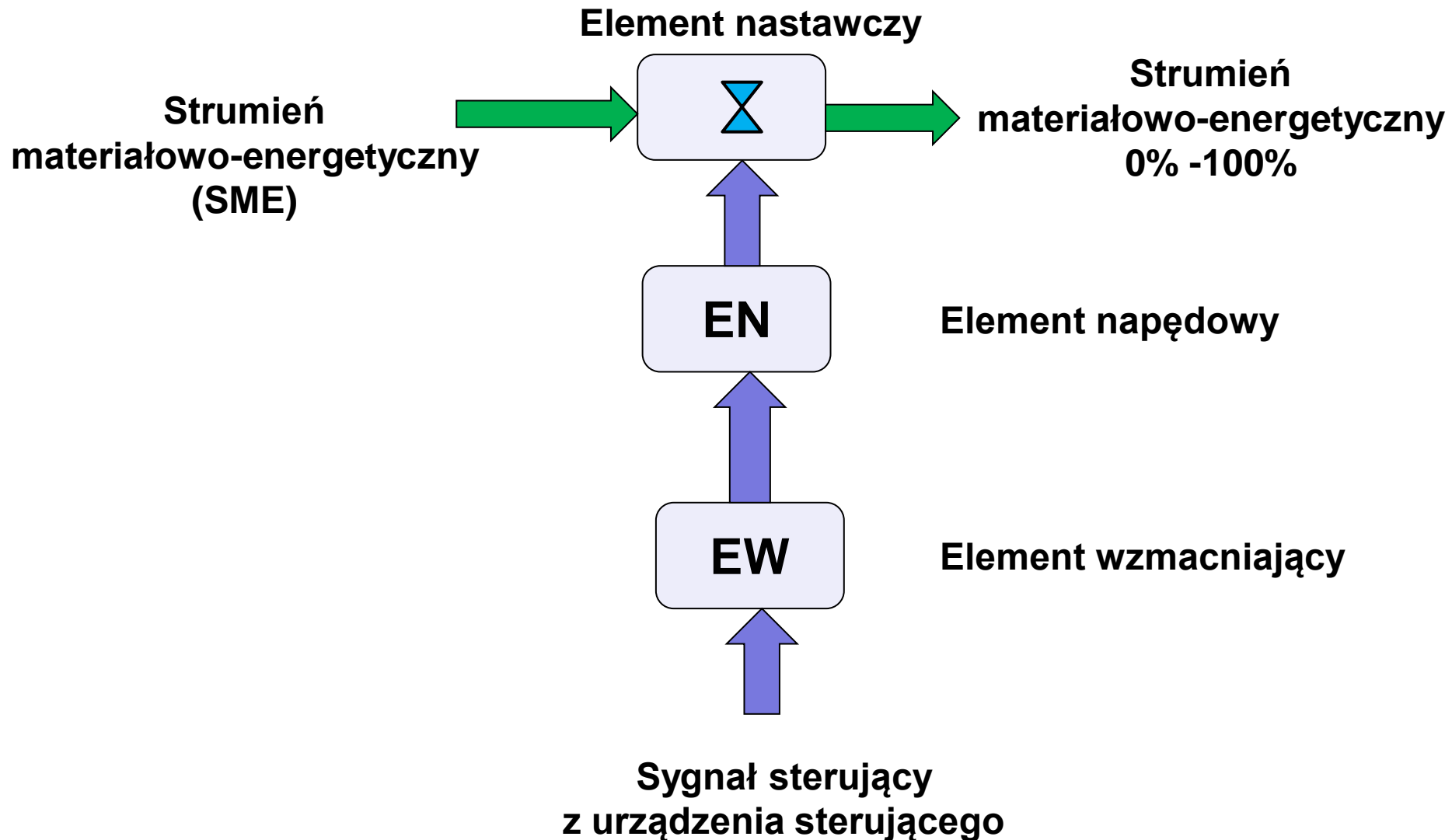


Aparaty lub algorytmy przetwarzające:
bloki matematyczne, wybierak ekstremum,
ogranicznik sygnału, rozdzielacz sygnału,
przetworniki sygnałowe, separator galwaniczny

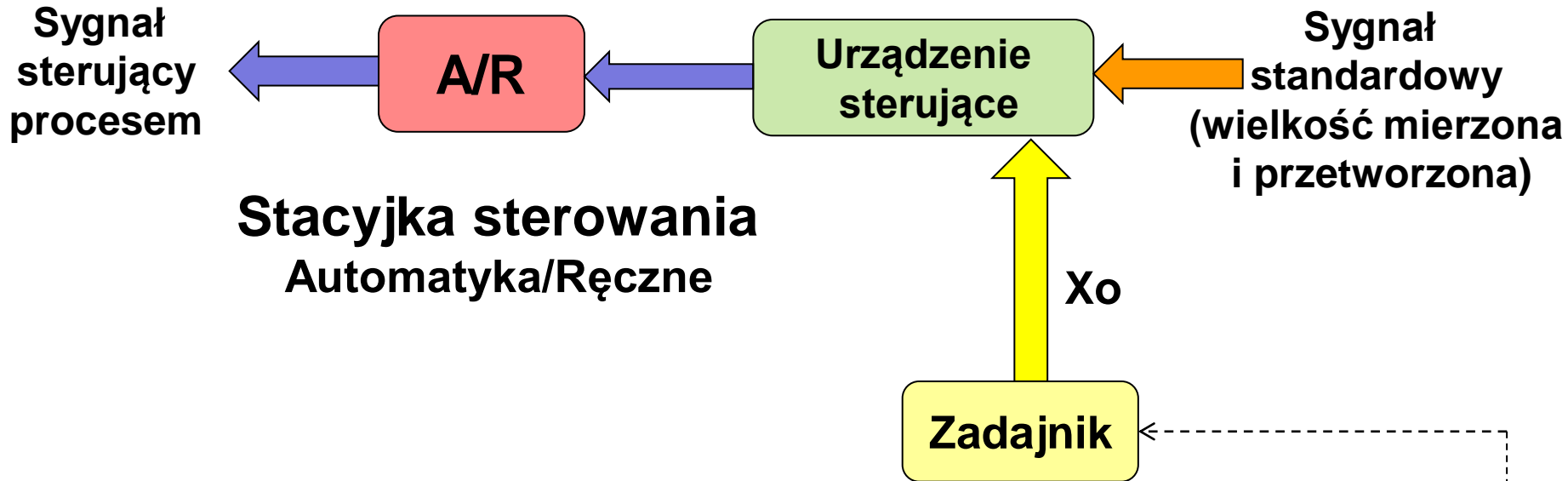


Przetworniki sygnałowe

Bloki funkcjonalne w systemach automatyki



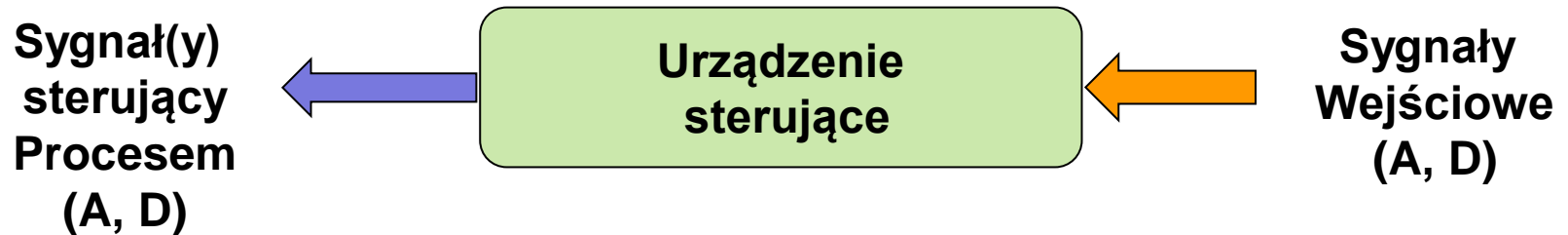
Bloki funkcjonalne w systemach automatyki



Wartość zadana X_o :

- $X_o = \text{const.}$
- $X_o = f(t)$
- $X_o = f(\text{zmienne procesowe})$

Bloki funkcjonalne w systemach automatyki



REGULATORY:

- ciągłe
- dyskretne
- dwupołożeniowe
- trójpołożeniowe
- krokowe
- Impulsowe
- analogowe
- cyfrowe

STEROWNIKI:

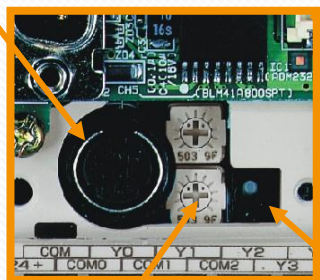
- dedykowane
- czasowe
- PLC – swobodnie programowane

A – sygnał analogowy (ciągły)
D - sygnał dyskretny (cyfrowy)

Sterowniki PLC

- Złącze modułu komunikacyjnego

- Złącze programujące



- Dwa potencjometry

- Przełącznik RUN/STOP



- Zaciski zasilania
- Zaciski wejściowe

- Panel FX1N-5DM

- Zaciski wyjściowe
- Wyjście 24 V DC

Sterownik kompaktowy MITSUBISHI FX1S

Sterowniki PLC

- Panel LOGO 230RC



- Zaciski zasilania
- Zaciski wejściowe

- Złącze modułów rozszerzających

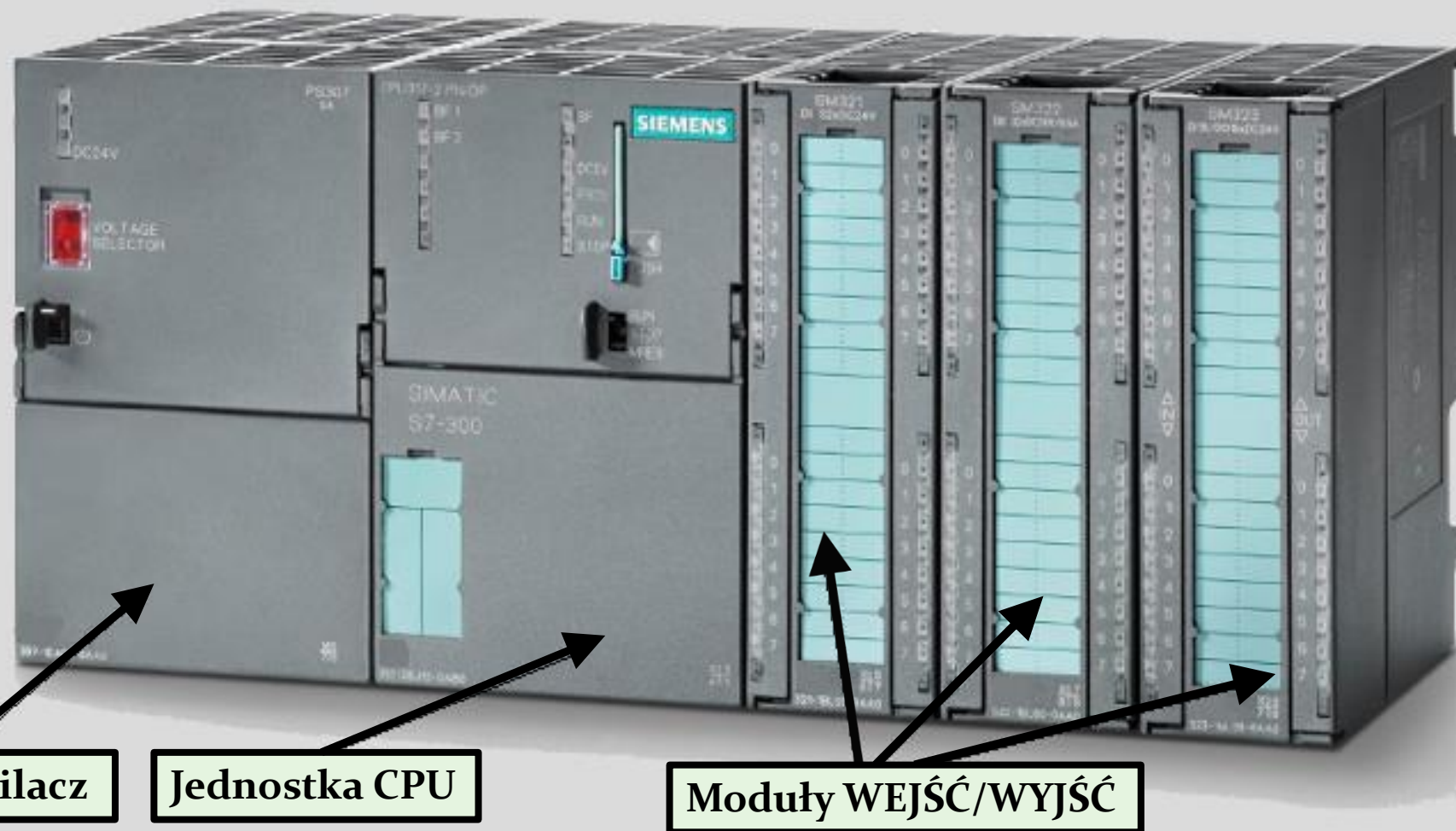
- Złącze programujące

- Zaciski wyjściowe
- Wyjście 24 V DC

- Przełącznik RUN/STOP

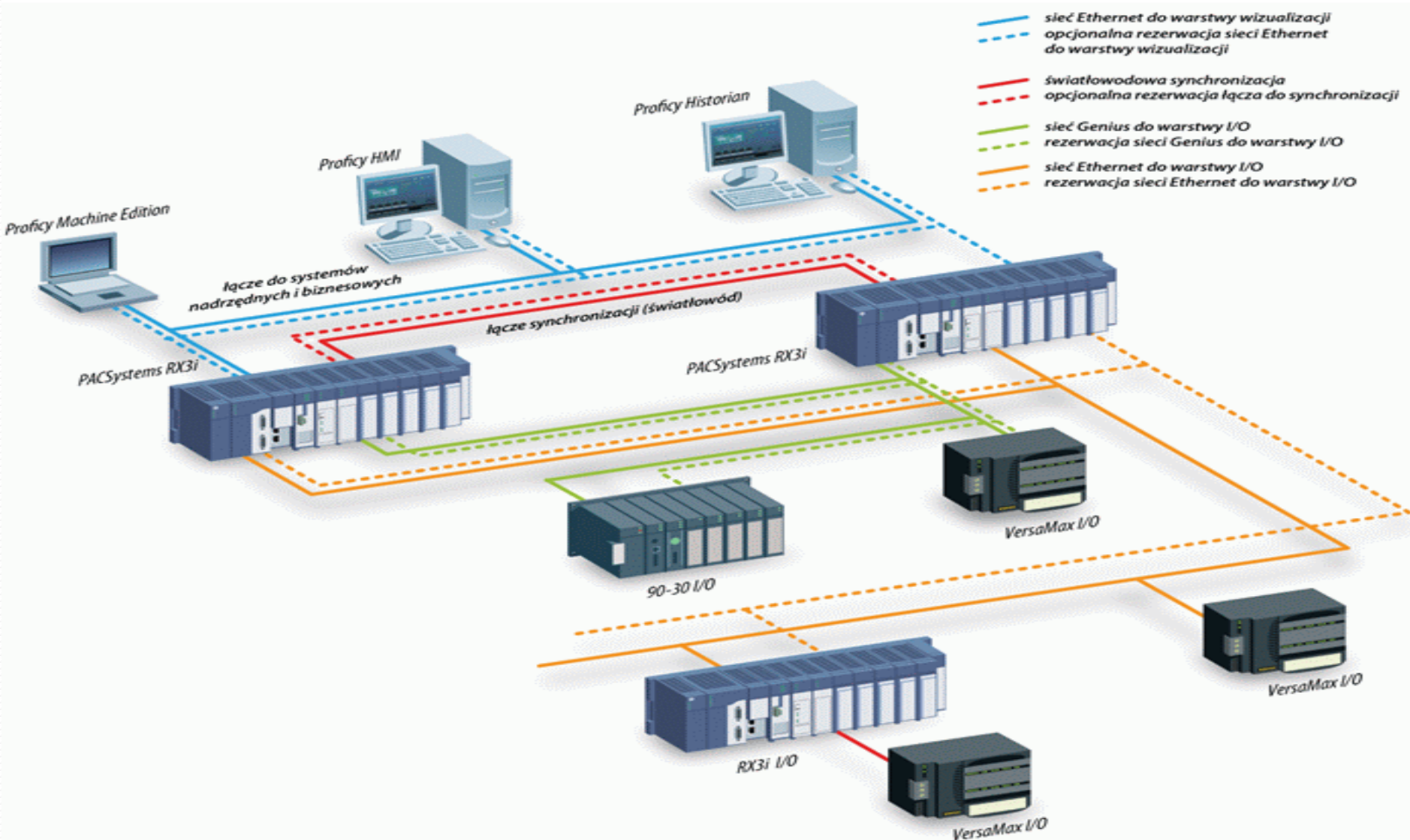
Sterownik kompaktowy Siemens LOGO!

Sterowniki PLC



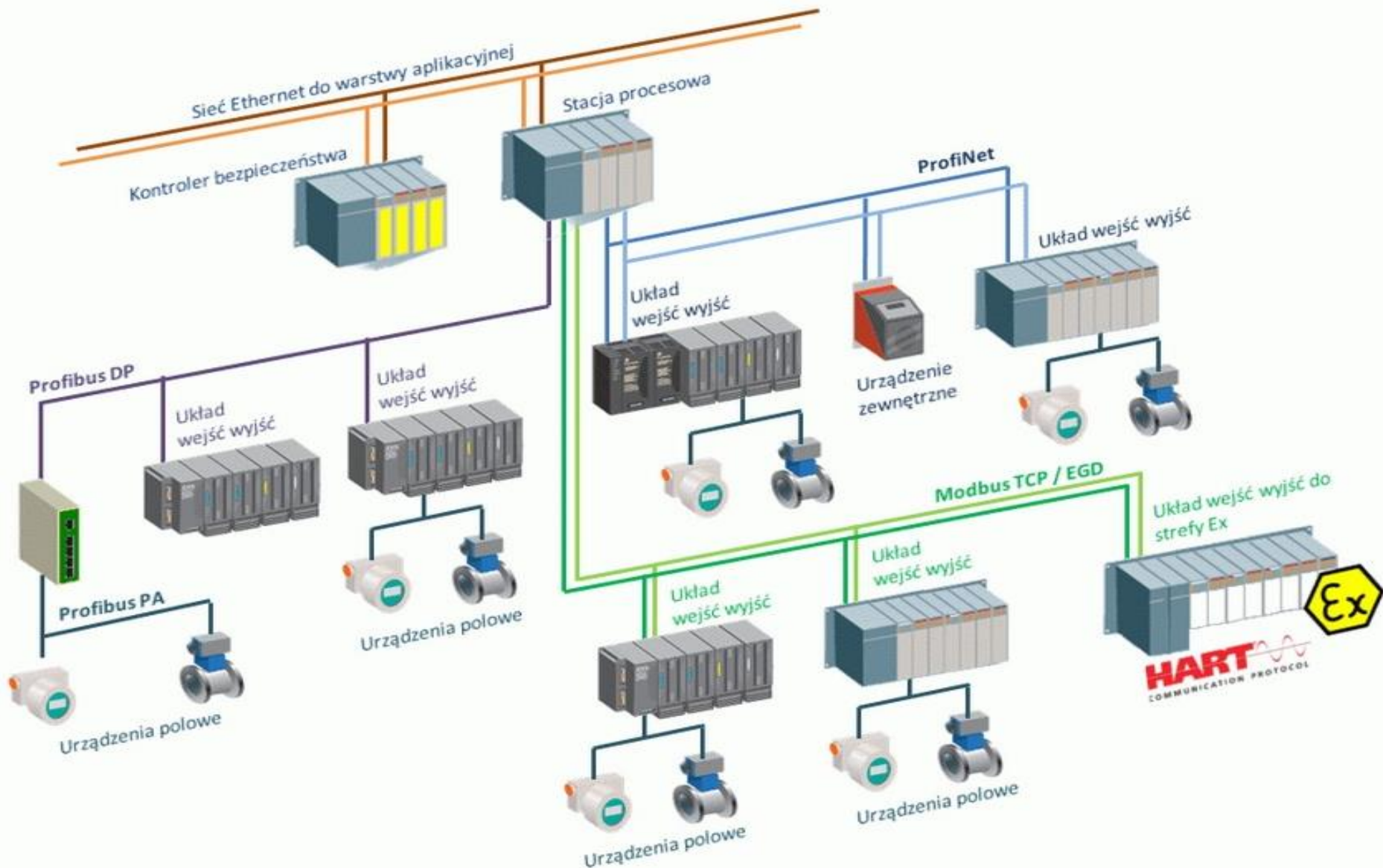
Sterownik modułowy Siemens Simatic S7-300

Kontroler PAC - komunikacja



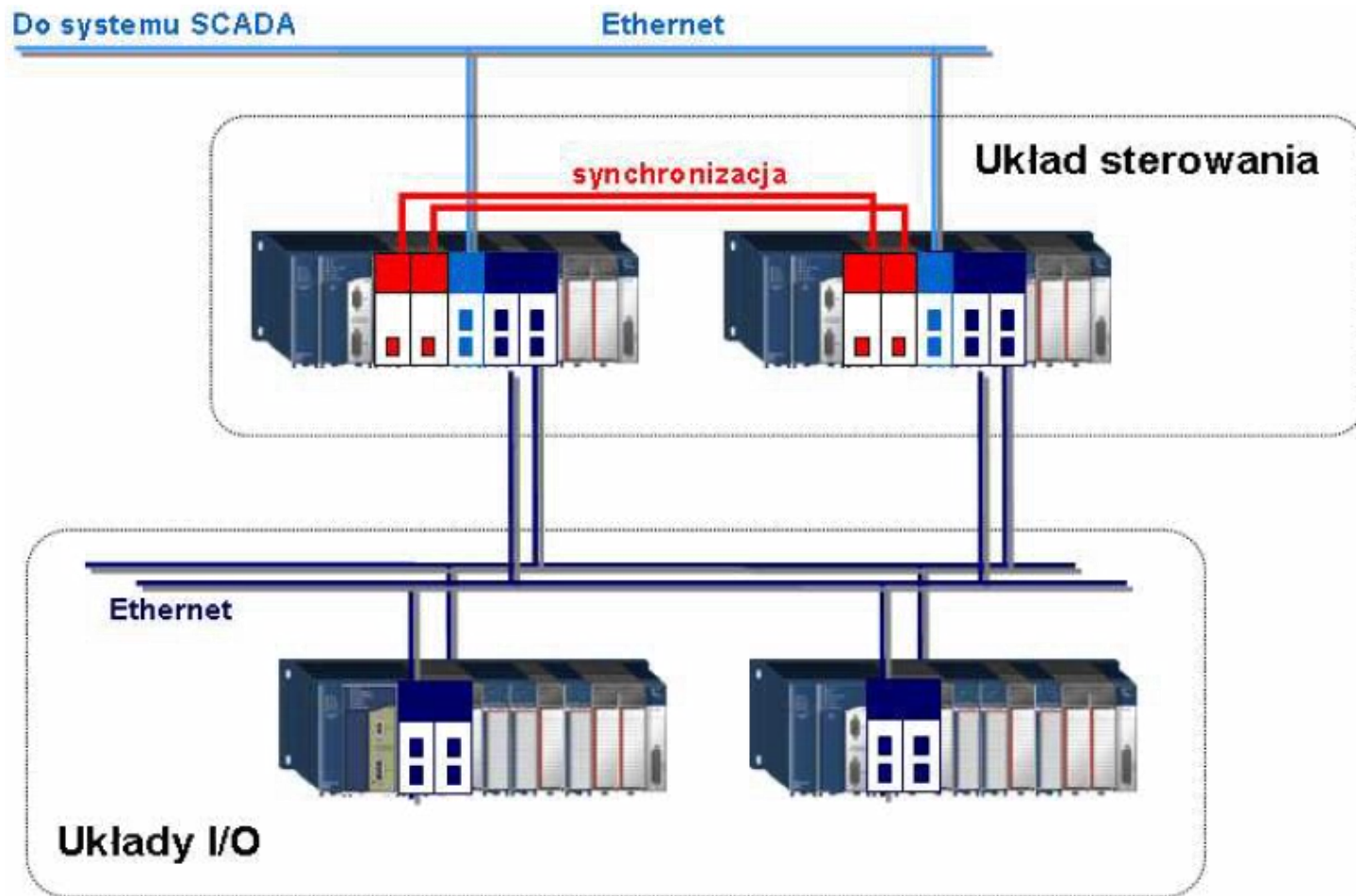
PACSystems HA - ograniczanie strat spowodowanych nieprzewidzianymi przestojami

Kontroler PAC - komunikacja



Proficy Process System – system sterowania procesem ciągłym

Bezpieczne systemy sterowania dla zastosowań specjalnych



Popularne skróty stosowane w automatyzacji procesów

PLC – Programowany sterownik logiczny (*Programmable Logic Controller*); (PLC - *Power Line Communication*)

PAC – Programowalne sterowniki automatyki
(*Programmable Automation Controllers*)

SCADA – Nadrzędny system sterowania i akwizycji danych
(*Supervisory Control And Data Acquisition*)

DCS - Zdecentralizowany (rozproszony) system sterowania
(*Distributed Control System*)

HMI – Interfejs człowiek – maszyna (*Human-Machine Interface*)

DDC – Bezpośrednie sterowanie cyfrowe (*Direct Digital Control*)

IT – technologie informatyczne/informatyka (*Information Technology*)

ICT – technologie/techniki informacyjne i komunikacyjne
(*Information Communication Technologies*)

Podsumowanie

Automatyzacja, informatyka techniczna i robotyzacja to niezbędne dziedziny w każdej branży i technologii, a innowacyjność i kreatywność w nowych technologiach uczynią wszelkie procesy produkcyjne wydajniejsze i bezpieczniejsze.

Dziękuję za uwagę