

Programowanie obrabiarek CNC i robotów przemysłowych

Roboty przemysłowe – wprowadzenie

Pierwsze uruchomienie robota

Paweł Strączyński

p.straczynski@tu.kielce.pl

Katedra Urządzeń Elektrycznych i Automatyki

Politechnika Świętokrzyska



Roboty przemysłowe

Manipulacyjny **robot przemysłowy** jest automatycznie sterowaną, programowalną, wielozadaniową maszyną manipulacyjną o wielu **stopniach swobody**, posiadającą właściwości manipulacyjne lub lokomocyjne, stacjonarną lub mobilną, dla ważnych zastosowań **przemysłowych**[1].

Ramie robotyczne to maszyna manipulacyjna o wielu stopniach swobody, realizujące zadania które są analogiczne do zadań wykonywanych przez górne kończyny człowieka.

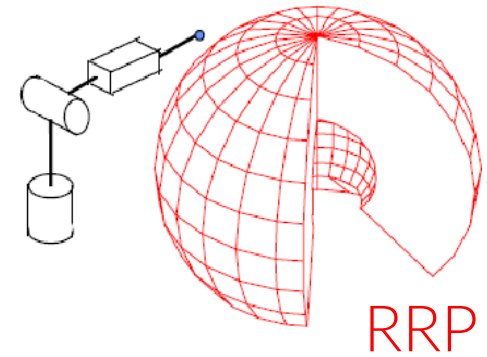
manipulator = **ramie** + **kiść**

[1] Definicja według normy ISO TR 8373. Cytat za: J. Honczarenko, Roboty przemysłowe. Budowa i zastosowanie, Warszawa 2004, s. 27.

Podział robotów przemysłowych ze względu na strukturę kinematyczną

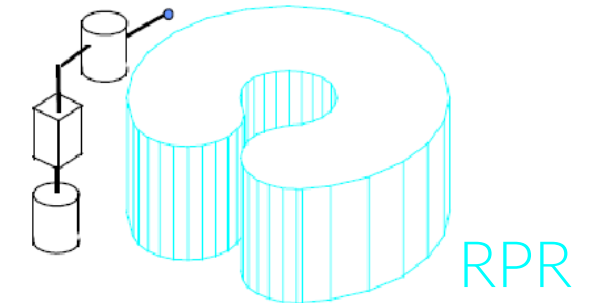
Roboty o strukturze kinematycznej szeregowej

- SCARA (RRP),
- kartezyjskie (PPP),
- antropomorficzne (RRR),
- cylindryczne (RPP),
- sferyczne (RRP),



Roboty o strukturze kinematycznej równoległej

- tripody,
- heksapody.



Źródło: Goyal, Khushdeep and Davinder Sethi. "AN ANALYTICAL METHOD TO FIND WORKSPACE OF A ROBOTIC MANIPULATOR." Journal of Mechanical Engineering 41 (2010): 25-30.

Roboty przemysłowe - ramiona robotyczne



Źródło: alibaba.com



Źródło: easyrobots.pl



Źródło: expo21xx.com



Źródło: fanuc.eu

Roboty przemysłowe o różnych łańcuchach kinematycznych

SCARA

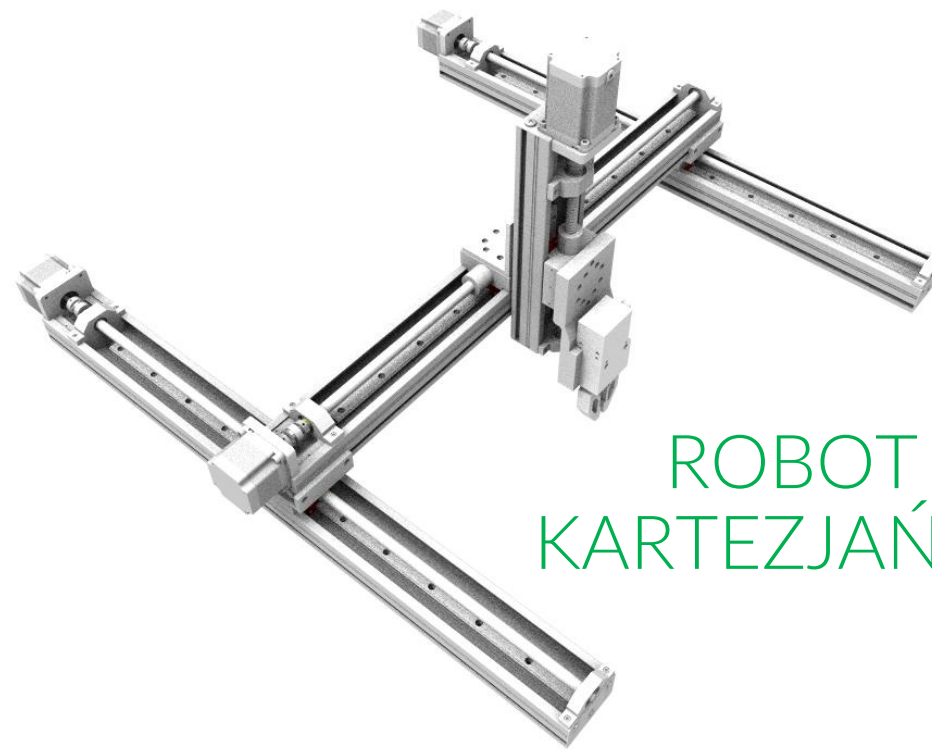


Źródło: astor.com.pl

DELTA



Źródło: directindustry.com

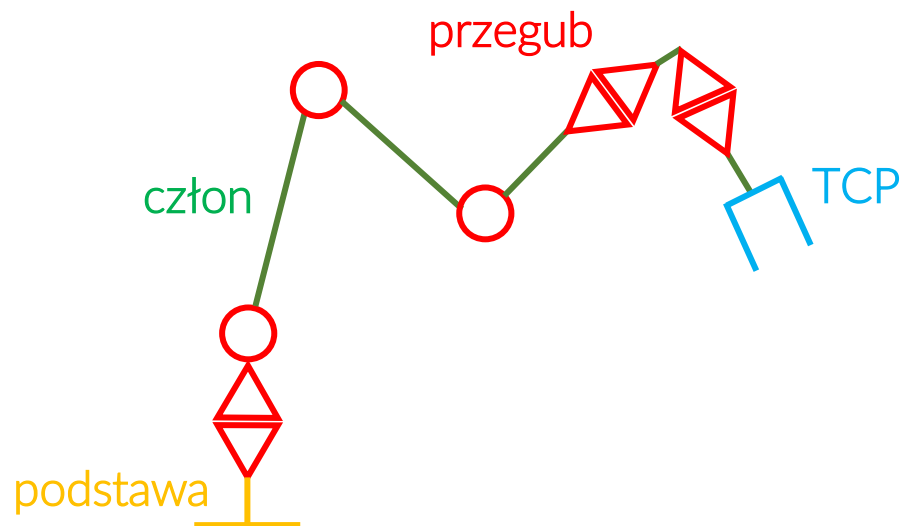


ROBOT
KARTEZJAŃSKI

Źródło: wobit.com.pl

Manipulator

Manipulator składa się z członów tworzących otwarty łańcuch kinematyczny. Człony które sąsiadują ze sobą połączone są za pomocą **przegubów (par kinematycznych)**.

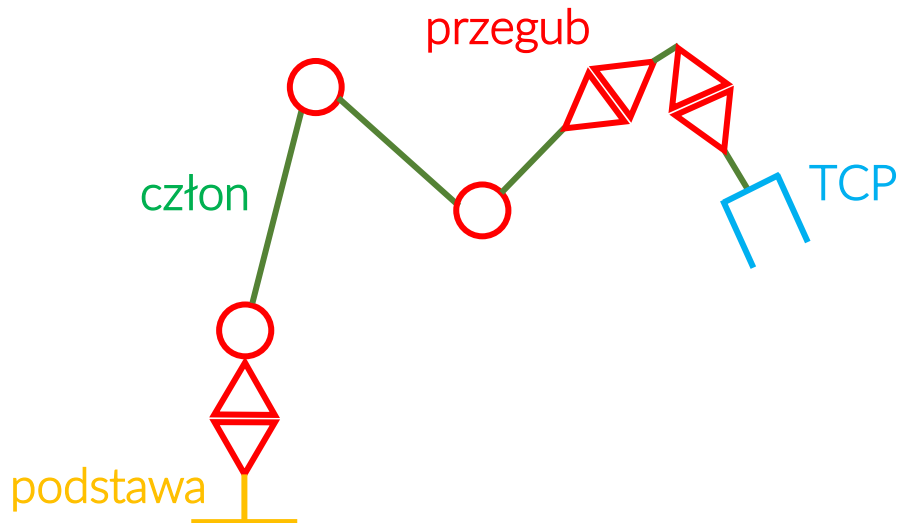


Parametry opisujące manipulatory i roboty

$$r = 6 \cdot (n - 1) - \sum_{i=1}^5 i \cdot p_i \quad m = r - 6$$

n – liczba członów ruchomych

p_i – liczba par kinematycznych klasy i

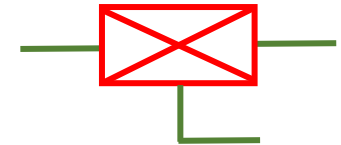


Pary kinematyczne V klasy

przegub obrotowy



przegub translacyjny

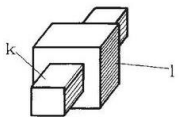
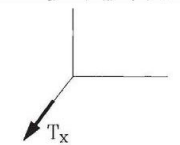
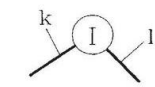
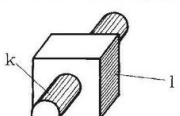
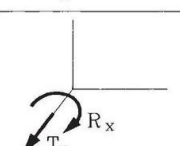
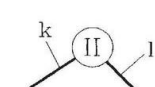
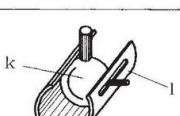
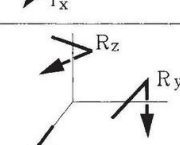
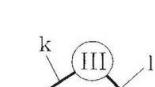
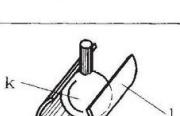
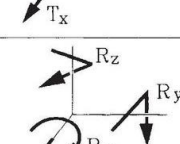
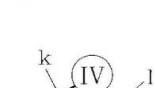
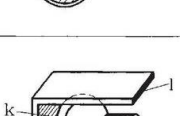
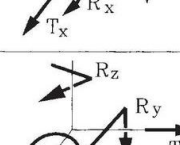
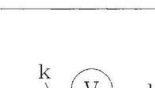


Liczba stopni swobody jest to ilość zmiennych położenia, jaką należy podać w celu jednoznacznego określenia układu w przestrzeni

Ruchliwość to liczba stopni swobody łańcucha kinematycznego mechanizmu z unieruchomionym członem: podstawą.

Manewrowość to liczba stopni swobody łańcucha kinematycznego mechanizmu z unieruchomionymi: członem będącym podstawą i członem ostatnim w łańcuchu kinematycznym.

Parametry opisujące manipulatory i roboty

Kl.	Przykłady par kinematycznych	Względne stopnie swobody członów	Symbol pary
I			
II			
III			
IV			
V			

Źródło: Gronowicz A., Miller S.: Mechanizmy, Metody tworzenia zbiorów rozwiązań alternatywnych, Katalog schematów strukturalnych i kinematycznych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1997.

Parametry opisujące manipulatory i roboty

Efektorem określa końcówkę roboczą ramienia robotycznego tj. chwytaki, narzędzia dodatkowe np. pistolet, nożyce itp. w które robot przemysłowy jest wyposażony.

Przestrzeń robocza to zbiór punktów przestrzeni które może osiągnąć efektor robota.

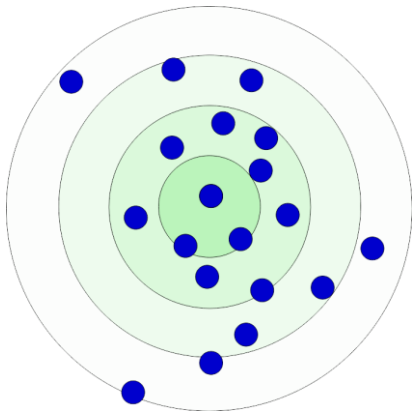
Przestrzeń robocza manipulacyjna to zbiór punktów w przestrzeni pracy robota które mogą być osiągnane z dowolną orientacją kątową.

Przestrzeń robocza osiągalna to zbiór punktów w przestrzeni pracy robota które mogą być osiągnane z jedną orientacją kątową.

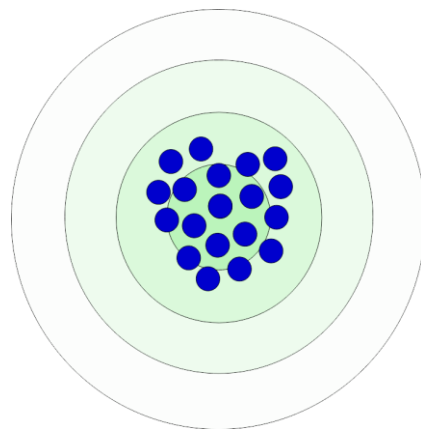
Parametry opisujące manipulatory i roboty

Powtarzalność manipulatora to dokładność z jaką manipulator może wrócić do punktu zadanego poprzednio metodą uczenia.

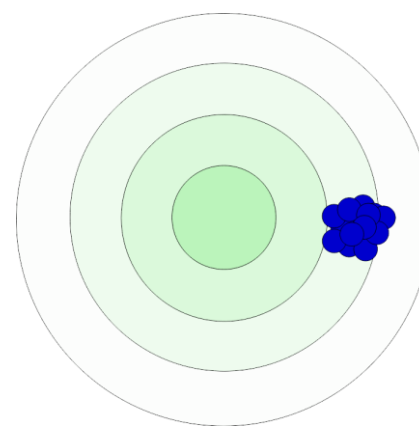
Dokładność manipulatora to dokładność z jaką manipulator może osiągnąć punkt o zadanych współrzędnych.



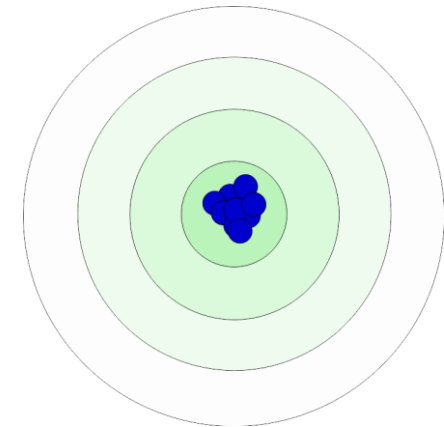
niepoprawna dokładność
niepoprawna powtarzalność



poprawna dokładność
niepoprawna powtarzalność

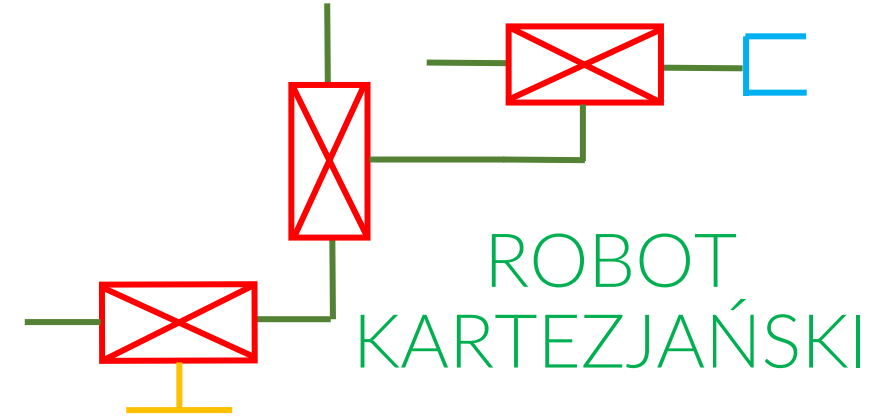
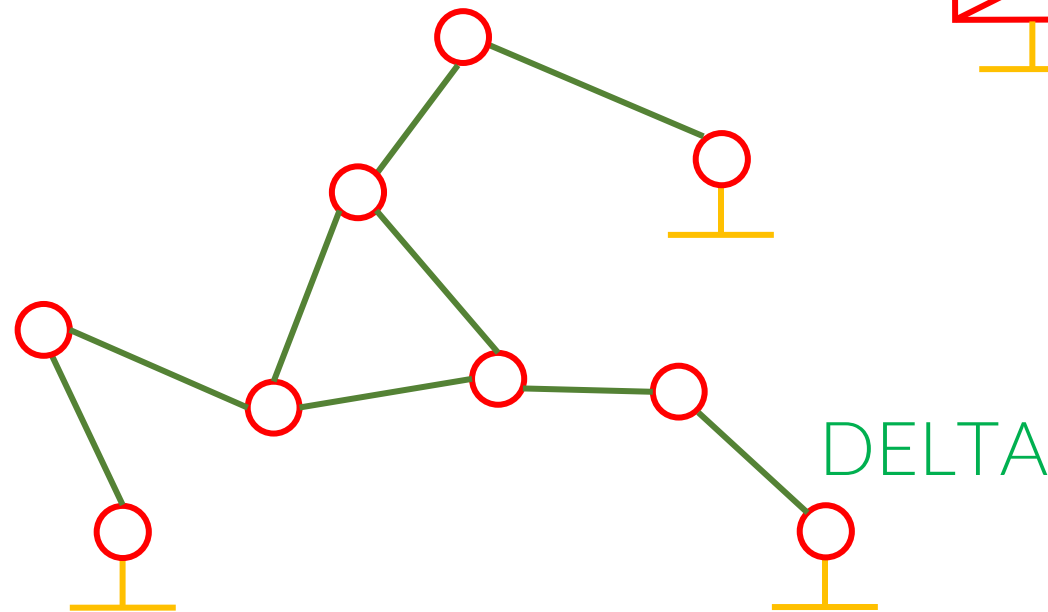
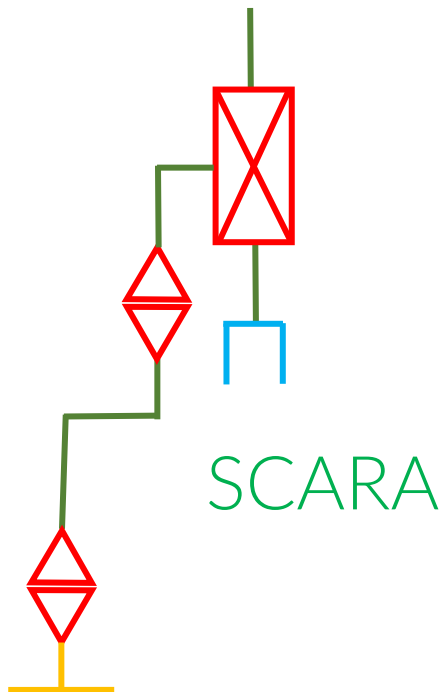


niepoprawna dokładność
poprawna powtarzalność



poprawna dokładność
poprawna powtarzalność

Struktury kinematyczne robotów



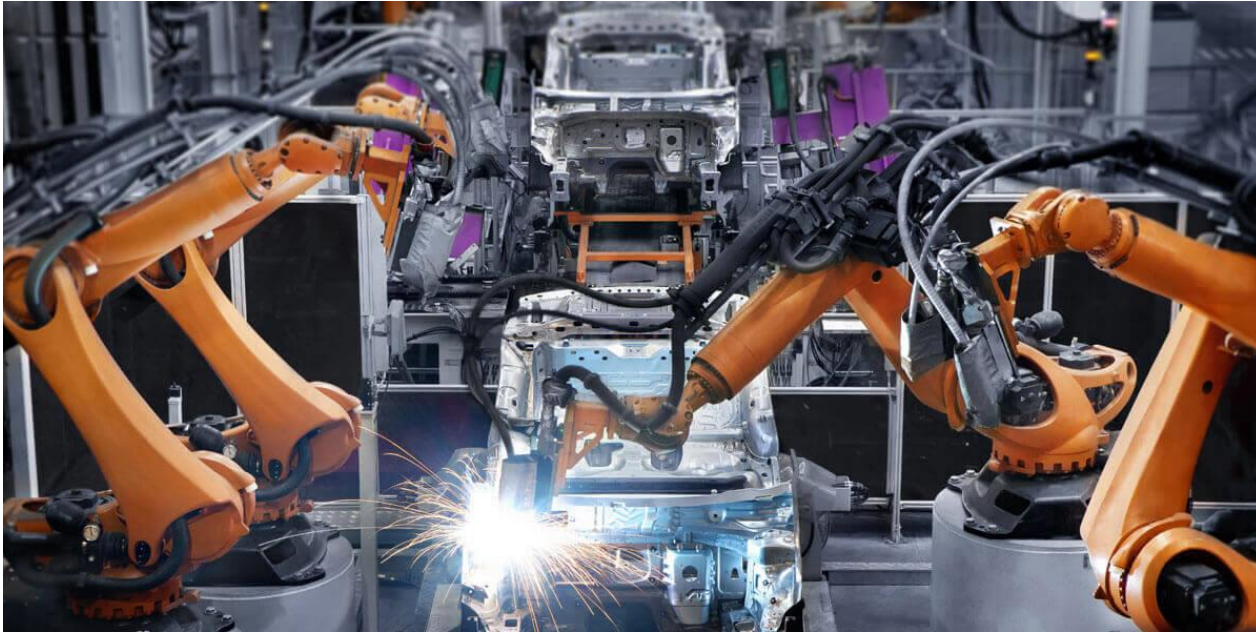
Korzyści z zastosowania robotów w środowisku przemysłowym

1. Odsunięcie człowieka od pracy w warunkach:
 - niebezpiecznych,
 - szkodliwych,
 - monotonicznych i powtarzalnych.
2. Poprawa precyzji i powtarzalności pracy,
3. Zwiększenie wydajności poprzez pracę całodobową,
4. Rozwiązanie problemów kadrowych,

Zastosowanie robotów przemysłowych w przemyśle

- pakowanie,
 - paletyzacja,
 - obsługa maszyn CNC,
 - montaż,
 - spawanie,
 - lakierowanie,
- } pick&place
- sortowanie,
 - cięcie,
 - klejenie,
 - zgrzewanie,
 - wiercenie.

Roboty przemysłowe



Źródło: netscribes.com



Źródło: herp.faepa.br

Roboty przemysłowe

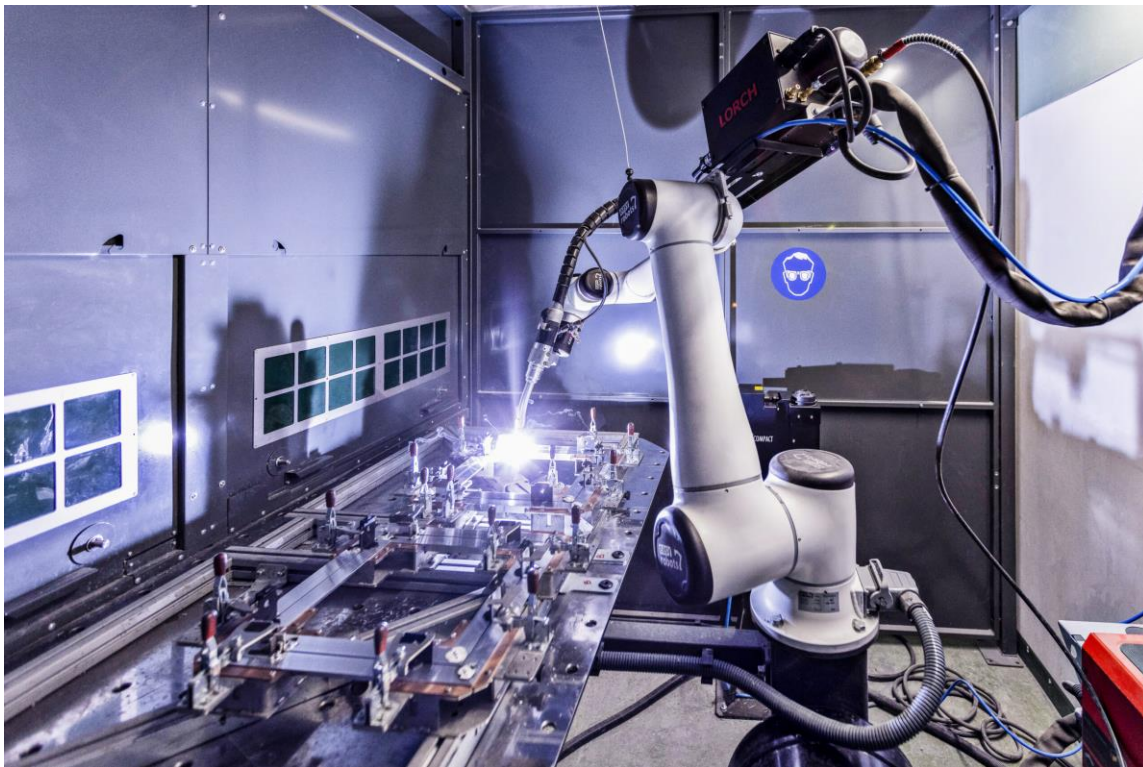


Źródło: robodk.com



Źródło: industrytoday.com

Roboty przemysłowe



Źródło: easyrobots.pl



Źródło: easyrobots.pl

Producenci robotów przemysłowych



Faunc
Comau Universal Robots
KUKA
ABB
Yaskawa
KAWASAKI CLOOS
Easy Robots
Mitsubishi
Stäubli



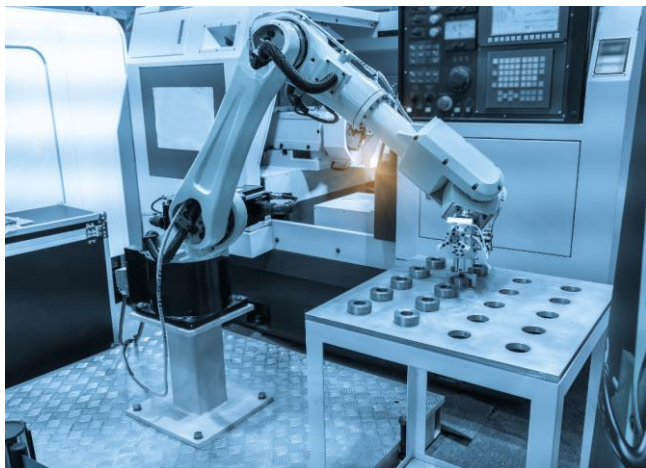
Źródło: gimatic.com



Źródło: turbosquid.com

Źródło: emt-systems.com

Branże w których zastosowanie mają roboty przemysłowe



Źródło: aznano.com

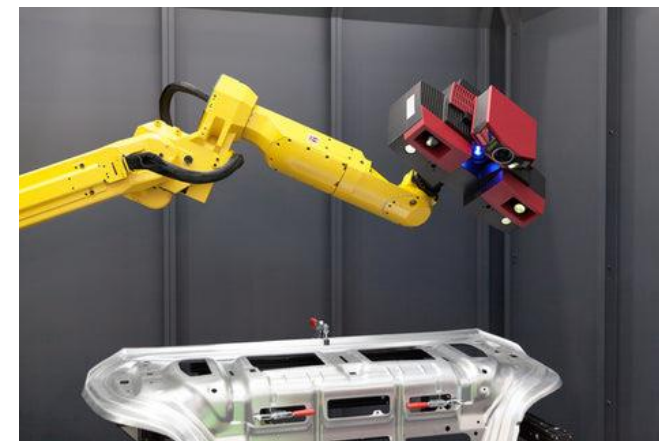


Źródło: howtorobot.com

Automotive
Spożywcza
Logistyka
Elektroniczna
Kontrola jakości
Meblarska
Chemiczna
Metalowa
Farmaceutyczna



Źródło: abb-conversations.com



Źródło: premiointc.com

Roboty serii ES firmy EasyRobots

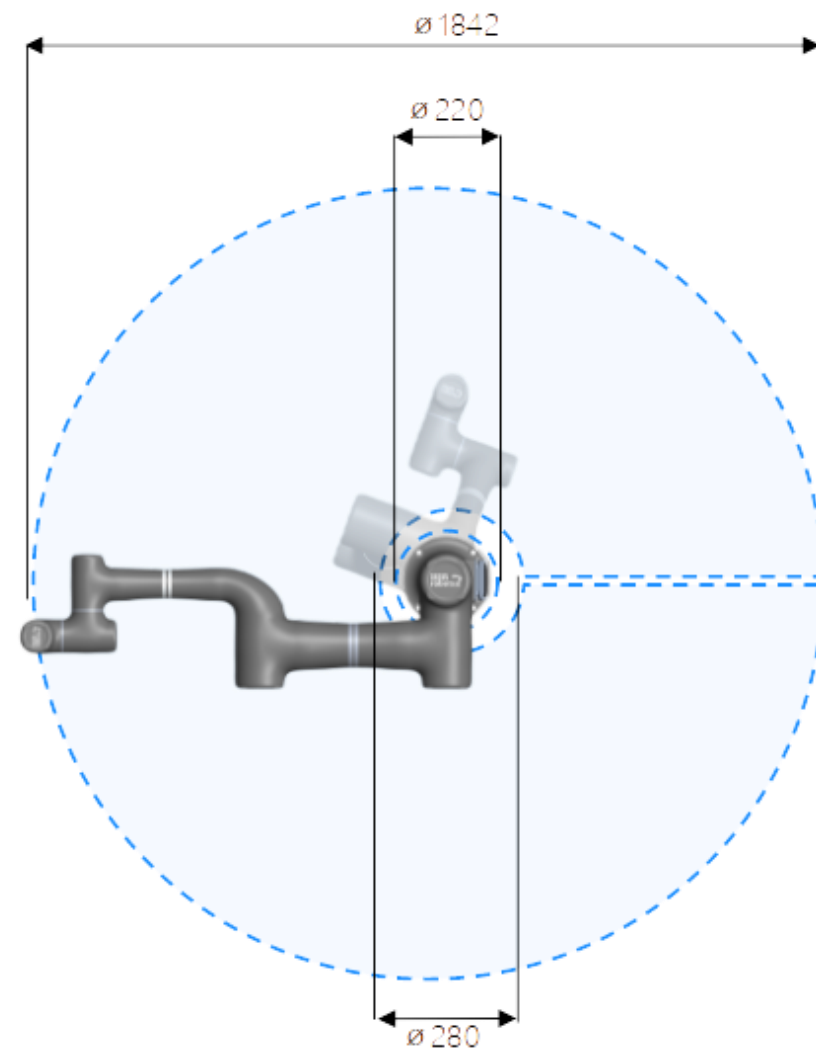
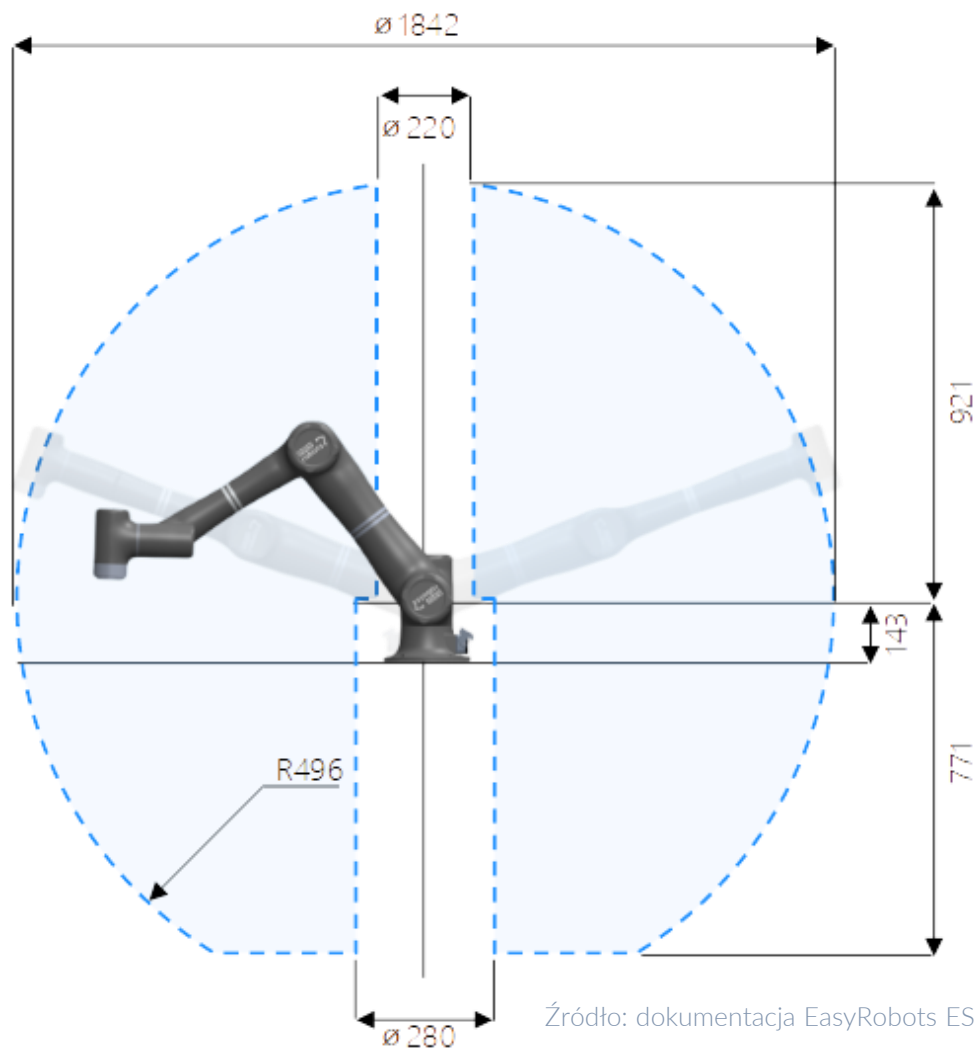


Źródło: easyrobots.pl

ES5		ES8	
5 kg	Udźwig	8 kg	
920 mm	Zasięg maksymalny	1270 mm	
± 0,1mm	Powtarzalność	± 0,1mm	
6	Liczba stopni swobody	6	
Ø200 mm	Rozmiar podstawy	Ø225 mm	
27	Masa (kg)	35	
IP 40	Stopień ochrony IP	IP 40	



Easy Robots ES5 – przestrzeń robocza

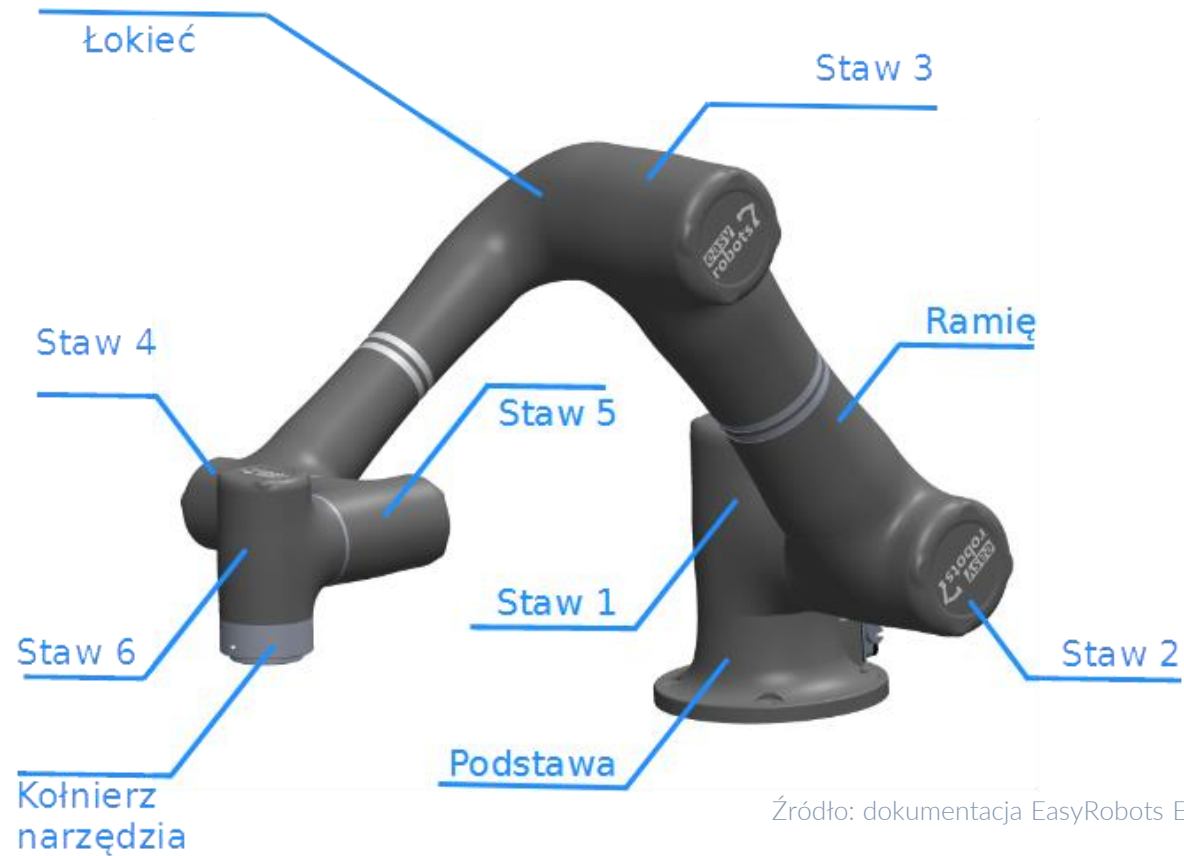


Easy Robots ES5 – podstawowe parametry

Parametr	Wartość
Typ robota	ES5
Masa robota	27 kg
Obciążenie	do 5 kg
Zasięg	do 921 mm
Ilość stopni swobody	6
Zakres przegubu 1	$\pm 180^\circ$
Zakres przegubu 2	$\pm 150^\circ$
Zakres przegubu 3	$\pm 156^\circ$
Zakres przegubu 4	$\pm 180^\circ$
Zakres przegubu 5	$\pm 180^\circ$
Zakres przegubu 6	$\pm 360^\circ$
Prędkość przegubów	od 160 do 180 °/s
Prędkość narzędzia	do 2 m/s
Powtarzalność	$\pm 0,1$ mm
Hałas	86 dB
Zasilanie	100-240 VAC, 50-60Hz
Temperatura pracy	7-40°C

Źródło: dokumentacja EasyRobots ES5

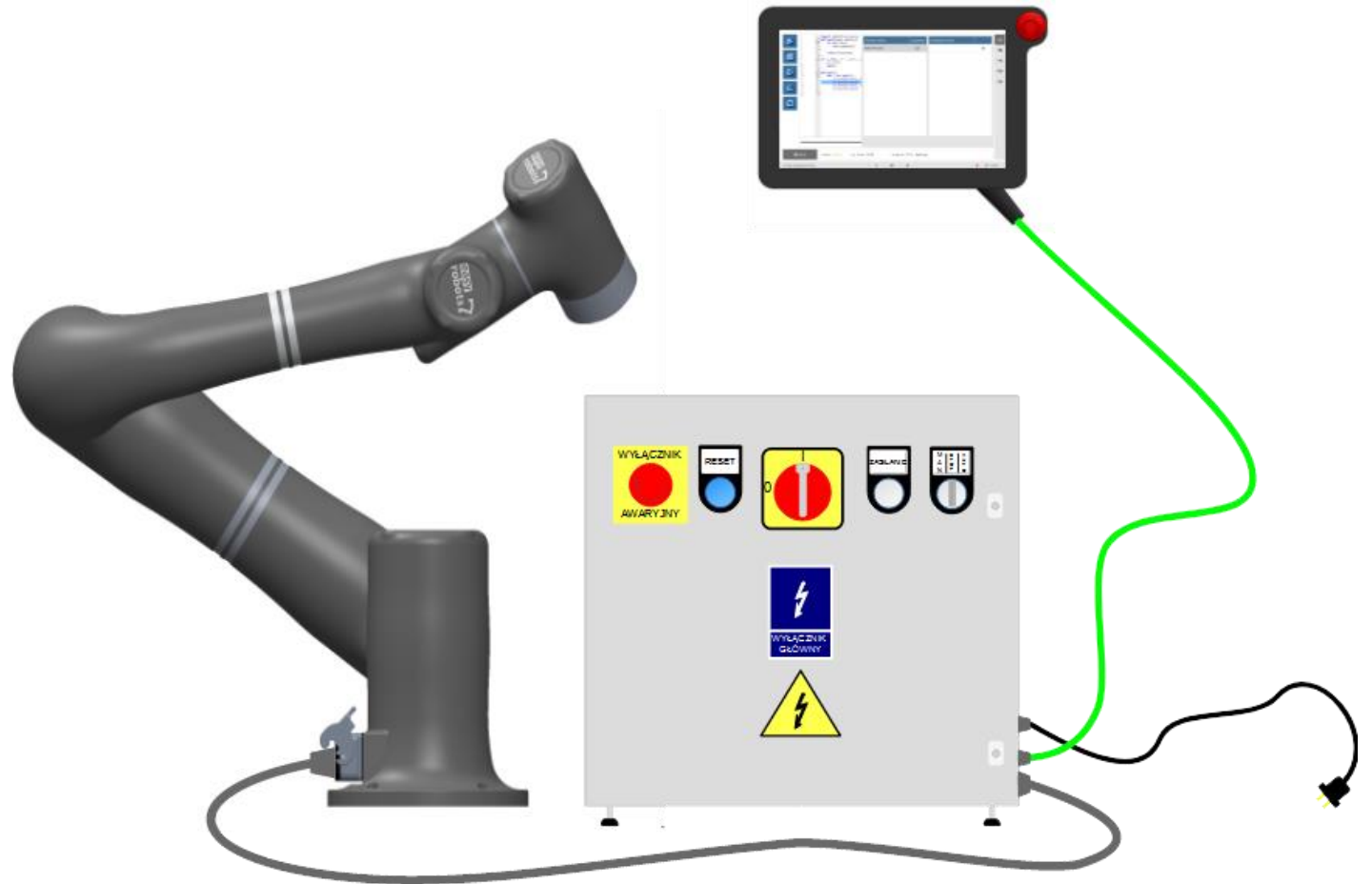
Easy Robots ES – ramie robotyczne



Źródło: dokumentacja EasyRobots ES5

Budowa robota przemysłowego

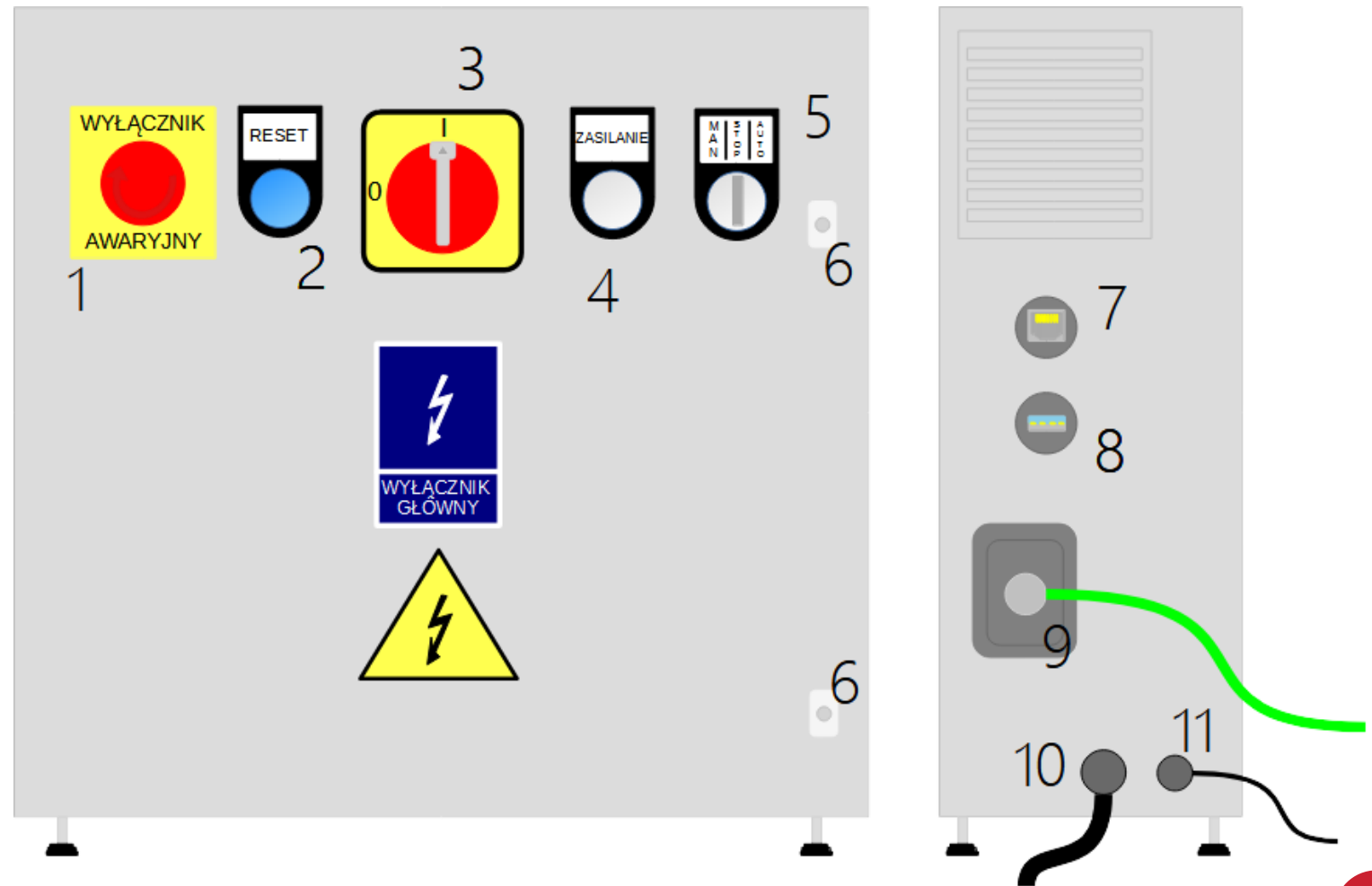
- ramie robotyczne,
- szafa sterownicza,
- panel uczenia,



Źródło: dokumentacja EasyRobots ES5

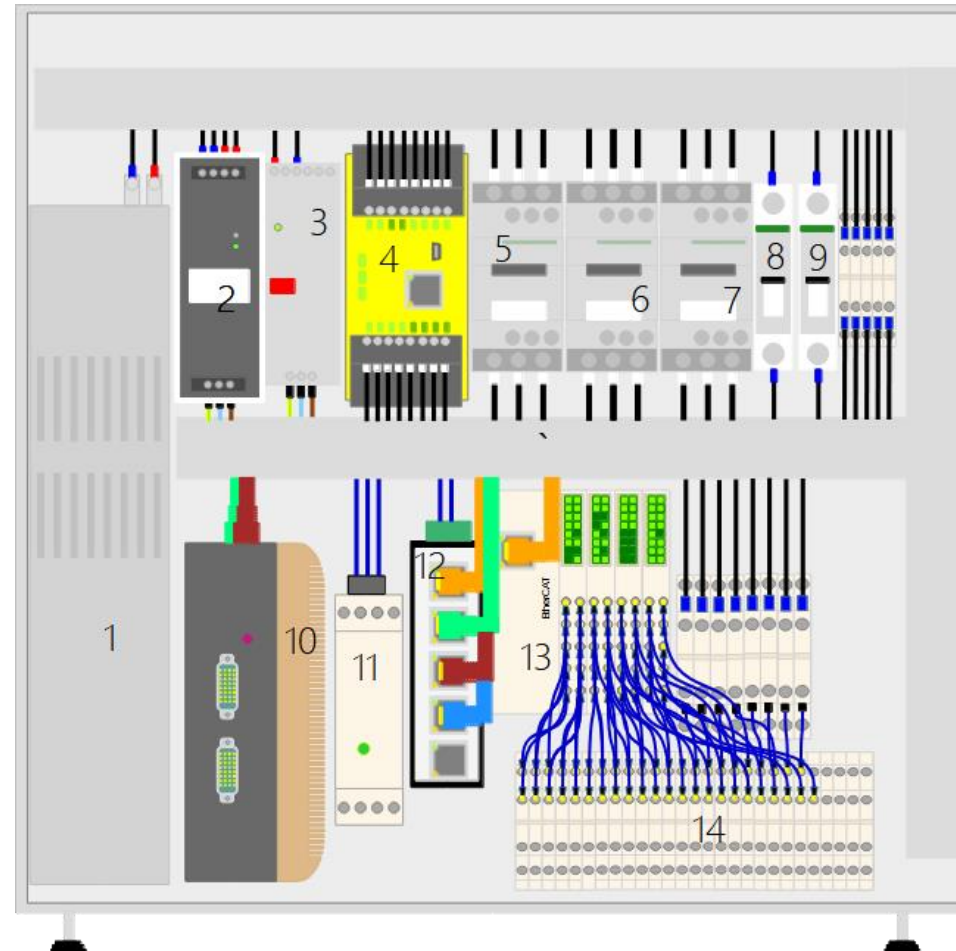
Easy Robots ES – szafa sterownicza

- 1-wyłącznik awaryjny,
- 2- przycisk resetu,
- 3- włącznik główny,
- 4- lampka kontrolna zasilania,
- 5-przełącznik kluczykowy,
- 6-zamki drzwi szafy,
- 7-złącze Ethernet,
- 8-złącze USB,
- 9-przewód panelu,
- 10-przewód manipulatora,
- 11- przewód zasilający

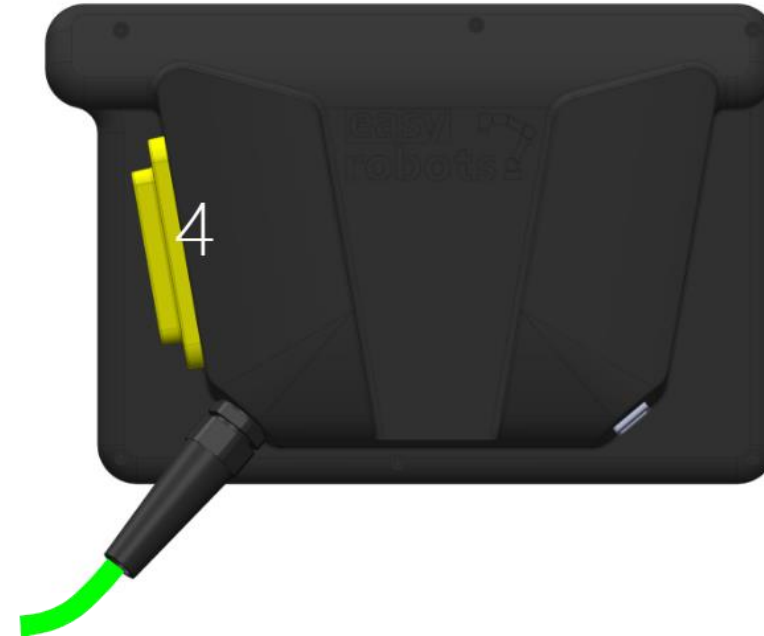
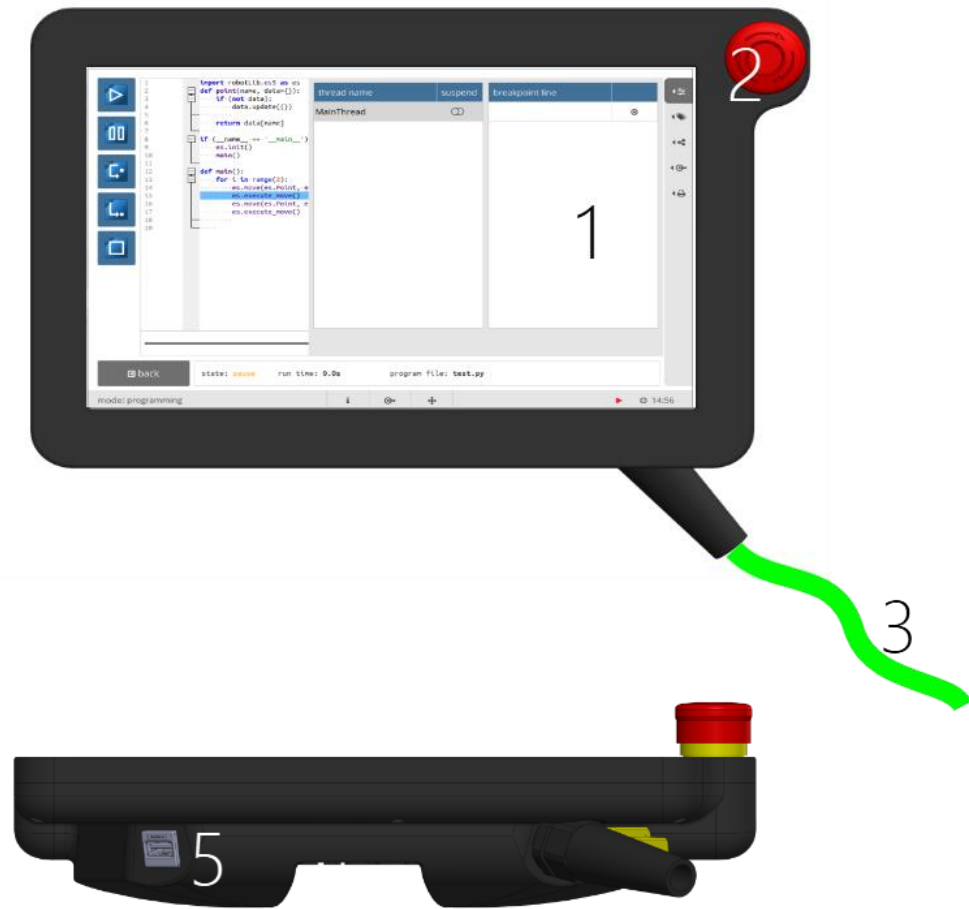


Easy Robots ES – szafa sterownicza

- 1-zasilacz napędów,
- 2-zasilacz komputera głównego,
- 3-zasilacz panelu sterowniczego,
- 4-sterownik bezpieczeństwa,
- 5,6,7-styczniki układu zasilania silników,
- 8,9- wyłączniki nadmiarowo-prądowe,
- 10-komputer sterujący,
- 11-moduł hamowania
- 12-przełącznik sieciowy,
- 13-moduł IO,
- 14-listwa zaciskowa



Easy Robots ES – panel uczenia

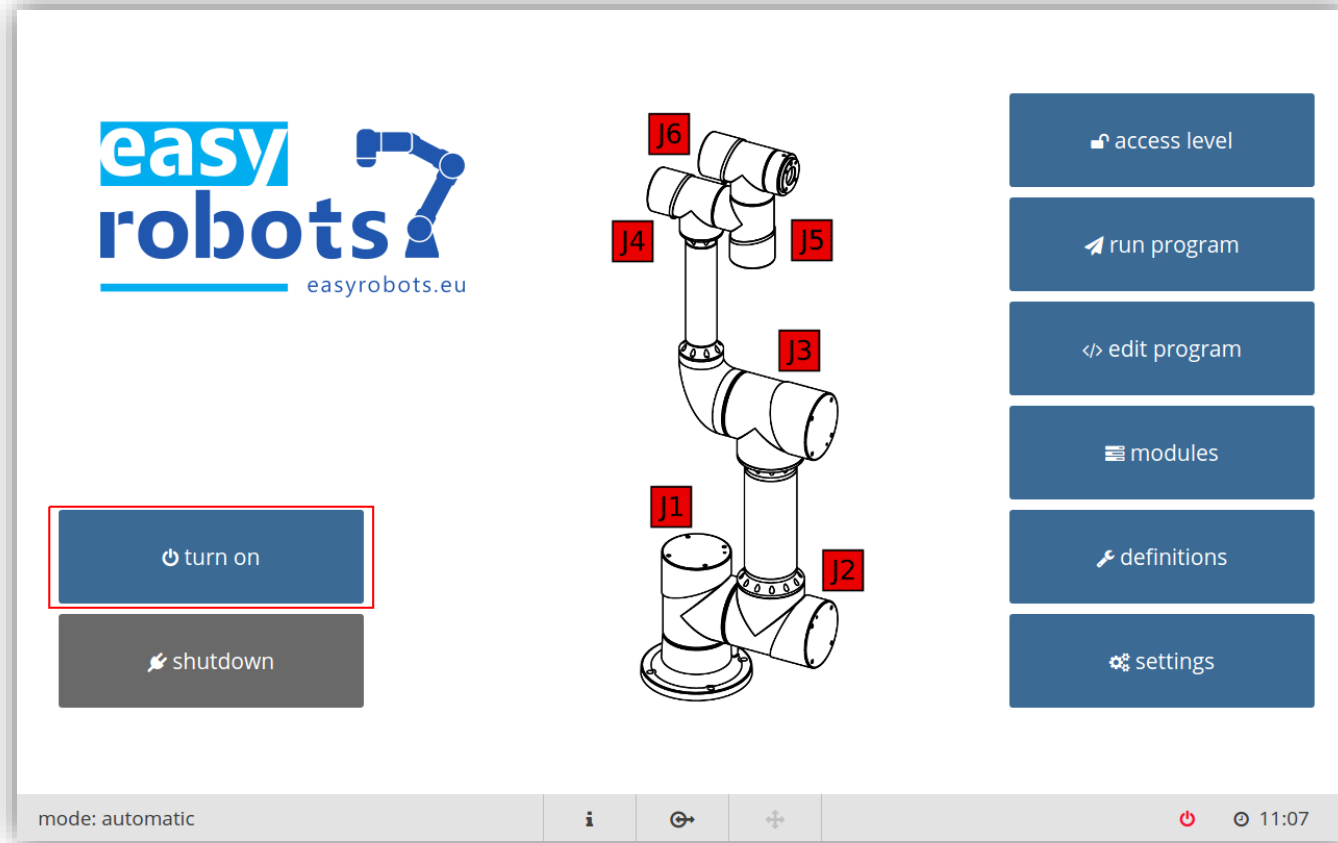


- 1-ekran wyświetlacza,
- 2-przycisk awaryjnego zatrzymania,
- 3-przewód zasilający i komunikacyjny,
- 4-przycisk zezwolenia na pracę,
- 5-złącze USB

Oprogramowanie EScontrol

- intuicyjny interfejs oprogramowania na ekranie dotykowym,
- wygodne programowanie ścieżek ruchu robota,
- dedykowane moduły dla aplikacji spawalniczych, paletyzacji oraz gięcia blach,
- stała kontrola parametrów,
- sterowanie pracą chwytaków i urządzeń zewnętrznych za pomocą systemu wejść i wyjść cyfrowych oraz analogowych,
- zdalna diagnostyka robota,
- możliwość dostosowania funkcjonalności oprogramowania do indywidualnych potrzeb,
- panel sterowania: język polski, angielski.

Uruchamianie robota ES5



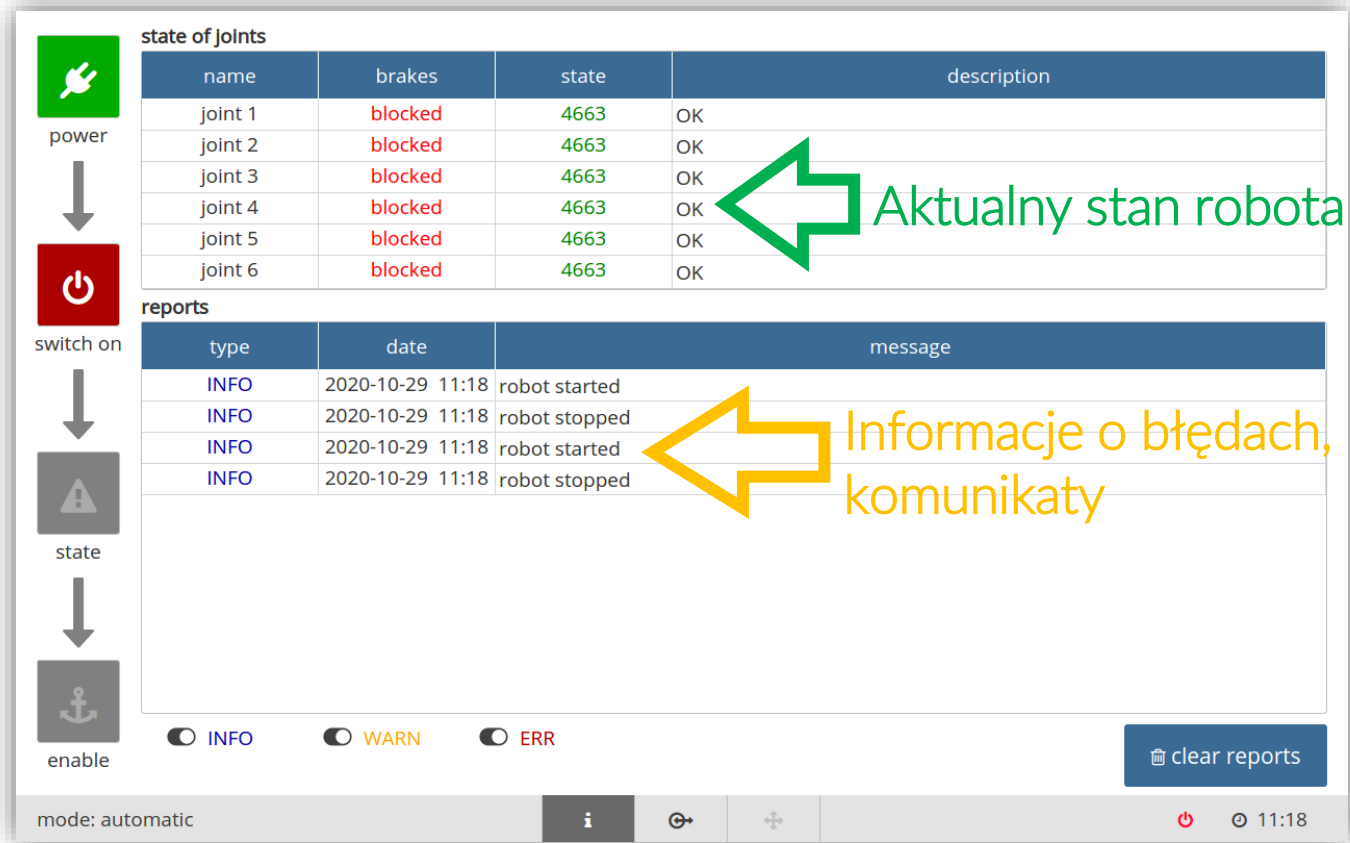
Aby uruchomić robota należy:

1. Przekręcić główny włącznik zasilania znajdujący się na szafie sterowniczej robota na pozycję "1".
2. Zwolnić przyciski bezpieczeństwa oraz zresetować obwód bezpieczeństwa wciskając przycisk **RESET** znajdujący się na szafie sterowniczej.
3. Po uruchomieniu oprogramowania **ESControl** na panelu wcisnąć przycisk **turn on**.



Gdy robot jest włączony przycisk **turn on** zmienia się w przycisk **turn off**

Uruchamianie robota ES5



The screenshot displays the robot control interface with the following sections:

- power**: A green plug icon.
- switch on**: A red power button icon.
- state**: A grey triangle with an exclamation mark icon.
- enable**: A grey anchor icon.

state of joints

name	brakes	state	description
joint 1	blocked	4663	OK
joint 2	blocked	4663	OK
joint 3	blocked	4663	OK
joint 4	blocked	4663	OK
joint 5	blocked	4663	OK
joint 6	blocked	4663	OK

reports

type	date	message
INFO	2020-10-29 11:18	robot started
INFO	2020-10-29 11:18	robot stopped
INFO	2020-10-29 11:18	robot started
INFO	2020-10-29 11:18	robot stopped

Legend:

- INFO
- WARN
- ERR

clear reports

mode: automatic

11:18

Aktualny stan robota

Informacje o błędach,
komunikaty



Zasilanie



Robot wł. / wyłą.



Stan robota



Stan hamulców

Uruchamianie robota ES5

The screenshot displays the ES5 robot control interface. On the left, a vertical toolbar contains four buttons: a green 'power' button, a red 'switch on' button, a grey 'state' button with a warning icon, and a grey 'enable' button with an anchor icon. Arrows indicate a sequence from power to switch on, then to state, and finally to enable. The main area is divided into two sections: 'state of joints' and 'reports'. The 'state of joints' section contains a table with columns for name, brakes, state, and an additional status column. The 'reports' section contains a table with columns for type, date, and message. At the bottom, there are three toggle switches for INFO, WARN, and ERR, and a status bar showing 'mode: automatic'.

name	brakes	state	
joint 1	blocked	4663	OK
joint 2	blocked	4663	OK
joint 3	blocked	4663	OK
joint 4	blocked	4663	OK
joint 5	blocked	4663	OK
joint 6	blocked	4663	OK

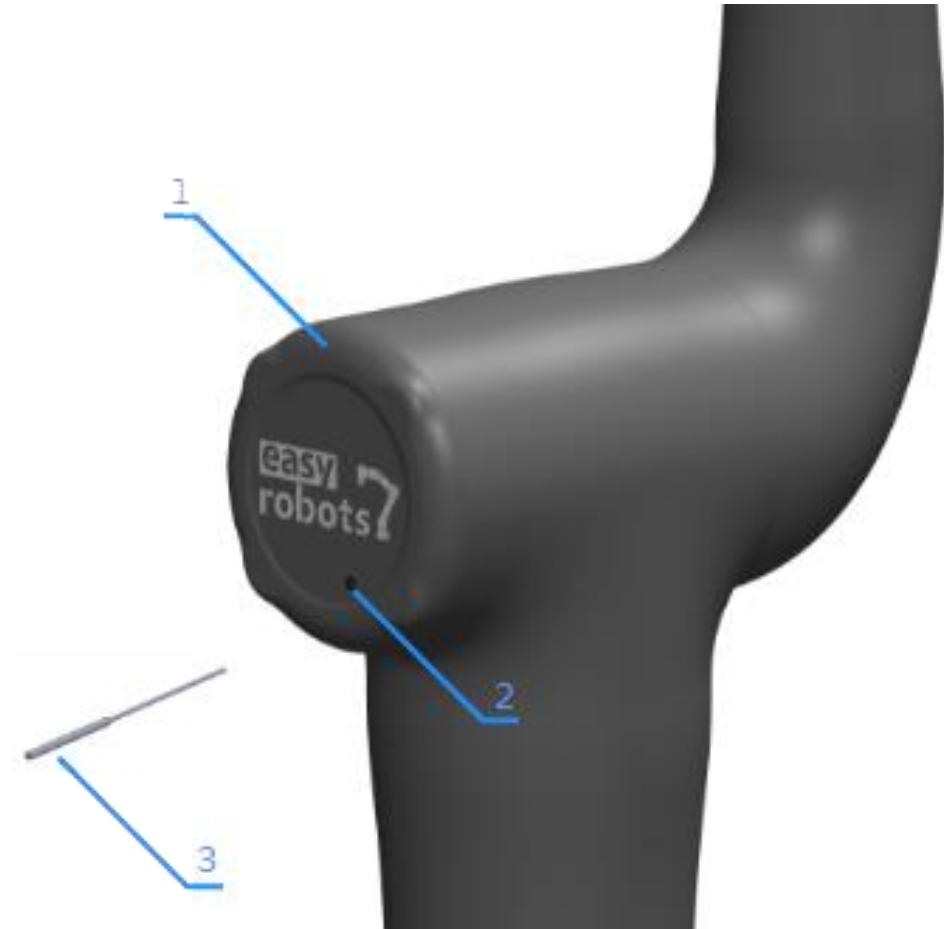
type	date	
INFO	2020-10-29 11:18	robot started
INFO	2020-10-29 11:18	robot stopped
INFO	2020-10-29 11:18	robot started
INFO	2020-10-29 11:18	robot stopped

mode: automatic

1. Po wciśnięciu przycisku **switch on** zweryfikować poprawność odblokowania hamulców dla każdego z przegubów. Jeżeli któryś z napędów wskazuje status hamulca **blocked** oznacza to że hamulce wymagają ponownej kalibracji. Jeżeli hamulce odblokują się poprawnie (status **relesed**, należy przejść do następnego kroku)
2. Zmienić pozycje stawów robota, a następnie wcisnąć jeden z przycisków bezpieczeństwa. Hamulce robota powinny ulec zablokowaniu - status **Blocked**
3. Zwolnić przycisk bezpieczeństwa oraz zresetować obwód bezpieczeństwa wciskając przycisk RESET znajdujący się na szafie sterowniczej
4. Zweryfikować poprawność zwolnienie hamulców - (status **relesed**)

Ręczne przesuwanie osi robota

- 1-Osłona napędu,
- 2-Otwór do zwalniania hamulca,
- 3-Klucz do zwalniania hamulca (dołączony do zestawu)



Pozycja synchroniczna



speed [%] 20

acceleration [%] 20

base | coords | tool | joint

positions [°]

←	joint 6	<input type="range"/>	0.0	→
←	joint 5	<input type="range"/>	180.0	→
←	joint 4	<input type="range"/>	90.0	→
←	joint 3	<input type="range"/>	0.0	→
←	joint 2	<input type="range"/>	90.0	→
←	joint 1	<input type="range"/>	180.0	→

synchro position

user positions

increment mode 1 [mm][°]

auto get actual position

move

mode: programming

15:38

Jeżeli pozycja któregośkolwiek ze stawów robota odbiega od pozycji synchronicznej należy ustawić robota w pozycji synchronicznej a następnie ustawić aktualne pozycje napędów jako domyślne !!!

Pozycja synchroniczna



speed [%] 20

acceleration [%] 20

base | coords | tool | joint

positions [°]

←	joint 6	<input type="range"/>	0.0	→
←	joint 5	<input type="range"/>	180.0	→
←	joint 4	<input type="range"/>	90.0	→
←	joint 3	<input type="range"/>	0.0	→
←	joint 2	<input type="range"/>	90.0	→
←	joint 1	<input type="range"/>	180.0	→

mode: programming

synchro position

user positions

increment mode 1 [mm][°]

auto get actual position

move

15:38

Jeżeli pozycja któregośkolwiek ze stawów robota odbiega od pozycji synchronicznej należy ustawić robota w pozycji synchronicznej a następnie ustawić aktualne pozycje napędów jako domyślne !!!

Kalibracja pozycji synchronicznej



installation

startup

interface

backup

information

back

driversPIDbrakesstaticsdynamicsI/O

	joint 1	joint 2	joint 3	joint 4	joint 5	joint 6
max current [mA]	14000	14000	14000	2400	2400	2400
peak current [mA]	20000	20000	20000	3000	3000	3000
peak time [s]	3000	3000	3000	3000	3000	3000
following error [enc.]	10000	10000	10000	10000	10000	10000
default position [enc.]	0	0	0	0	0	0

↑ set default position

confirm

mode: programming

i

↺

+

🔴

🕒 11:49

Kalibracja hamulców

1. **Brakes test** - pozwala na ręczne zablokowanie/odblokowanie hamulca.
2. **Smart brake enable** - włączanie funkcji automatycznego luzowania stawu podczas odblokowywania hamulca.
3. **Brake off measure [ADC]** - wartość czujnika gdy hamulec jest zwolniony.
4. **Brake on measure [ADC]** - wartość czujnika gdy hamulec jest aktywowany.
5. **Threshold value [ADC]** - wartość progu zmiany stanu hamulca.
6. **Auto-setting** - aktywowanie automatycznej konfiguracji hamulca.
7. Confirm - zapisanie konfiguracji hamulców
8. **Start auto-setting** - uruchomienie procedury automatycznej konfiguracji hamulców.

	joint 1	joint 2	joint 3	joint 4	joint 5	joint 6
brake test ①	✓	✓	✓	✓	✓	✓
smart brake enable ②	✗	✗	✗	✗	✗	✗
brake off measure [ADC] ③						
brake on measure [ADC] ④						
threshold value [ADC] ⑤	2000	2000	2000	2000	2000	2000
auto-setting ⑥	✓	✓	✓	✓	✓	✓

⑧ start auto-setting

✓ confirm ⑦

mode: programming 11:54

Kalibracja hamulców

1. **Brakes test** - pozwala na ręczne zablokowanie/odblokowanie hamulca.
2. **Smart brake enable** - włączanie funkcji automatycznego luzowania stawu podczas odblokowywania hamulca.
3. **Brake off measure [ADC]** - wartość czujnika gdy hamulec jest zwolniony.
4. **Brake on measure [ADC]** - wartość czujnika gdy hamulec jest aktywowany.
5. **Threshold value [ADC]** - wartość progu zmiany stanu hamulca.
6. **Auto-setting** - aktywowanie automatycznej konfiguracji hamulca.
7. Confirm - zapisanie konfiguracji hamulców
8. **Start auto-setting** - uruchomienie procedury automatycznej konfiguracji hamulców.

	joint 1	joint 2	joint 3	joint 4	joint 5	joint 6
brake test ①	✓	✓	✓	✓	✓	✓
smart brake enable ②	x	x	x	x	x	x
brake off measure [ADC] ③						
brake on measure [ADC] ④						
threshold value [ADC] ⑤	2000	2000	2000	2000	2000	2000
auto-setting ⑥	✓	✓	✓	✓	✓	✓

⑧ start auto-setting

✓ confirm ⑦

mode: programming 11:54