



POLITECHNIKA ŁÓDZKA



KATEDRA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH



wydział  
elektrotechniki  
elektroniki  
informatyki  
i automatyki

## KATEDRA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH

# KIERUNEK ELEKTROTECHNIKA - WSZYSTKIE SPECJALNOŚCI

### Kierownik Katedry:

prof. dr hab. inż. **Piotr Borkowski**

piotr.borkowski@p.lodz.pl

### Członkowie Zespołu Katedry, m.in.:

dr hab. inż. **Marek Bartosik, prof. PŁ**

marek.bartosik@p.lodz.pl

dr hab. inż. **Franciszek Wójcik**

franciszek.wojcik@p.lodz.pl

dr inż. **Ryszard Lasota**

ryszard.lasota@p.lodz.pl

dr inż. **Marek Glaba**

marek.glaba@p.lodz.pl

dr inż. **Mariusz Jabłoński**

mariusz.jablonski@p.lodz.pl

dr inż. **Magdalena Stasiak-Bieniecka**

stasiak@p.lodz.pl

mgr inż. **Arkadiusz Ambroziak**

arkadiusz.ambroziak@p.lodz.pl

mgr inż. **Adrian Chojecki**

adrian.chojecki@p.lodz.pl

mgr inż. **Michał Rodak**

michal.rodak@p.lodz.pl

mgr inż. **Adrian Sienicki**

adrian.sienicki@p.lodz.pl

**KATEDRA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH**

**DLA KIERUNKU ELEKTROTECHNIKA**

**OD WIELU LAT WSPÓŁPROWADZI**

**NA WYDZIALE WEEIA PŁ**

**SPECJALNOŚĆ**

**PRZETWORNIKI ELEKTROMECHANICZNE**



POLITECHNIKA ŁÓDZKA



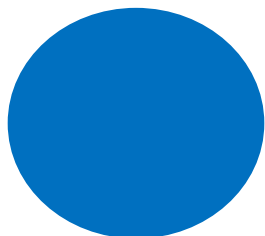
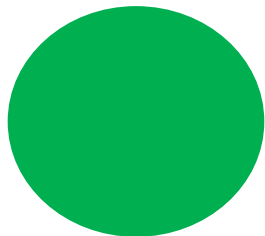
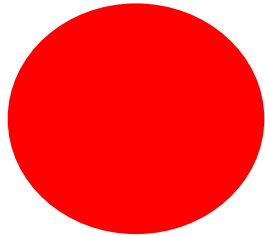
KATEDRA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH



wydział  
elektrotechniki  
elektroniki  
informatyki  
i automatyki

## KATEDRA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH W CZERAZ, DZIS I JUTRO

- Misją Katedry Aparatów Elektrycznych jest tworzenie szerokich możliwości rozwoju nowoczesnych badań naukowych, technologii i wdrożeń w zakresie aparatów i urządzeń elektrycznych (w tym elektrotrakcyjnych) oraz inteligentnych systemów zarządzania budynkami, dla kształcenia i wychowywania wysokokwalifikowanych kadr naukowych oraz inżynierskich, mogących sprostać wyzwaniom nowoczesnej gospodarki poprzez rozwiązywanie problemów technicznych i technologicznych, wdrażanie wyników badań naukowych do praktyki gospodarczej oraz uczestnictwo w krajowej i światowej wymianie naukowej i technicznej.
- Katedra jest wspólnotą nauczycieli akademickich, doktorantów, studentów i pozostałych pracowników oraz absolwentów, jednoczących się w dbałości o jej terażniejszość i przyszłość. Uznajemy za nadrzędne znane zasady akademickie: poszanowanie godności, indywidualnych przekonań, praw obywatelskich i aspiracji każdego człowieka, respektowanie obowiązków i swobód akademickich, dążenie do prawdy naukowej, szacunek dla wiedzy i umiejętności, otwartość na nowe idee, rzetelność w udostępnianiu i upowszechnianiu wiedzy, a także zero tolerancji dla plagiatostwa lub innego naruszania zasad etycznych. Dotyczy to w jednakowym stopniu wszystkich członków wspólnoty.
- Szacunek dla celu i dobra wspólnego buduje dobre imię Katedry, utrwala akademickie obyczaje i wzorce kulturowe. Dbalosc o rozwój podmiotowości i samorządności studentów, w tym zwłaszcza studenckiego ruchu naukowego, pozwala na kształcenie młodzieży studenckiej na kompetentnych specjalistów oraz światłych i odpowiedzialnych obywateli. Przekazywanie studentom nie tylko niezbędnej wiedzy i umiejętności, ale także wspomaganie ich pasji badawczej kształtowanie twórczych postaw, odpowiedzialności i rzetelnego wykonywania swoich obowiązków, jest głównym celem dydaktycznym Katedry, co z kolei dobrze służy gospodarce i całemu społeczeństwu.





POLITECHNIKA ŁÓDZKA



KATEDRA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH

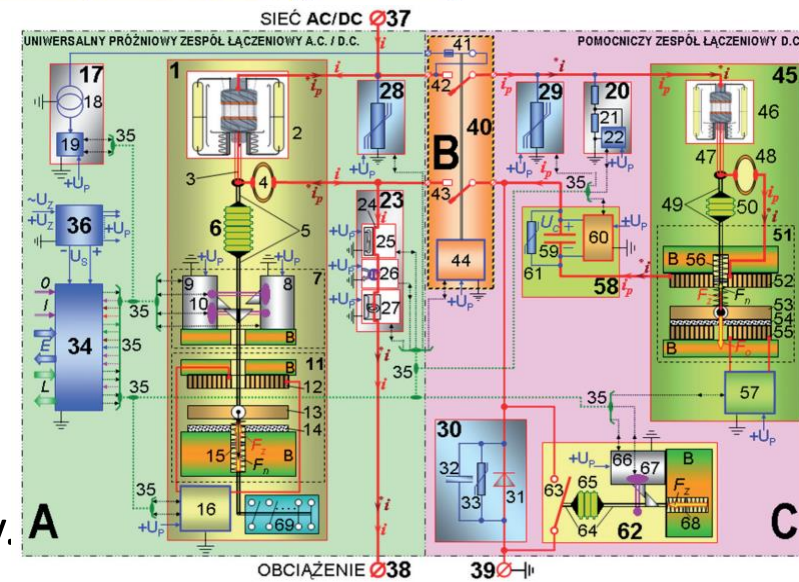
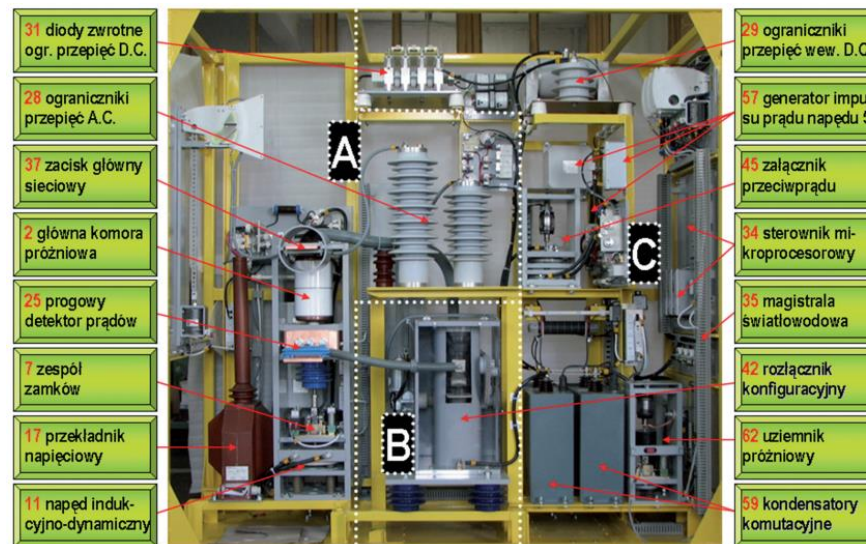


wydział  
elektrotechniki  
elektroniki  
informatyki  
i automatyki

UDZIAŁ KATEDRY APARATÓW ELEKTRYCZNYCH W KSZTAŁCENIU NA KIERUNKU KIERUNEK ELEKTROTECHNIKA WEEIA PŁ

## KATEDRA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH PROWADZI M.IN. NASTĘPUJĄCE ZAJĘCIA NA KIERUNKU ELEKTROTECHNIKA:

- Aparaty elektroenergetyczne
  - Urządzenia elektryczne
  - Elektrodynamika w aparatach elektrycznych
  - Sieci komputerowe
  - Metodologia zarządzania podmiotami gospodarczymi
  - Metodologia projektowania
  - Informatyzacja procesów biznesowych
  - Kriotechnika w zasobnikowych systemach użytkowania energii elektrycznej
  - Hybrydowe i półprzewodnikowe urządzenia łączeniowe
  - Technologie sześćofluorkowe w elektrotechnice
  - Technologie próżniowe w elektrotechnice
  - Technologie wodorowe w elektrotechnice
- Do realizacji w/w zajęć posiadamy obszerne zaplecze dydaktyczno-naukowe  
Oraz doświadczenie praktyczne, gromadzone latami przez pracowników Katedry.







POLITECHNIKA ŁÓDZKA



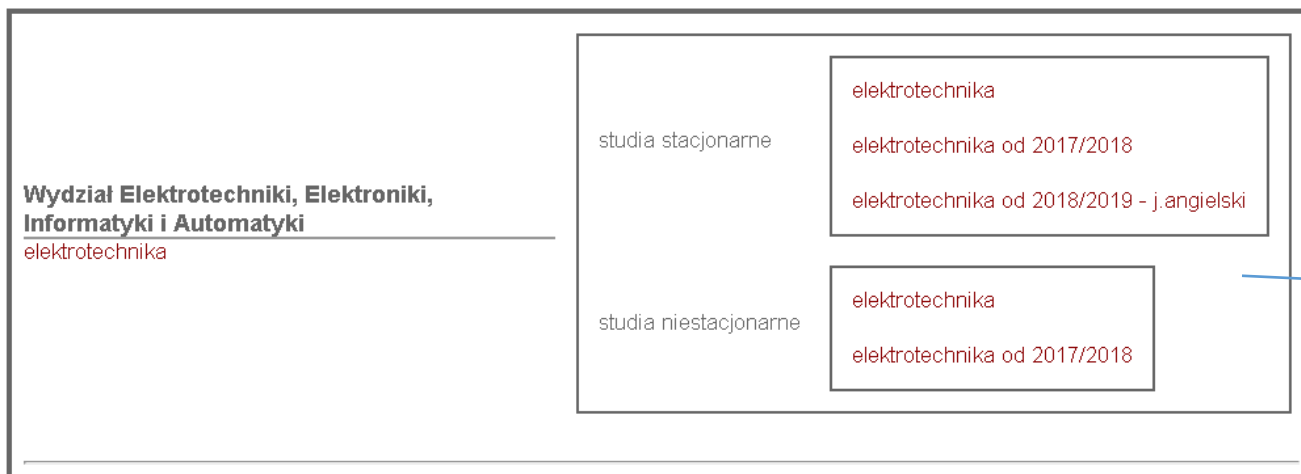
KATEDRA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH

KIERUNEK ELEKTROTECHNIKA NA WYDZIALE WEEIA PŁ



wydział  
elektrotechniki  
elektroniki  
informatyki  
i automatyki

studia pierwszego stopnia



studia drugiego stopnia



## KATEDRA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH OD WIELU LAT WSPÓŁPROWADZI SPECJALNOŚĆ PRZETWORNIKI ELEKTROMECHANICZNE

GŁÓWNE SPECJALNOŚCI DLA ELEKTROTECHNIKI:

AUTOMATYKA I METROLOGIA

ELEKTROENERGETYKA

**PRZETWORNIKI ELEKTROMECHANICZNE**

TRANSFORMATORY I MASZYNY ELEKTRYCZNE W PRZEMYSŁE

TECHNOLOGIE INTERNETOWE W MECHATRONICE

AUTOMATIC CONTROL AND ELECTRIC POWER ENGINEERING

AUTOMATIC CONTROL AND METROLOGY

ELECTRICAL POWER ENGINEERING

ELECTRICAL TRANSFORMERS

**PRZETWORNIKI ELEKTROMECHANICZNE  
TO SPECJALNOŚĆ, W TRAKCIE KTOREJ STARAMY SIĘ  
PRZEKAZAĆ STUDENTOM JAK NAJWIECIEJ  
SPECJALISTYCZNEJ WIEDZY PRAKTYCZNEJ POPARTEJ  
NASZYMI OSIĄGNIĘCIAMI NAUKOWYMI, WDROŻENIAMI  
PRZEMYSŁOWYMI I WSPÓŁPRACĄ MIĘDZYNARODOWĄ**





POLITECHNIKA ŁÓDZKA



KATEDRA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH



wydział  
elektrotechniki  
elektroniki  
informatyki  
i automatyki

Podstawowe obszary badań naukowych, specjalizacji i edukacji w Katedrze Aparatów Elektrycznych

## Aparatura Elektryczna

### Technologie stykowe

- > Konstrukcja i badania zestyków,
- > Technologie ultraszybkie,
- > Technologie styków kompozytowych,
- > Elektrodynamika styków,
- > Modelowanie i symulacja łączników.

### Inteligentny budynek

- > Sterowanie urządzeniami budynku,
- > Integracja systemów Smart City,
- > Systemy BMS,
- > Współpraca z systemami DSR,
- > Systemy OZE.

### Automatyka przemysłowa

- > Sterowniki PLC,
- > Przebiegniki i falowniki,
- > Servo-napędy i multi-napędy,
- > Wizualizacja HMI i SCADA,
- > Komunikacja przemysłowa,
- > Technologie Przemysł 4.0.

### Elektroenergetyka

- > Liczniki inteligentne,
- > Power Line Communication,
- > Urządzenia dla DSR,
- > Inteligentne systemy pomiarowe
- > Rozwiązania Smart Grids.



POLITECHNIKA ŁÓDZKA



KATEDRA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH



wydział  
elektrotechniki  
elektroniki  
informatyki  
i automatyki

## Projektowanie i badanie styków i łączników elektrycznych

- Konstrukcja ultraszybkich łączników prądu stałego i przemiennego oraz ograniczników przepięć:
  - **współpraca z CERN\*** – wykonanie najnowszej generacji zabezpieczeń dla elektromagnesów LHC\*\*,
- Projektowanie energooszczędnych układów i urządzeń zasobnikowych do użytkowania energii elektrycznej,
- Badania elektrodynamiki aparatów elektrycznych,
- Badanie zjawisk fizycznych w stykach elektrycznych:
  - **erozji łukowej, szepiania, rezystancji zestykowej,**
- Ocena eksperymentalna właściwości materiałów stykowych,
- Opracowanie skomputeryzowanych systemów badań łączników elektrycznych i ich elementów,
- Ekspertyzy i doradztwo z zakresu zastosowania i pracy w łącznikach materiałów stykowych.



\* **Europejska Organizacja Badań Jądrowych CERN** (fr. *Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire*) – ośrodek naukowo-badawczy położony na północno-zachodnich przedmieściach Genewy na granicy Szwajcarii i Francji, pomiędzy Jeziorem Genewskim a górkim pasmem Jury. Obecnie do organizacji należą dwadzieścia dwa państwa. CERN zatrudnia 2600 stałych pracowników oraz około 8000 naukowców i inżynierów reprezentujących ponad 500 instytucji naukowych z całego świata. Najważniejszym narzędziem ich pracy jest największy na świecie **akcelerator cząstek – Wielki Zderzacz Hadronów**. <https://pl.wikipedia.org/wiki/CERN>

\*\***Wielki Zderzacz Hadronów** ([ang. Large Hadron Collider, LHC](https://en.wikipedia.org/wiki/Large_Hadron Collider)) – największy na świecie **akcelerator cząstek (hadronów)**, znajdujący się w Europejskim Ośrodku Badań Jądrowych **CERN** w pobliżu **Genewy**. LHC jest położony na terenie **Francji** oraz **Szwajcarii**<sup>[1]</sup>. Wielki Zderzacz Hadronów jest największą **maszyną** świata. Jego zasadnicze elementy są umieszczone w tunelu w kształcie **torusa** o długości około 27 km<sup>[2]</sup>, położonym na głębokości od 50 do 175 m pod ziemią<sup>[3]</sup>. [https://pl.wikipedia.org/wiki/Wielki\\_Zderzacz\\_Hadronów](https://pl.wikipedia.org/wiki/Wielki_Zderzacz_Hadronów)





POLITECHNIKA ŁÓDZKA



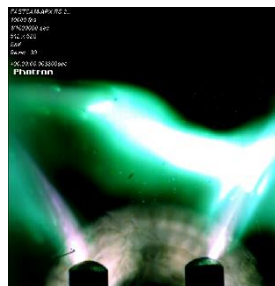
KATEDRA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH



wydział  
elektrotechniki  
elektroniki  
informatyki  
i automatyki

## Stanowiska badawcze - projektowanie i badanie styków i łączników elektrycznych

- Stanowisko do badania erozji łukowej i rezystancji zestykowej przy małych prądach,
- Stanowisko do badań erozji łukowej, rezystancji zestykowej i temperatury styków przy dużych prądach,
- Stanowisko do badań szepiania statycznego styków,
- Stanowisko do badań szepiania dynamicznego,
- Stanowisko do badań łączeniowych łączników instalacyjnych klawiszowych,
- Stanowisko do badań łączenia prądu i pomiaru rezystancji zestykowej w przekaźnikach samochodowych.







POLITECHNIKA ŁÓDZKA



KATEDRA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH

Laboratoria naukowo-dydaktyczne dla praktyków

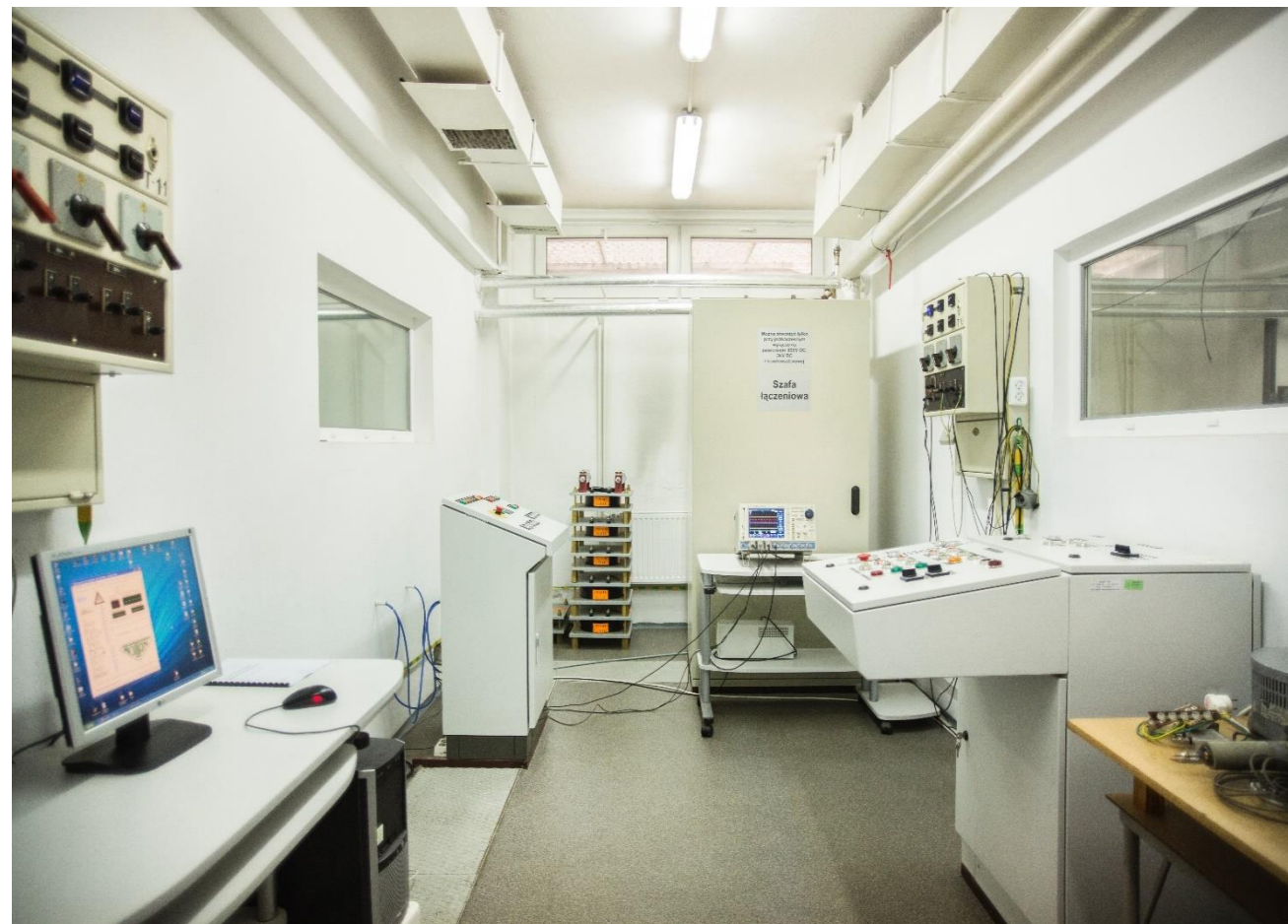


wydział  
elektrotechniki  
elektroniki  
informatyki  
i automatyki

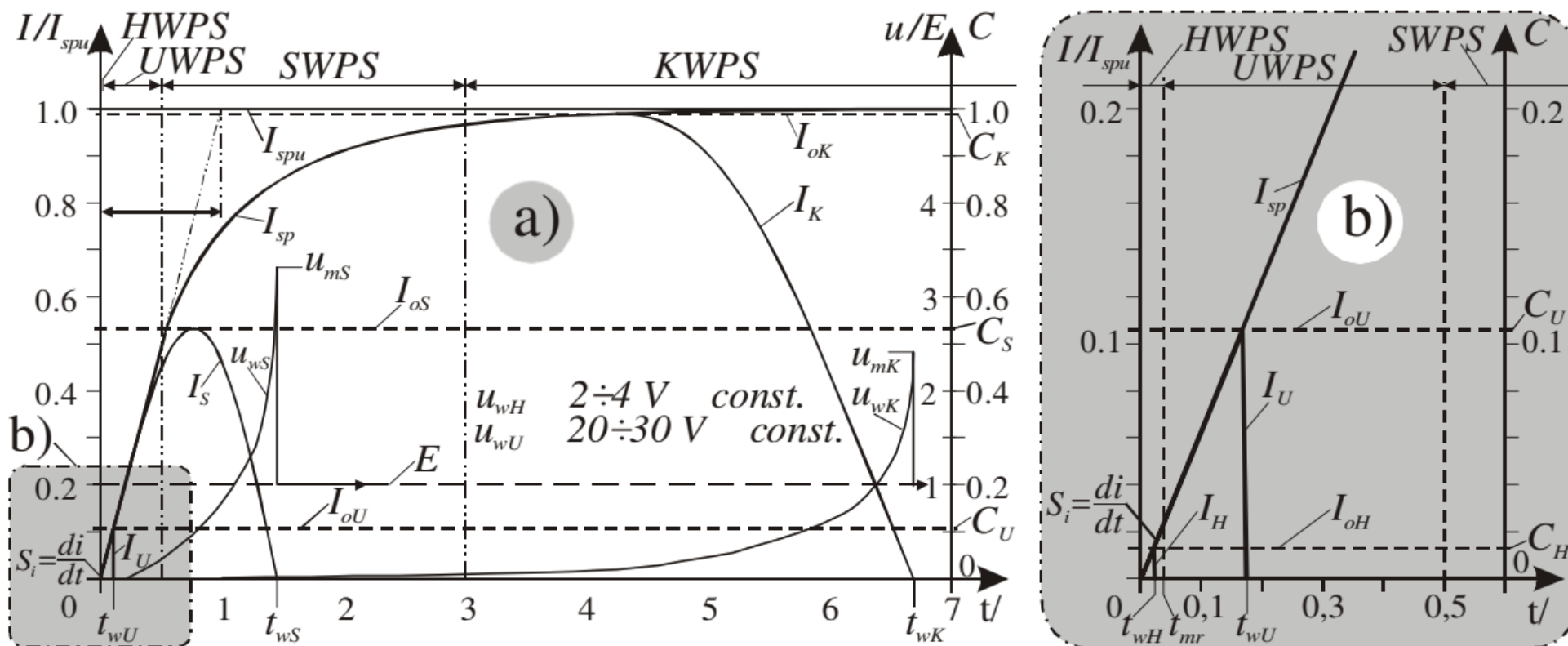
Laboratorium specjalistyczne, weryfikujące i ugruntowujące praktycznie umiejętności teoretyczne zdobyte w trakcie dwóch lat studiowania. Cel laboratoriów, to przekazanie jak najwięcej wiedzy praktycznej oraz poznanie podstawowych zjawisk łączeniowych oraz badanie łuku elektrycznego, wpływu obwodu elektrycznego na warunki pracy łącznika. Dodatkowo przekazana zostanie studentom wiedza z zakresu podstawowych właściwości łączeniowych łączników zestykowych oraz półprzewodnikowych. Do tego celu wykorzystana zostanie szeroka gama aparatury kontrolno – pomiarowej będącej na wyposażeniu Katedry.

Do realizacji w/w zadań posiadamy laboratoria:

1. Zwarcionia trakcji tramwajowej 800 VDC
2. Zwarcionia trakcji kolejowej 3 kV DC
3. Zwarcionia kondensatorowa
4. Zwarcionia 25 kV
5. Zwarcionia transformatorowa AC  $U = 125 \div 1$  kV

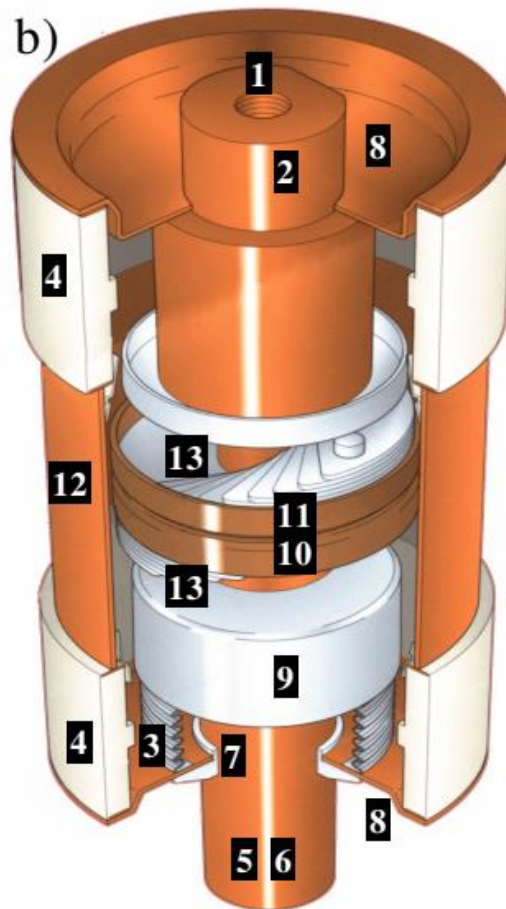


Zasady podstawowej klasyfikacji wyłączników prądu stałego - WPS



KWPS - klasyczne WPS, SWPS - szybkie WPS, UWPS - ultraszybkie WPS, HWPS - hiperszybkie WPS;  $I_{sp}$  - przykładowy przebieg prądu spodziewanego,  $I_{spu}$  - ustalony prąd spodziewany;  $I_o$  - prądy ograniczone:  $I_{oK}$  - dla KWPS,  $I_{oS}$  - dla SWPS,  $I_{oU}$  - dla UWPS,  $I_{oH}$  - dla HWPS;  $I$  - przebiegi prądu zwarciego:  $I_K$  - dla KWPS,  $I_S$  - dla SWPS,  $I_U$  - dla UWPS,  $I_H$  - dla HWPS;  $C=I_o/I_{spu}$  - współczynniki ograniczania prądu:  $C_K$  - dla KWPS,  $C_S$  - dla SWPS,  $C_U$  - dla UWPS,  $C_H$  - dla HWPS;  $t$  - czas wyłączenia:  $t_{wK}$  - dla KWPS,  $t_{wS}$  - dla SWPS,  $t_{wU}$  - dla UWPS,  $t_{wH}$  - dla HWPS;  $E$  - napięcie sieci trakcyjnej,  $u_w$  - napięcia na wyłącznikach:  $u_{wK}$  - klasycznym,  $u_{wS}$  - szybkim,  $u_{wU}$  - ultraszybkim,  $u_{wH}$  - hiperszybkim;  $\tau$  - stała czasowa obwodu zwarciego;  $s_i=di/dt=I_{spu}/\tau$  - początkowa stromość wzrostu prądu zwarciego;  $t_{mr}$  - minimalny czas reakcji organu ruchomego wyłącznika wytrzymywany bez ograniczenia jego trwałości mechanicznej.

Komory próżniowe dla ultraszybkiego wyłącznika prądu stałego - UWPS



Komory próżniowe dla UWPS:

a) komora z zestykiem spiralnym i polem radialnym,

b) komora z ferrozestykiem i polem osiowym.

1 - przyłącza napędów,

2 - przyłącza elektryczne obwodów do styków ruchomych,

3 - mieszki, 4 - izolatory,

5 - przyłącza zespołowe komór (elektryczne 5 razem z zawieszeniem 6),

7 - prowadnice, 8 - pokrywy,

9 - ekrany, 10 - styki ruchome,

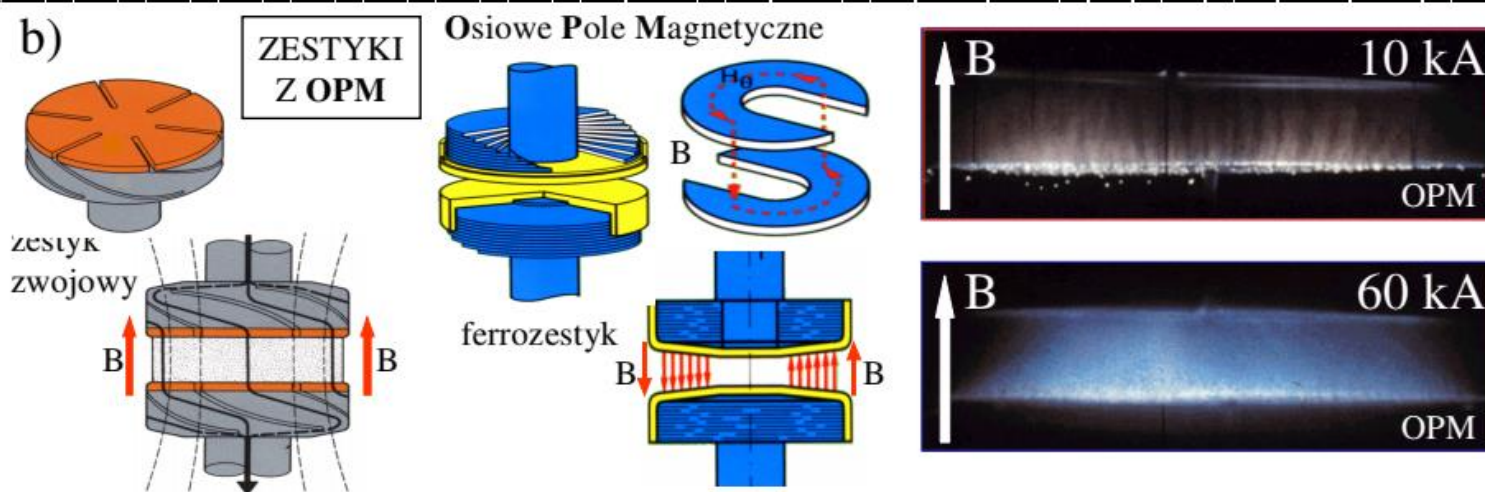
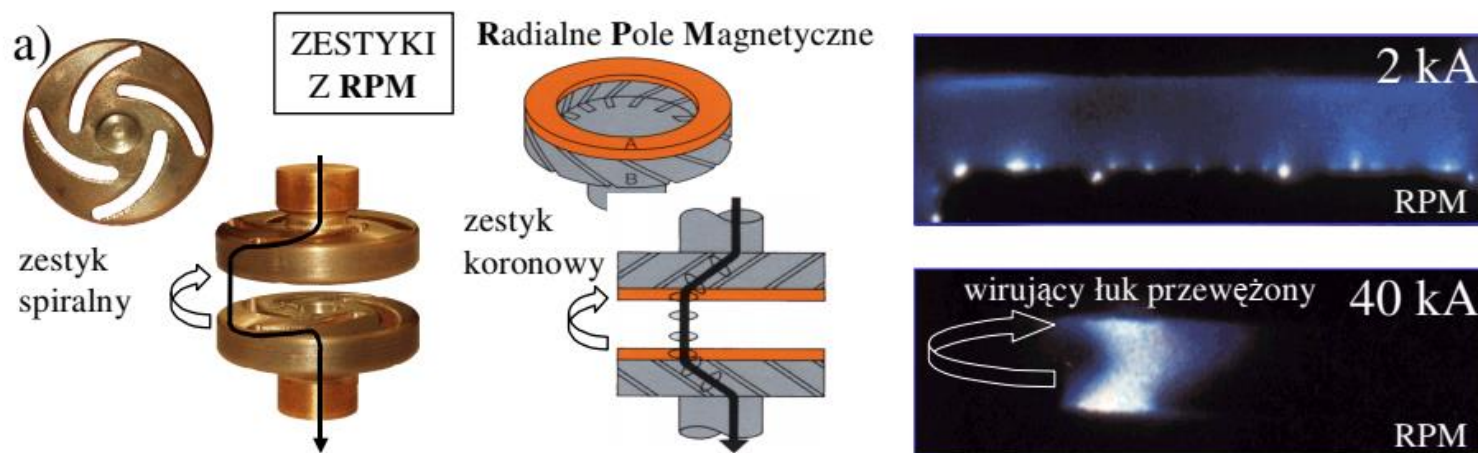
11 - styki nieruchome,

12 - stalowy korpus cylindryczny,

13 - podkowiaste elementy stalowe kształtujące pole magnetyczne.



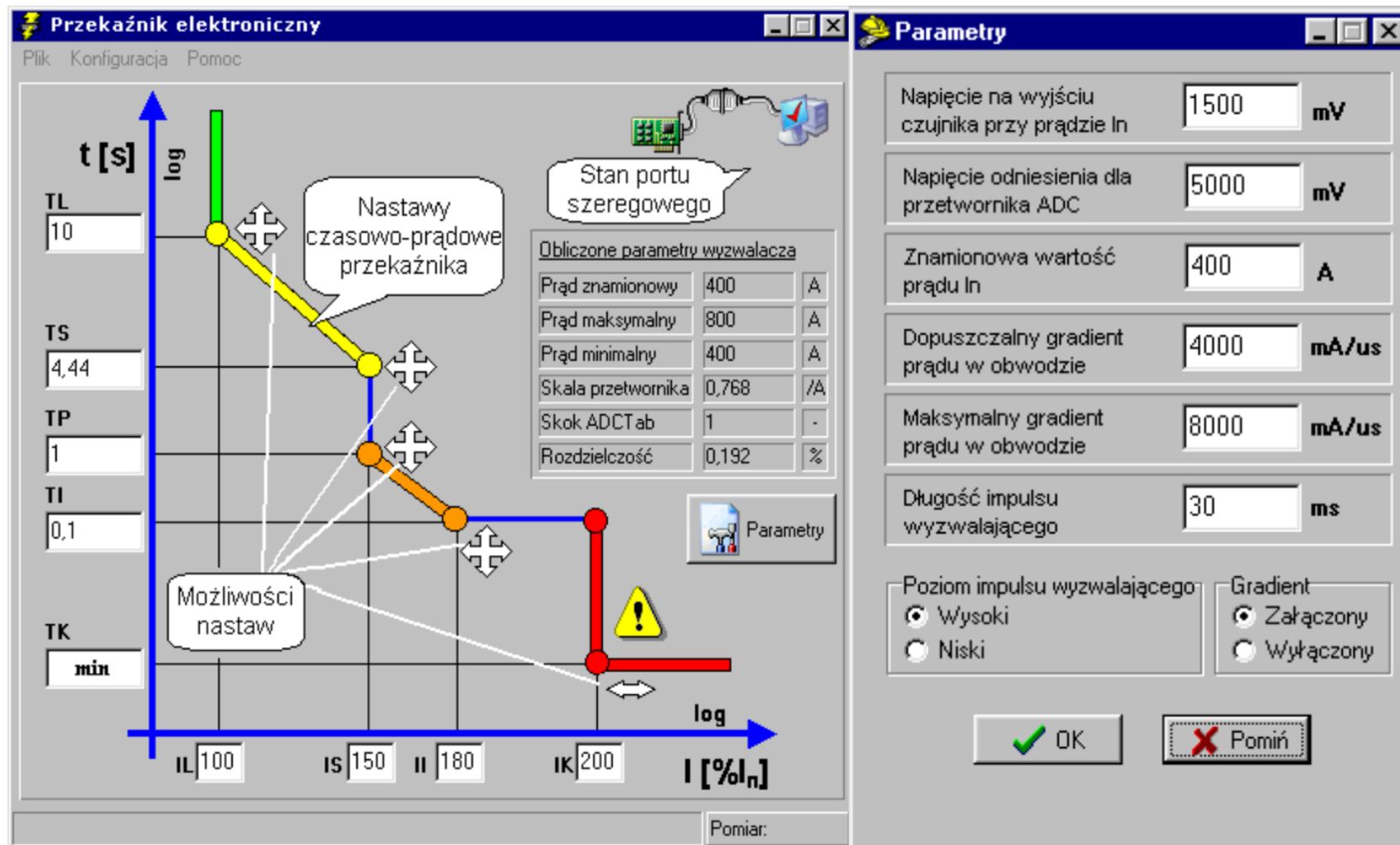
Formy łuku próżniowego oraz wpływ pola magnetycznego radialnego i osiowego na łuk



Zestyki komór próżniowych dla ultraszybkiego wyłącznika prądu stałego - UWPS:

a) zestyki spiralny i koronowy generujące pole radialne ze składową styczną do zestyku, nie mającą wpływu na łuk dyfuzyjny i powodującą obwodowe wirowanie łuku przewężonego;

b) Zestyk zwojowy oraz ferrozestyk, generujące pole osiowe zwiększające prąd graniczny przemiany łuku dyfuzyjnego w łuk przewężony.



Opracowane w Katedrze KAE oprogramowanie umożliwia:

- wprowadzanie danych dla czujnika prądu,
- dobór skali prądu poprzez zmiany skali przeliczenia napięcia z czujnika na prąd,
- zmiany wartości napięcia odniesienia dla przetwornika,
- zmiany długości i poziomu trwania impulsu wyzwalającego,
- zmiany minimalnej i maksymalnej wartości  $di/dt$  identyfikującej zwarcie,
- wybór trybu pracy (załączenie/wyłączenie trybu pracy stromościowej),
- zmiany (pięciopunktowe) nastaw przeciążeniowych charakterystyk czasowo – prądowych,
- zapis (odczyt) danych do pliku danych konfiguracyjnych.

Wprowadzenie kolejnych parametrów jest kontrolowane przez program i w chwili wykrycia błędu pojawia się odpowiedni komunikat, np. przy podaniu wartości prądu  $I_k$  poza zakresem pomiarowym czujnika itp.



POLITECHNIKA ŁÓDZKA

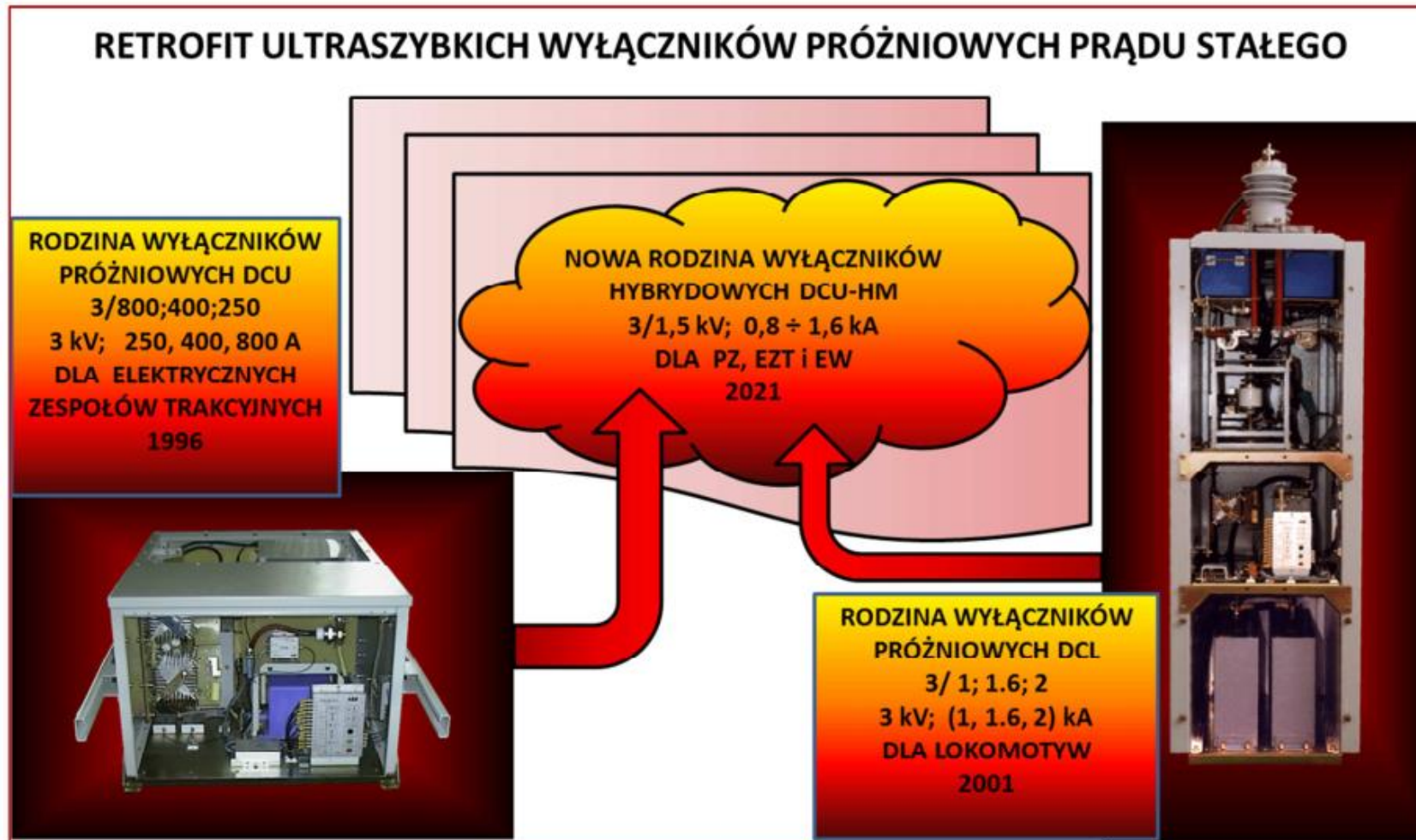


KATEDRA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH



wydział  
elektrotechniki  
elektroniki  
informatyki  
i automatyki

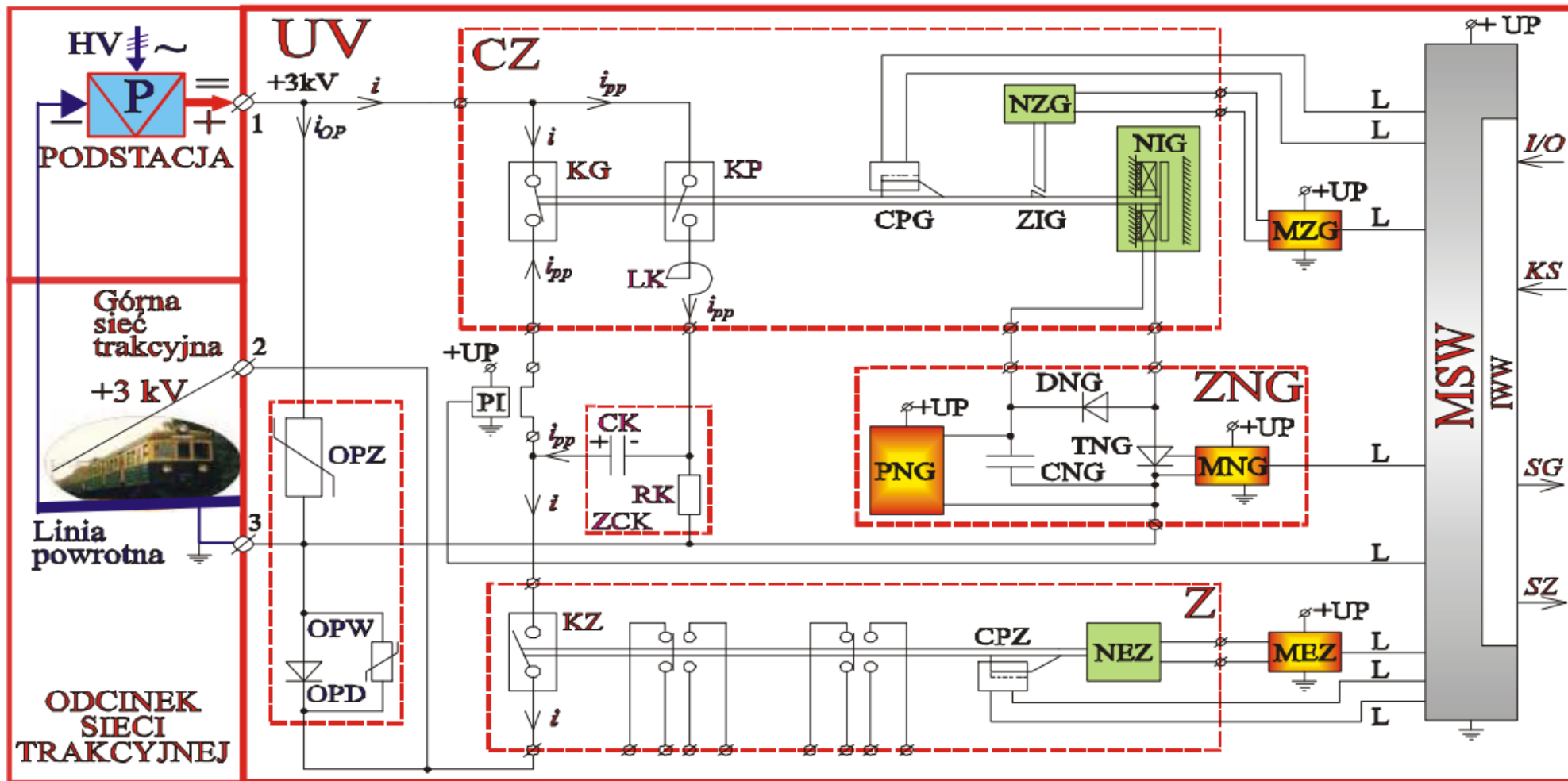
Nowa rodzina wyłączników hybrydowych DCU-HM 3/1,5 kV; 0,8 ÷ 1,6 kA dla PZ, EZT i EW jako wynik retrofitu





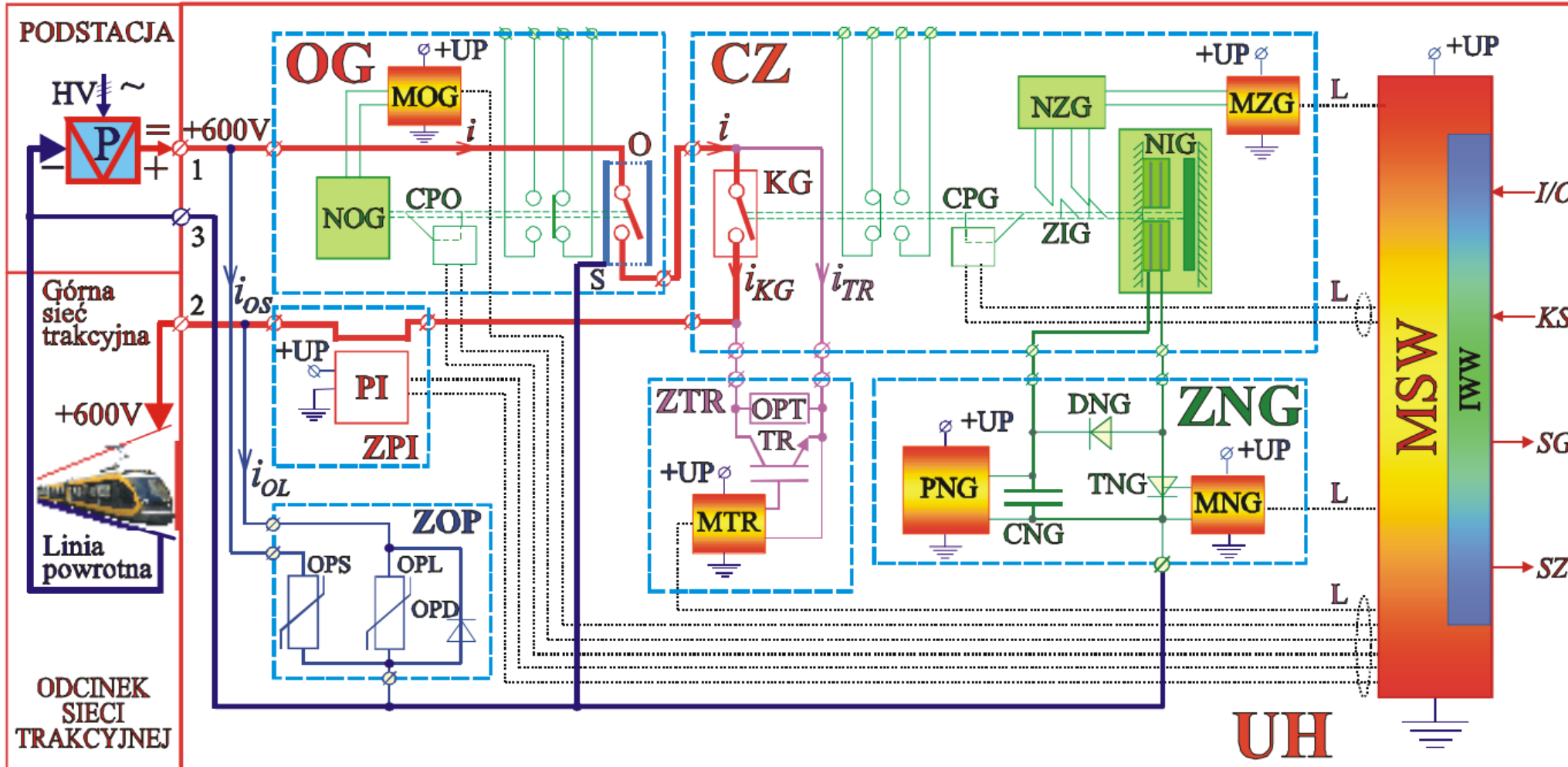


Uproszczony schemat ideowo blokowy wyłącznika próżniowego - UV



CZ - człon zestykowy; KG - komora próżniowa główna (wyłączająca), KP - komora próżniowa pomocnicza (załączająca przeciwprąd), NIG - napęd indukcyjno - dynamiczny, ZIG - zamek napędu NIG, NZG - napęd zamka ZIG, CPG - czujnik położenia członu CZ; ZNG - zespół zasilania napędu NIG: CNG - kondensator, PNG - przetwornica do ładowania kondensatora CNG, DNG - dioda, TNG - tyrystor; Z - załącznik: KZ - komora próżniowa załączająca (obwód główny), NEZ - napęd elektromagnesowy załącznika Z; ZCK - zespół kondensatora komutacyjnego; CK - kondensator komutacyjny, RK - opornik do ładowania kondensatora CK; LK - dławik komutacyjny; ograniczniki przepięć: OPZ - zewnętrznych, OPW - wewnętrznych, OPD - układ diod rewersyjnych; MSW - mikroprocesorowy sterownik wyłącznika, IWW - interfejs wejście / wyjście, PI - przekaźnik nadprądowy; UP - napięcie pomocnicze,  $i$  - prąd główny,  $i_{pp}$  - przeciwprąd,  $i_{OP}$  - prąd wyładowczy ogranicznika przepięć; L - łącza światłowodowe; 1, 2, 3 - zaciski przyłączeniowe główne; sygnały: I/O - zespolony s. sterujący załącz/wyłacz, KS - s. kasowania sygnału wyłączenia zwarcia SZ, SG - s. stanu gotowości.

Schemat blokowy wyłącznika hybrydowego próżniowo – tranzystorowego



Zaciski przyłączeniowe: 1 - z. wejściowy, 2 - z. wyjściowy, 3 - z. uziomowy;  
 OG - zespół odcinacza: O - łącznik powietrzny, S - uziemiony ekran,  
 NOG - napęd elektromagnesowy; CZ zespół wyłączający: KG - komora próżniowa, NIG – napęd indukcyjno-dynamiczny, NZG napęd elektromagnesowy zamka ZIG; czujniki położenia: CPO - napędu NOG, CPG - napędu NIG; ZNG - zasilacz napędu NIG; PNG - przetwornica, CNG - kondensator, DNG - dioda, TNG - tyrystor; ZTR zespół tranzystora: TR - tranzystor IGBT, OPT - ogranicznik przepięć; ZPI - zespół przekątnika nadprądowego PI; ZOP – zespół ograniczników przepięć: OPD - diodowy o. p., OPL - o. p. zewnętrznych, OPS - o. p. wewnętrznych; MSW - mikroprocesorowy sterownik wyłącznika ze światłowodową transmisją sygnałów, IWW - interfejs wejście / wyjście, L - światłowodowy; sterowniki: MOG - s. napędu NOG, MZG - s. napędu NZG, MNG - s. napędu NIG, MTR - s. tranzystora TR; zewnętrzne sygnały sterujące: I/O - zespolony s. ZAŁ/WYŁ, I - s. załączający, O - s. wyłączający, SG - s. stanu gotowości, SZ - s. wyłączenia zwarcia, KS - s. kasowania s. SZ; P - podstacja trakcyjna; prądy:  $i$  - p. główny,  $i_{OL}$  oraz  $i_{OS}$  - p. ograniczników przepięć,  $i_{KG}$  - p. komory próżniowej,  $i_{TR}$  - p. tranzystora; napięcia: +600 V, U = - n. zasilające, UP = n. pomocnicze, HV - wysokie n.; uA - n. łuku w komorze KG,





POLITECHNIKA ŁÓDZKA

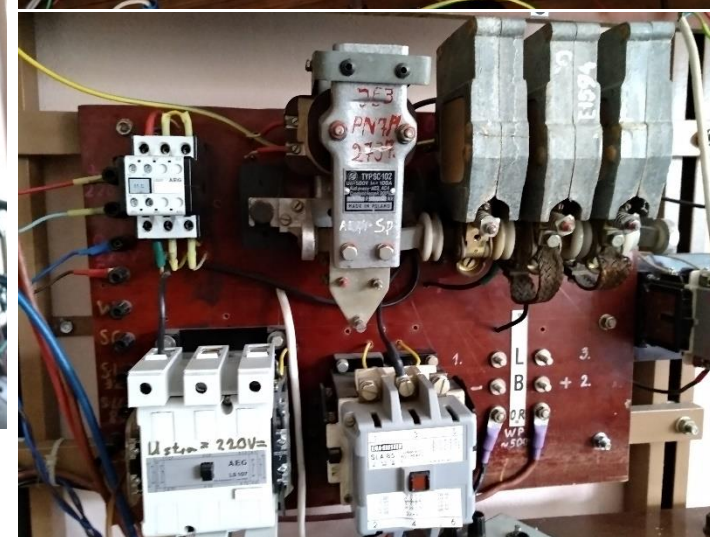
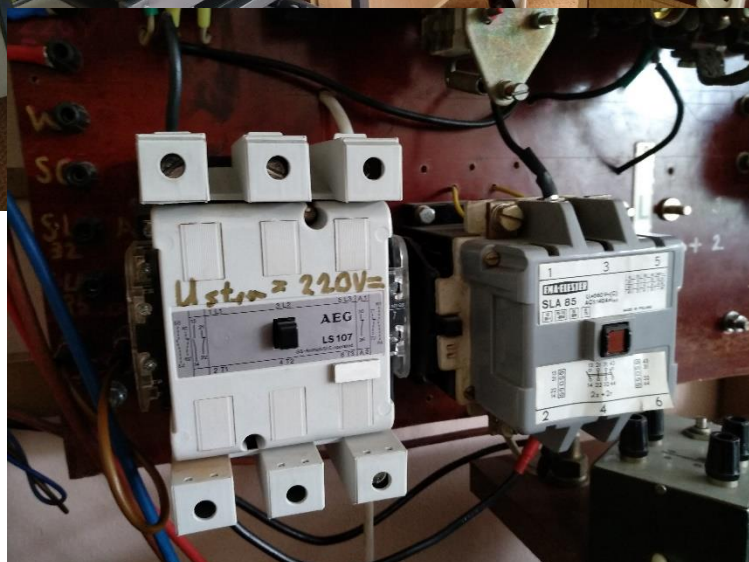
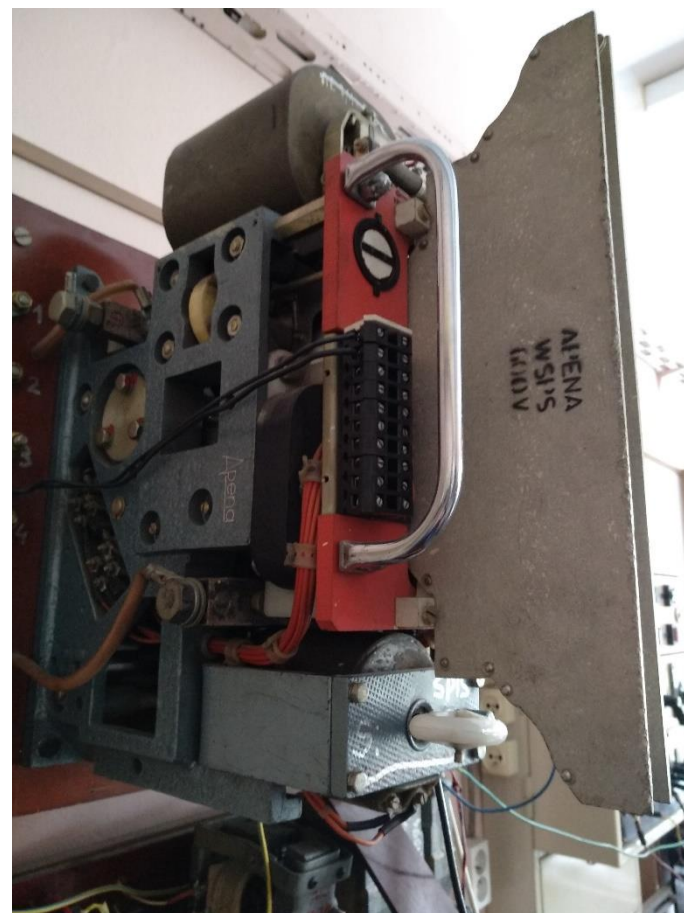


KATEDRA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH



wydział  
elektrotechniki  
elektroniki  
informatyki  
i automatyki

Laboratoria i badania z zakresu technologii łączeniowych elementów mechatroniki







POLITECHNIKA ŁÓDZKA

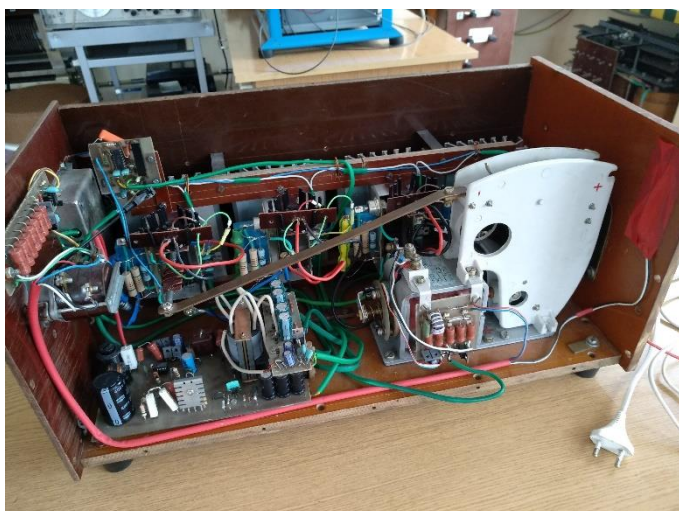
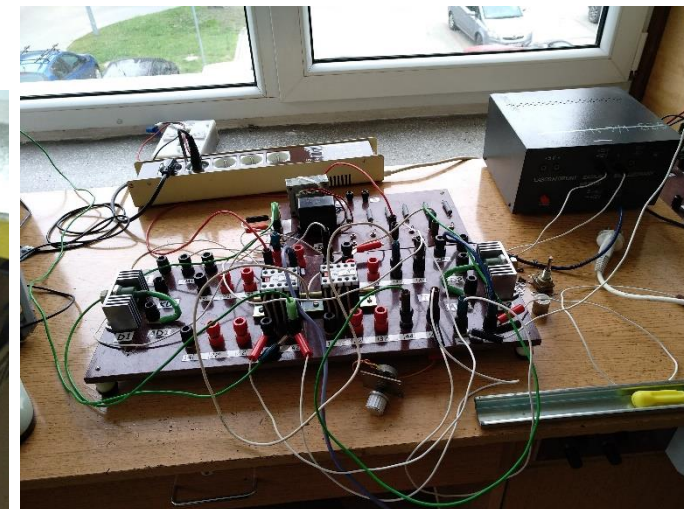


KATEDRA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH



wydział  
elektrotechniki  
elektroniki  
informatyki  
i automatyki

Laboratoria i badania z zakresu technologii łączeniowych elementów mechatroniki







POLITECHNIKA ŁÓDZKA

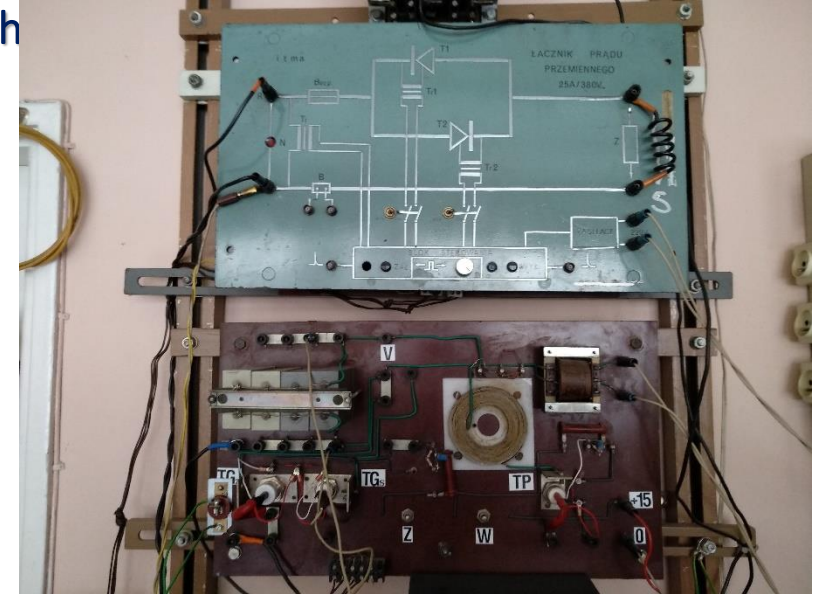
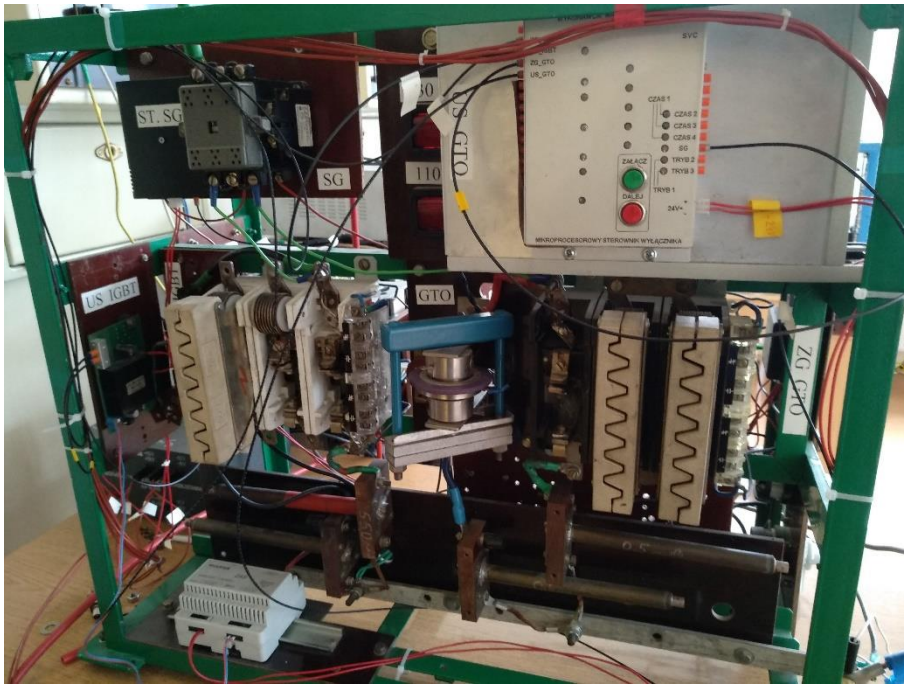


KATEDRA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH



wydział  
elektrotechniki  
elektroniki  
informatyki  
i automatyki

Laboratoria i badania z zakresu technologii hybrydowych







POLITECHNIKA ŁÓDZKA

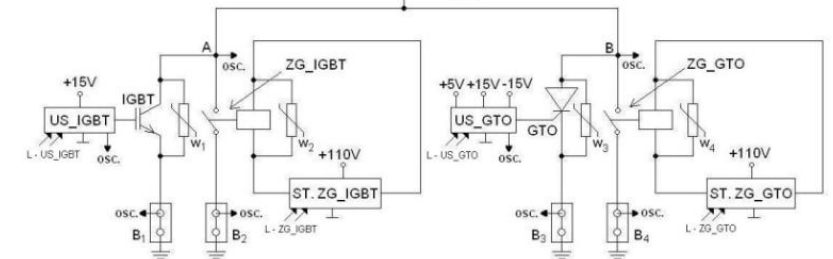
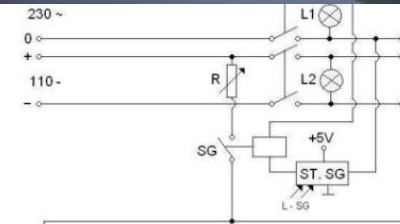
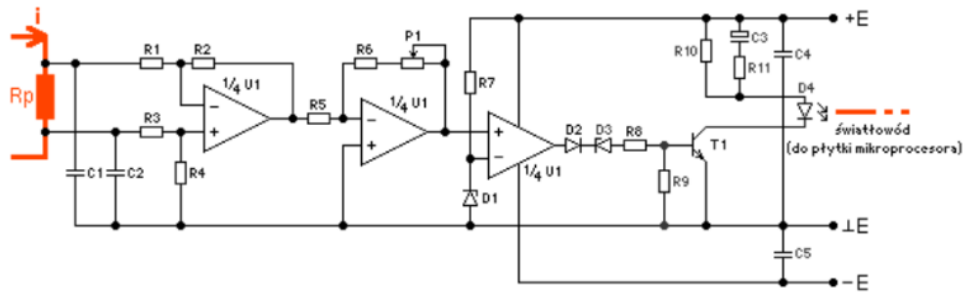
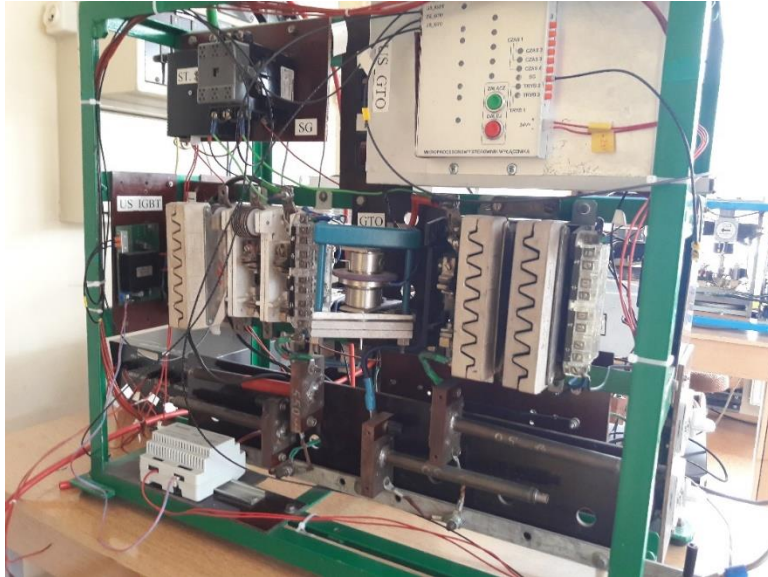


KATEDRA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH



wydział elektrotechniki elektroniki informatyki i automatyki

Laboratoria i badania z zakresu technologii hybrydowych i łączeniowych







POLITECHNIKA ŁÓDZKA

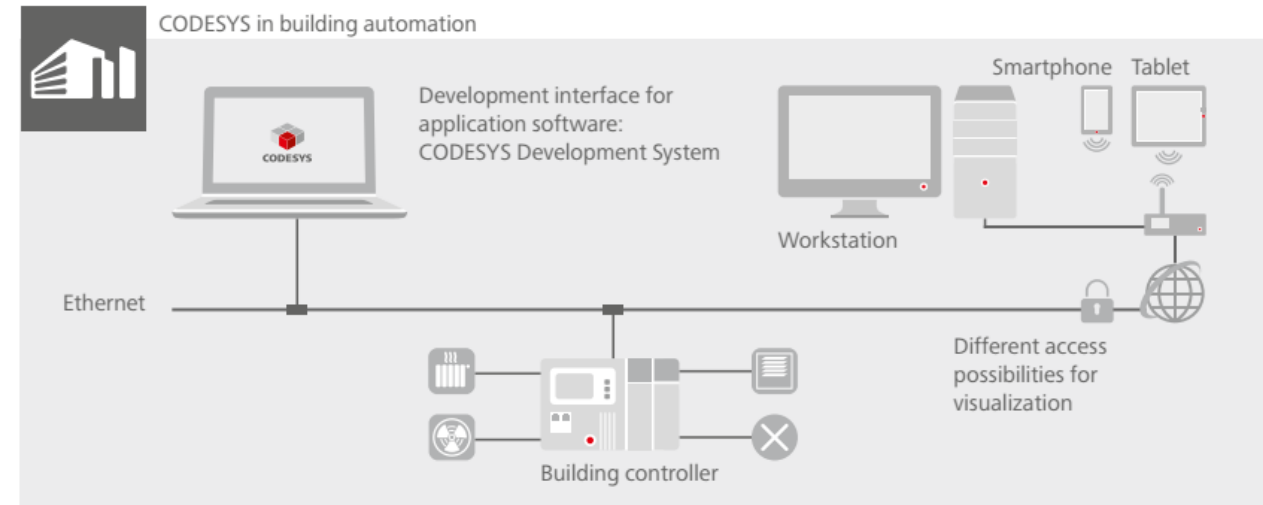
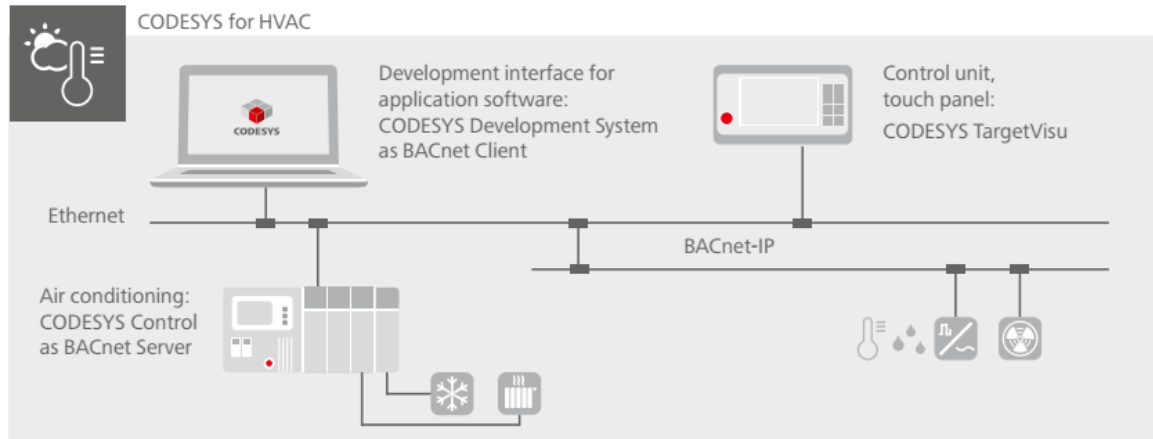
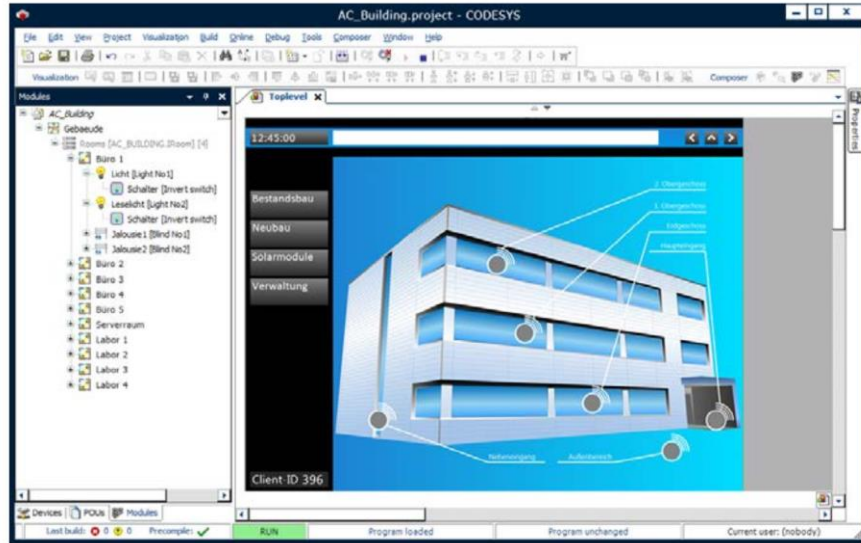


KATEDRA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH

AUTOMATYKA BUDYNKOWA – SMART HOME, SMART BUILDING



wydział elektrotechniki elektroniki informatyki i automatyki





POLITECHNIKA ŁÓDZKA

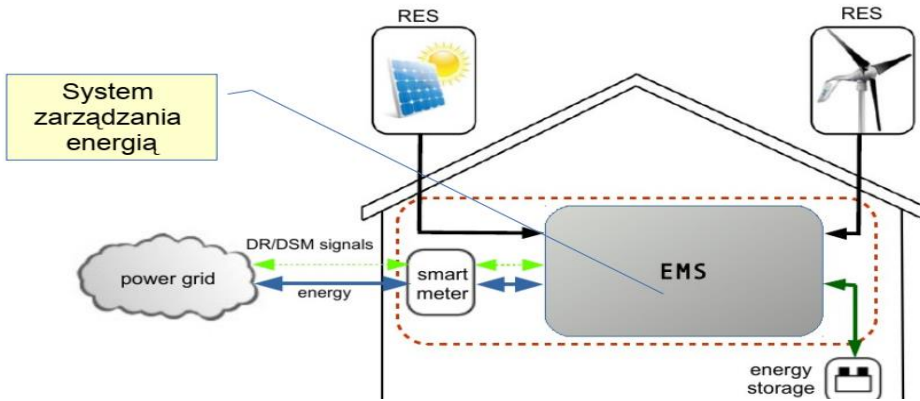


KATEDRA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH

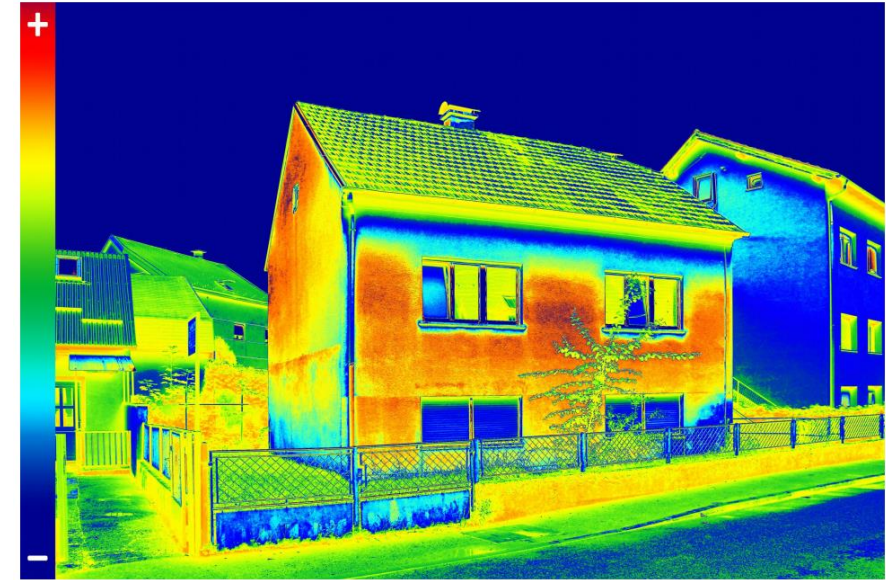
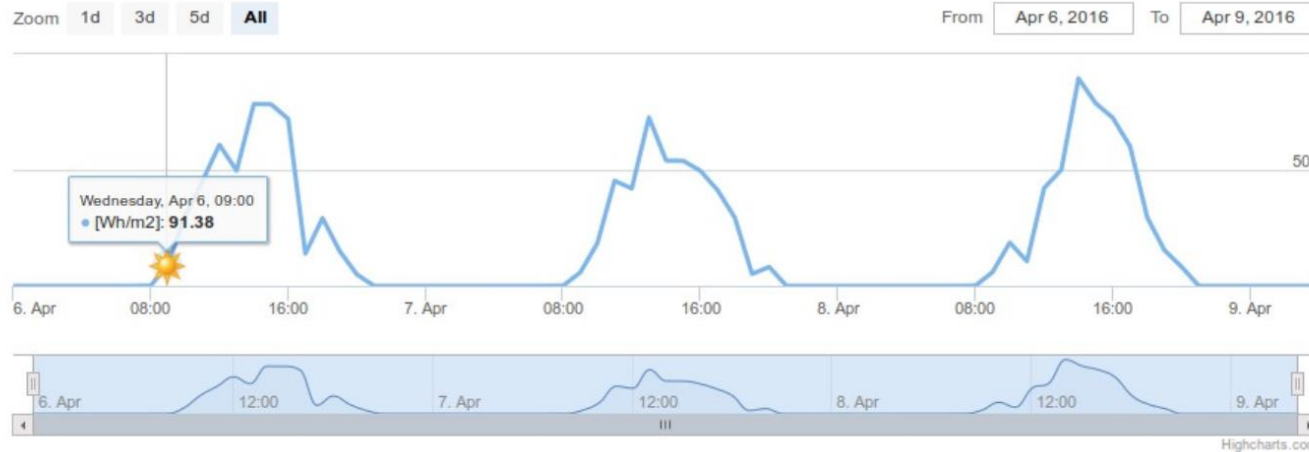


wydział elektrotechniki elektroniki informatyki i automatyki

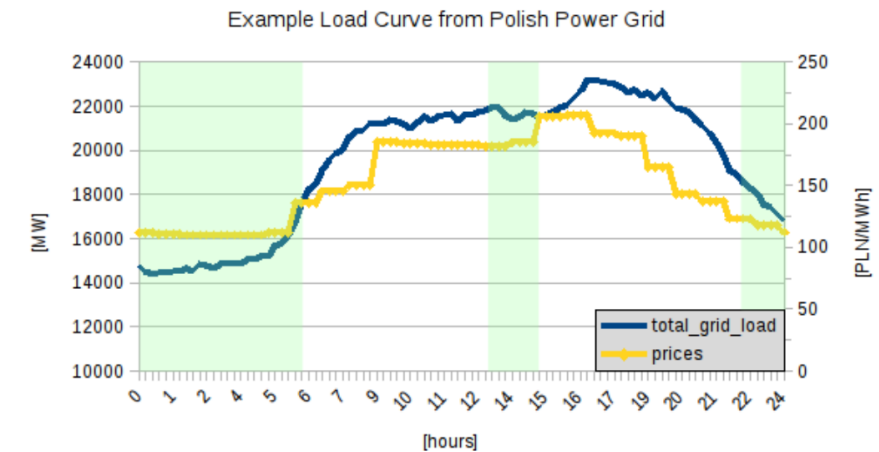
### Zarządzenie energią budynku



Hourly Global Tilted Solar Irradiation [Wh/m<sup>2</sup>]



Daily Load Curve





POLITECHNIKA ŁÓDZKA

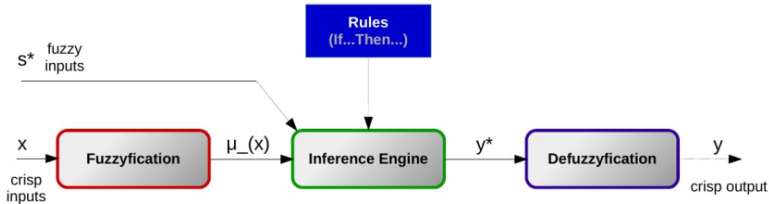


KATEDRA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH

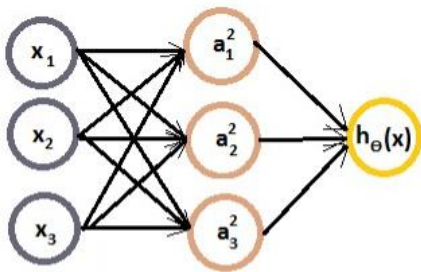
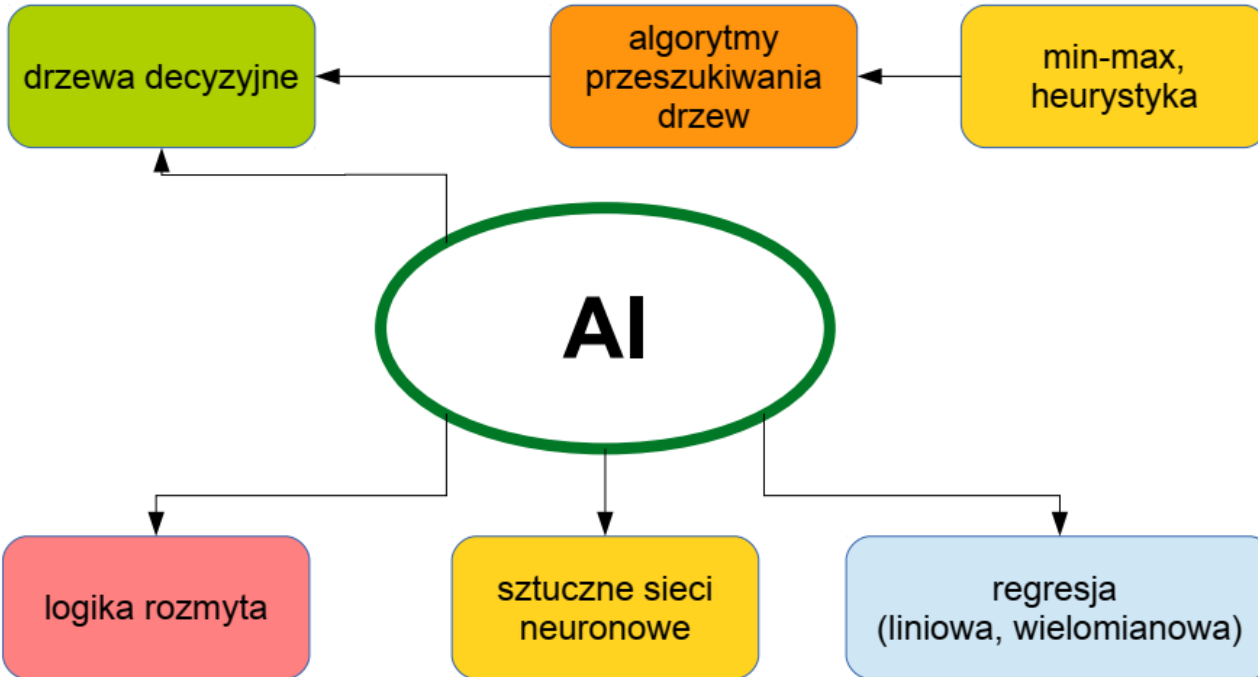
Inteligencja w zarządzaniu budynkiem



wydział elektrotechniki elektroniki informatyki i automatyki



IF active\_power IS high AND energy\_price IS cheap THEN cont\_b\_ne

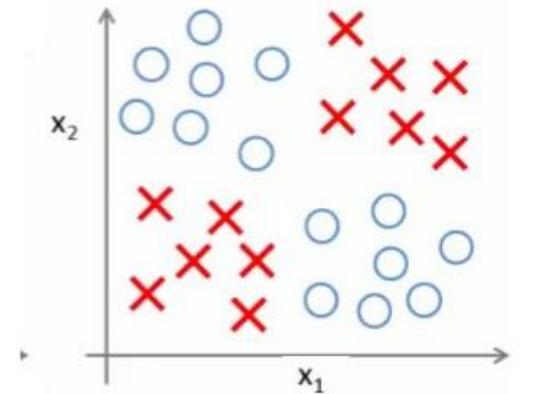
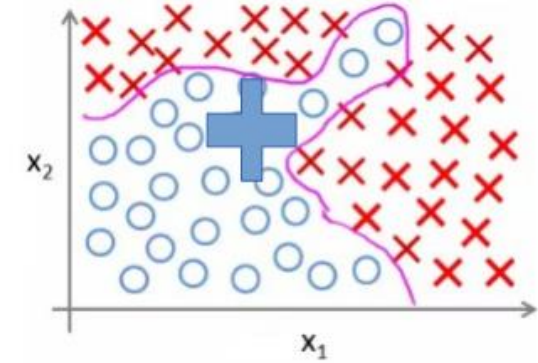


$$a_1^{(2)} = g(\Theta_{10}^{(1)} x_0 + \Theta_{11}^{(1)} x_1 + \Theta_{12}^{(1)} x_2 + \Theta_{13}^{(1)} x_3)$$

$$a_2^{(2)} = g(\Theta_{20}^{(1)} x_0 + \Theta_{21}^{(1)} x_1 + \Theta_{22}^{(1)} x_2 + \Theta_{23}^{(1)} x_3)$$

$$a_3^{(2)} = g(\Theta_{30}^{(1)} x_0 + \Theta_{31}^{(1)} x_1 + \Theta_{32}^{(1)} x_2 + \Theta_{33}^{(1)} x_3)$$

$$h_{\Theta}(x) = a_1^{(3)} = g(\Theta_{10}^{(2)} a_0^{(2)} + \Theta_{11}^{(2)} a_1^{(2)} + \Theta_{12}^{(2)} a_2^{(2)} + \Theta_{13}^{(2)} a_3^{(2)})$$







POLITECHNIKA ŁÓDZKA



KATEDRA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH



wydział  
elektrotechniki  
elektroniki  
informatyki  
i automatyki

Wdrażanie systemów smart-metering i integracja z automatyka budynkową

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/72/WE z dnia 13 lipca 2009 r.

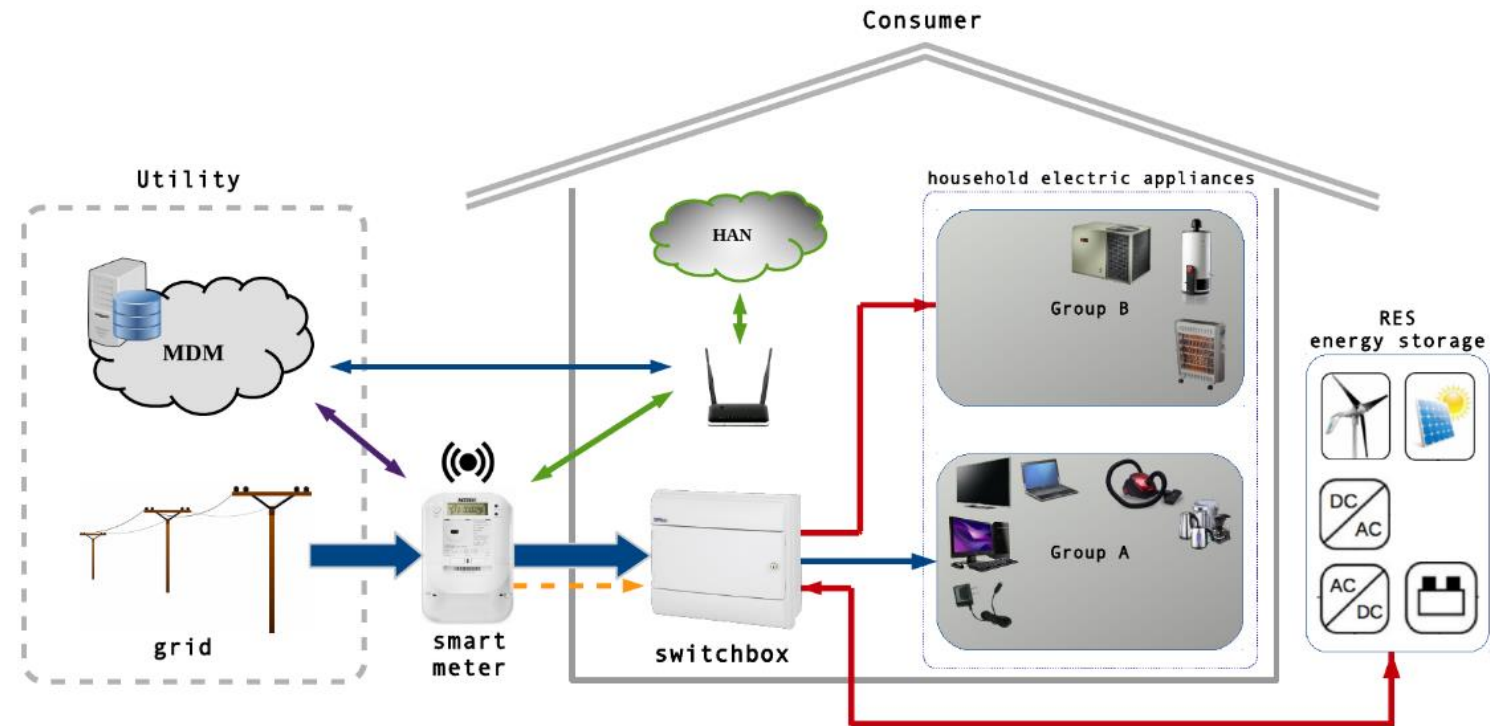


do 2020 r. w inteligentne systemy pomiarowe energii elektrycznej  
powinno być wyposażone co najmniej 80% konsumentów



## Obszar laboratoriów i badań w elektroenergetyce

- Liczniki inteligentne,
- Power Line Communication,
- Urządzenia dla DSR,
  - Liczniki energii dla automatyzacji usług DSR,
  - Moduły raportujące zużycie (kontrolno-pomiarowe),
  - Nagroda Siemens w 2017 roku za najlepszą pracę dyplomową,
- Systemy pomiarowe,
- Właściwości elektryczne i mechaniczne połączeń.





POLITECHNIKA ŁÓDZKA



KATEDRA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH



wydział  
elektrotechniki  
elektroniki  
informatyki  
i automatyki

## Laboratoria i badania z zakresu systemów inteligentnych

- Badania i analiza funkcjonalności systemów zarządzania budynkami (BMS),
- Opracowania algorytmów sterowania:
  - logika rozmyta, sieci neuronowe, techniki optymalizacyjne;
- Opracowania algorytmów dla systemów zintegrowanych z odnawialnymi źródłami energii,
- Opracowania algorytmów dla współpracy systemów inteligentnego budynku z urządzeniami zarządzających stroną popytową (DSR),
- Modelowanie i analiza problemów cieplnych w budynku.







POLITECHNIKA ŁÓDZKA



KATEDRA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH



wydział  
elektrotechniki  
elektroniki  
informatyki  
i automatyki

## Stanowiska dydaktyczne z zakresu systemów inteligentnych budynków

- Stanowiska badawcze i dydaktyczne z instalacjami inteligentnego budynku:
  - KNX, LCN, Bosch, Grenton, CODESYS, Soft PLC,
- Stanowiska badawcze i dydaktyczne dla rozwoju algorytmów sterowania inteligentnymi budynkami w oparciu o popularne platformy mikroprocesorowe:
  - Raspberry Pi, Arduino,
- Stanowiska sterowania budynkiem za pomocą gestów przy wykorzystaniu kamer VGA.





POLITECHNIKA ŁÓDZKA



# KATEDRA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH SMART METERING



wydział  
elektrotechniki  
elektroniki  
informatyki  
i automatyki



**Status** | **Profil obciążenia** | **Szczegółowe wskazania** | **Ustawienia** | **Zaloguj**

- Licznik główny**
  - Energia pobrana: 0.70 kWh
  - Stan: OK
- Licznik OZE**
  - Energia wytworzona:
  - Stan: Połączony/radio
- Połączenie WiFi**
  - Nazwa sieci:
  - Stan: Połączony
- Użytkownik**
  - Nazwa: Niezalogowany

**Logowanie**  
Dane użytkownika:  
Nazwa użytkownika: operator  
Hasło: [input]  
[Zaloguj]

**Status** | **Profil obciążenia** | **Szczegółowe wskazania** | **Ustawienia** | **Wyloguj**

- Profil obciążenia**
  - 15-min
  - 60-min
  - Dobowy
- Energia czynna**
  - Calkowita
  - Dobowa
  - 60-min
  - 15-min

**Moc chwilowa**

Czas (interwały 1-min)	Moc pobrana z sieci	Moc wyprodukowana przez OZE
1	200	100
2	150	100
3	250	100
4	100	100
5	200	100
6	150	100
7	300	100
8	450	100
9	600	100
10	300	100
11	200	100
12	100	100
13	400	100
14	200	100
15	500	100
16	300	100
17	400	100
18	100	100
19	100	100
20	100	100

- Odcłężenie instalacji odbiorczej**
  - Stan: WŁ
  - Czynność łączenia
- Tryb pracy fragmentu wyspowego**
  - Stan: Sieć publiczna (on grid)
  - Czynność łączenia
- Sposób sterowania**
  - Stan: Sterowanie
  - Reguły dla algorytmu
  - Zmiana sposobu sterowania
- Data/Czas**
  - Data: 01.03.2015
  - Czas: 19:35
  - Ustawienie daty i czasu



**Status** | **Profil obciążenia** | **Szczegółowe wskazania** | **Ustawienia**

- Profil obciążenia**
  - 15-min
  - 60-min
  - Dobowy
- Energia czynna**
  - Calkowita
  - Dobowa
  - 60-min
  - 15-min

**Czynność łączenia**

**Ustawienia aplikacji**





POLITECHNIKA ŁÓDZKA



KATEDRA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH



wydział  
elektrotechniki  
elektroniki  
informatyki  
i automatyki

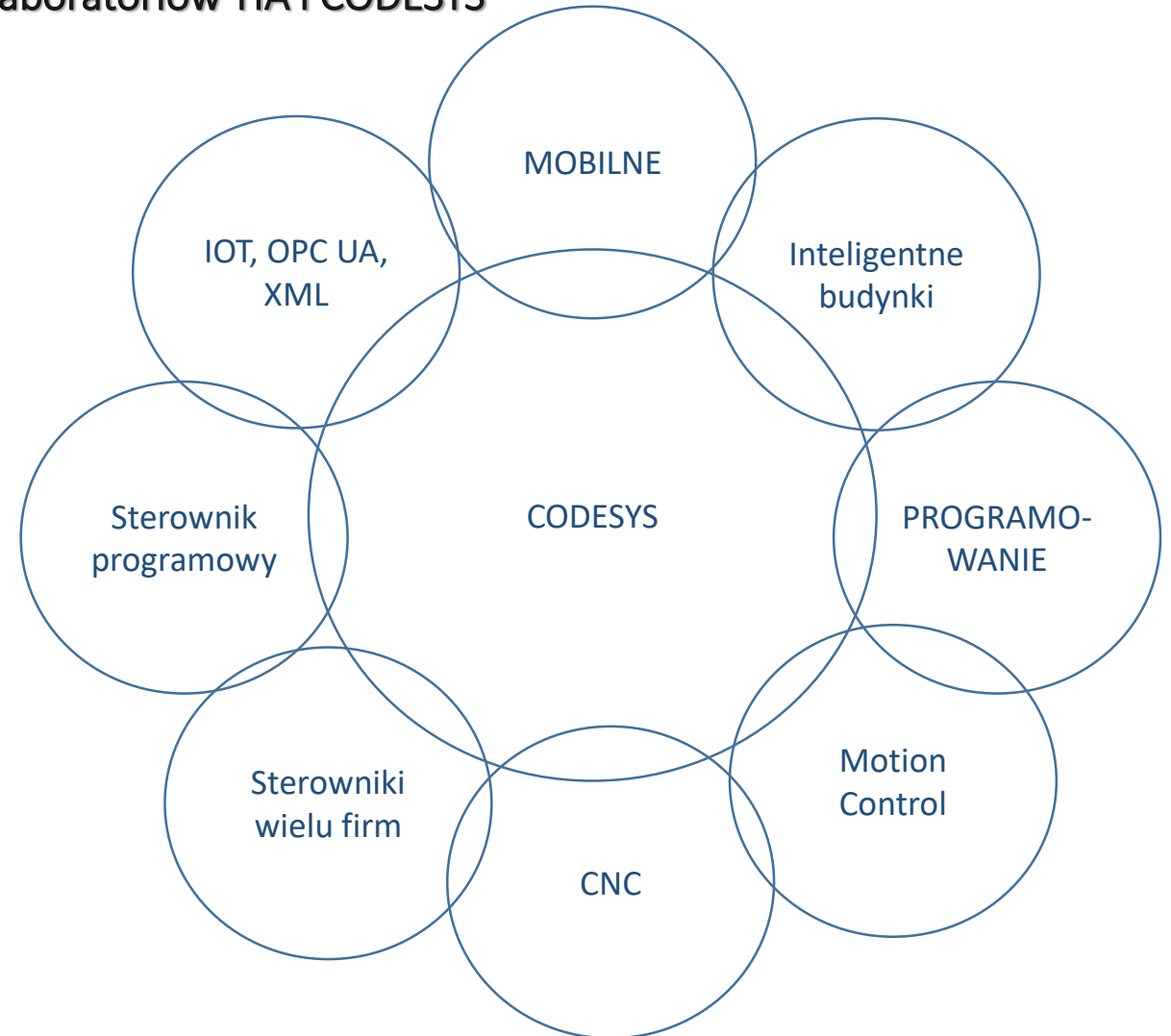
Sterowniki programowalne, napędy  
elektryczne, sterowanie, komunikacja

Koncepcja laboratoriów TIA i CODESYS

ZESATWY NR 1  
6 X S7-1200, HMI,  
V20, WE.WY,  
PROFINET, RS485,  
RS232

ZESATWY NR 2  
6 X V90, PROFINET,  
WE/WY

ZESATWY NR 3  
6 X SAFETY S7-  
1200 I PROFISAFE







POLITECHNIKA ŁÓDZKA



KATEDRA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH



wydział  
elektrotechniki  
elektroniki  
informatyki  
i automatyki

## Laboratoria i badania z zakresu automatyki przemysłowej

- Sterowniki PLC Siemens S7-1200,
- Stanowisko Allen Bradley L32e,
- Sterowanie napędami elektrycznymi: przemienniki Sinamics V20 – sterowanie i regulacja prędkości,
- Stanowisko z napędem serwo Sinamics V90 – regulacja położenia,
- Integracja pomiędzy różnymi systemami sterowania, w tym wykorzystanie platformy Raspberry Pi,
- Wizualizacja – pakiety SCADA Siemens WinCC oraz GE iFix,
- Laboratorium CODESYS,
- Laboratorium OZE,
- Komunikacja przemysłowa PROFIBUS, PROFINET, ETHERCAT, MODBUS, CANBUS,
- Monitorowanie maszyn i serwery OPC.





POLITECHNIKA ŁÓDZKA



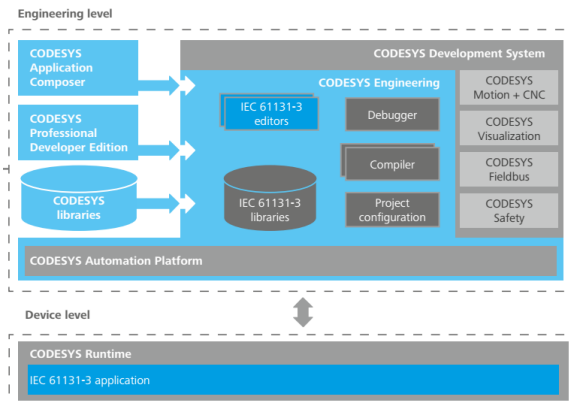
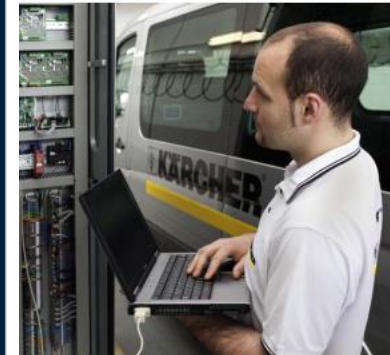
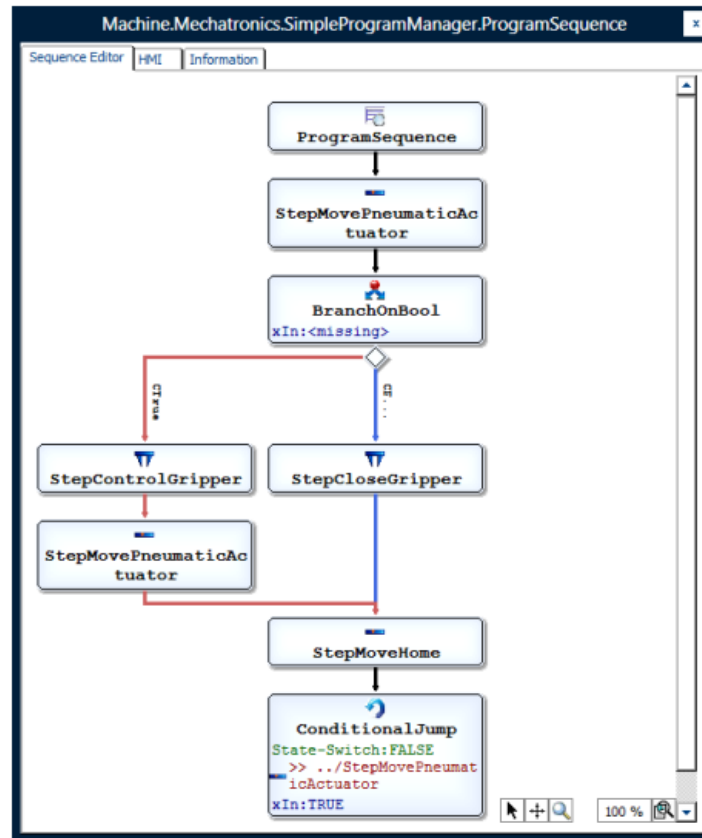
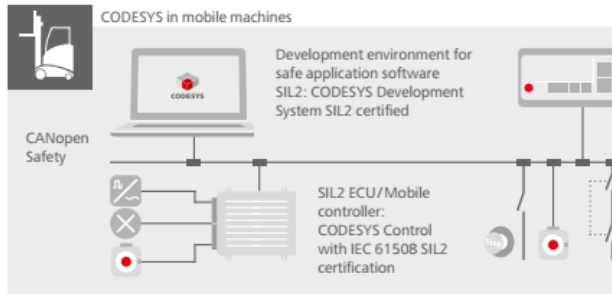
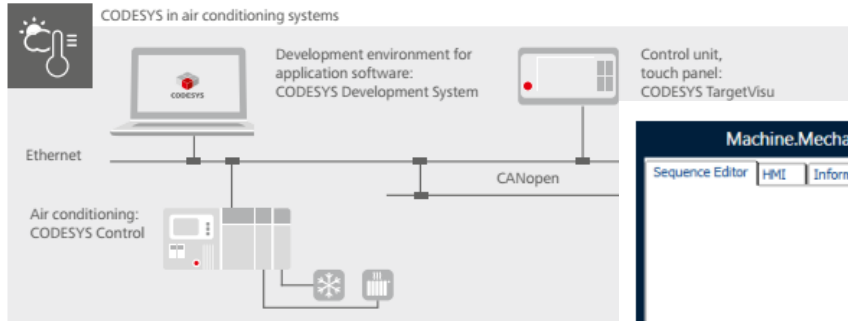
KATEDRA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH



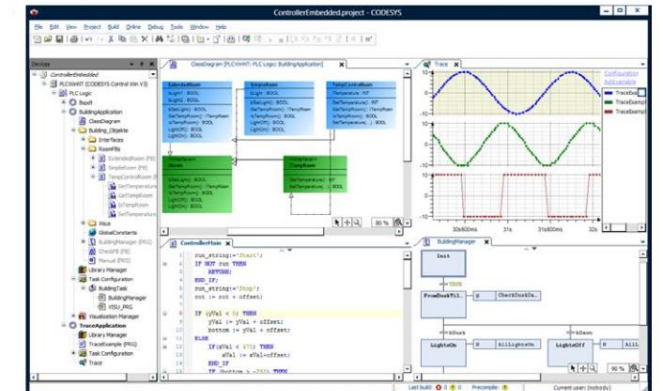
wydział elektrotechniki elektroniki informatyki i automatyki

Sample application configurations with CODESYS

Laboratorium CODESYS



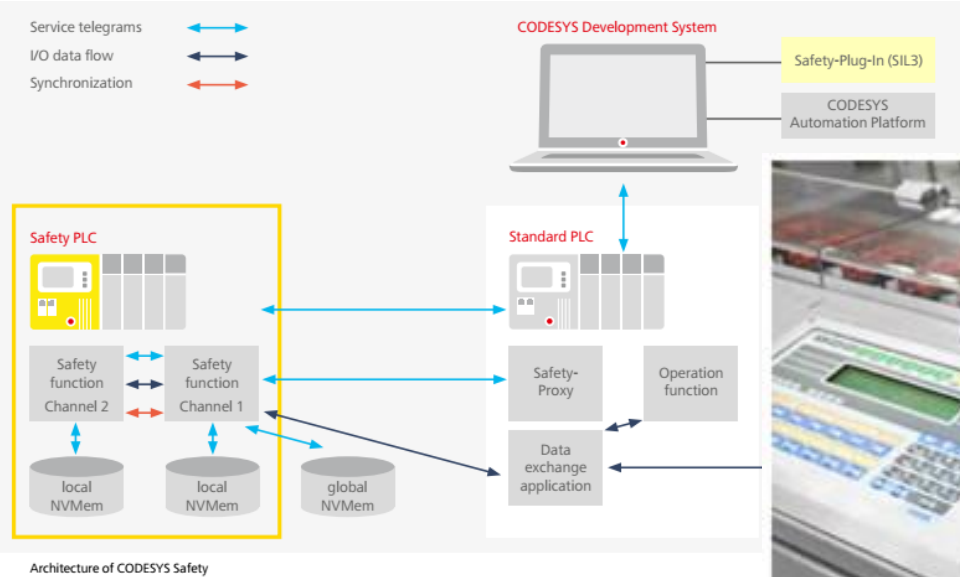
Źródło: [www.codesys.com](http://www.codesys.com)







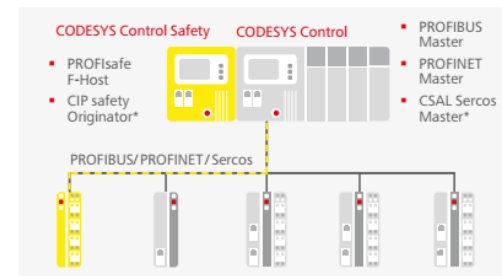
# Bezpieczeństwo w systemach procesowych i sterowania - programowanie rozwiązań bezpieczeństwa



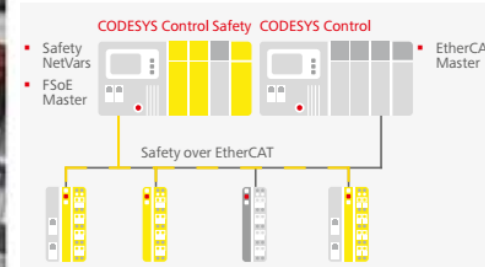
### Typical system structures

Safety controller as expansion module on a standard controller

- PROFISafe F-Host and CIP Safety Originator as external expansion module

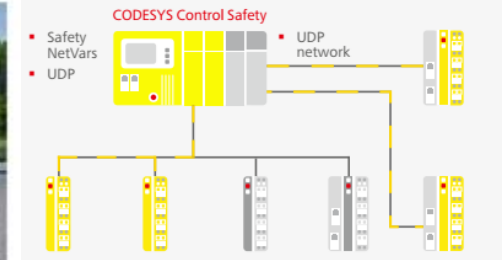


\*customer-specific component



Remote safety controller on the network of the fieldbus system

- FSoE Master as EtherCAT modul
- Optional: safe cross-communication with other safety controllers (SafetyNetVars)



CODESYS

PROGRAM Drives (\* Extended Level \*)

Zelle	Gültigkeitsbereich	Name	Datentyp	Initialwert	Kommentar
1	VAR	S_Out	SAFEBOOL	FALSE	
2	VAR	StandardEnable	BOOL	FALSE	
3	VAR	S_EStop	SP_EmergencyStop		
4	VAR	S_Anti	SP_Activalent		
5	VAR	Unsafe	BOOL	FALSE	
6	VAR_EXTERNAL	S_Channel1	SAFEBOOL		
7	VAR_EXTERNAL	S_Channel2	SAFEBOOL		
8	VAR	S_AntiReady	BOOL	FALSE	
9	VAR	StandardReset	BOOL	FALSE	

Safe signal flow

Error, safe data type expected

Changes are highlighted





POLITECHNIKA ŁÓDZKA



KATEDRA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH  
AUTOMATYKA MOBILNA



wydział  
elektrotechniki  
elektroniki  
informatyki  
i automatyki

Construction



Mining



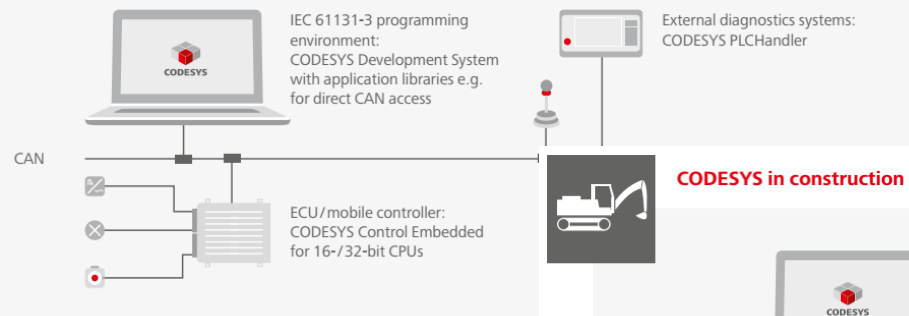
Marine



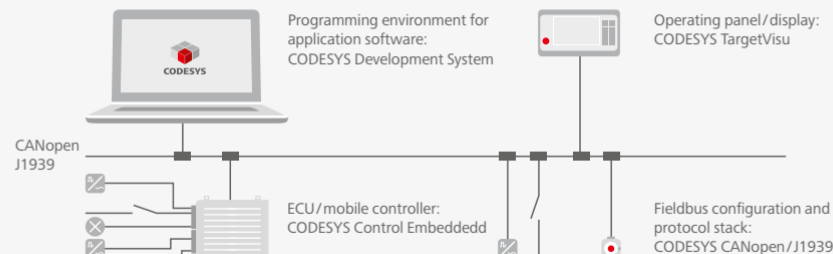
Agriculture



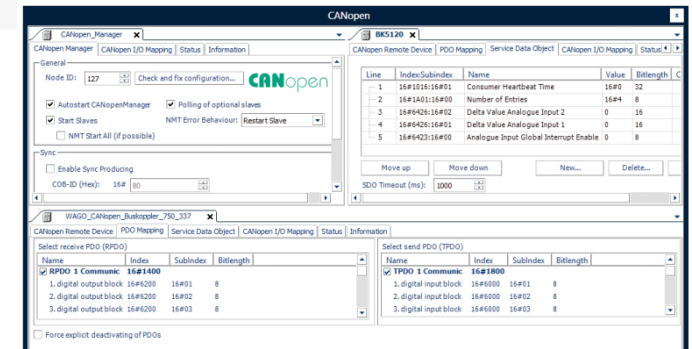
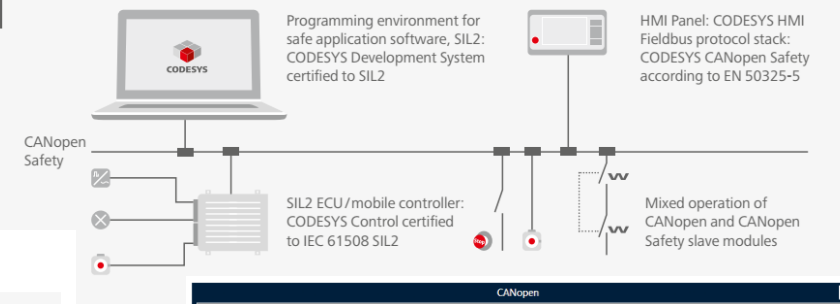
CODESYS in fork lift trucks



CODESYS in construction machines



CODESYS in cranes



Źródło: www.codesys.com



POLITECHNIKA ŁÓDZKA



KATEDRA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH



wydział  
elektrotechniki  
elektroniki  
informatyki  
i automatyki

## Cele dodatkowe osiągnięte w trakcie realizacji wybranych przedmiotów i bloków obieralnych w Katedrze

- Uzupelnienie wiedzy specjalistycznej z zakresu elektrotechniki, elektroniki, energoelektroniki, automatyki i mechatroniki,
- Wiedza praktyczna z zakresu zastosowań elektrotechniki,
- Obwody elektryczne prądu stałego i prądu przemiennego,
- Podstawy energoelektroniki,
- Wiedza praktyczna z zakresu metrologii i pomiarów elektrycznych,
- Umiejętność posługiwania się miernikami elektrycznymi,
- Umiejętność wykonywania i interpretacji pomiarów,
- Obsługa oscyloskopu cyfrowego,
- Rejestracje przebiegów statycznych i dynamicznych na oscyloskopie,
- Rejestracje pomiarów za pomocą komputerowych systemów pomiarowych,
- Wiele innych.







POLITECHNIKA ŁÓDZKA



KATEDRA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH



wydział  
elektrotechniki  
elektroniki  
informatyki  
i automatyki

Studenci na naszych zajęciach zdobywają doświadczenie praktyczne







POLITECHNIKA ŁÓDZKA

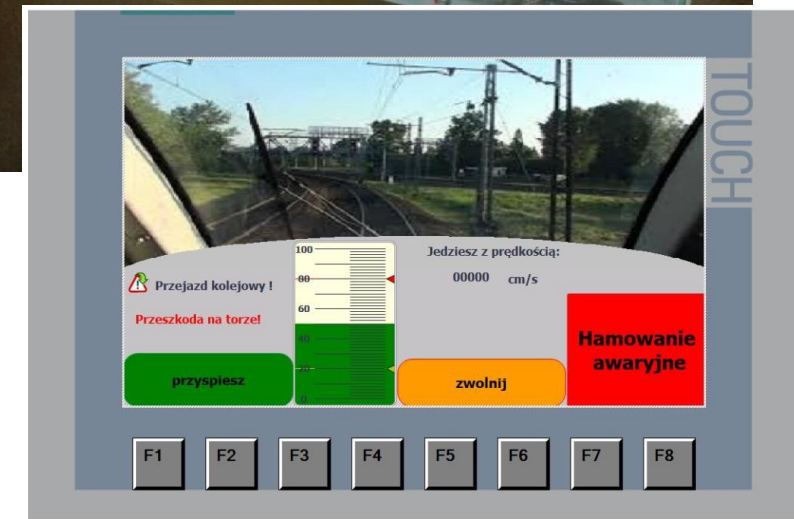
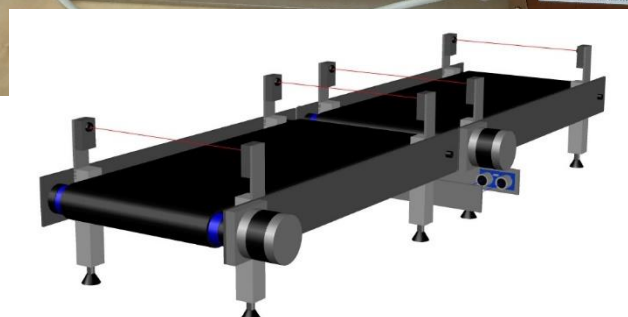
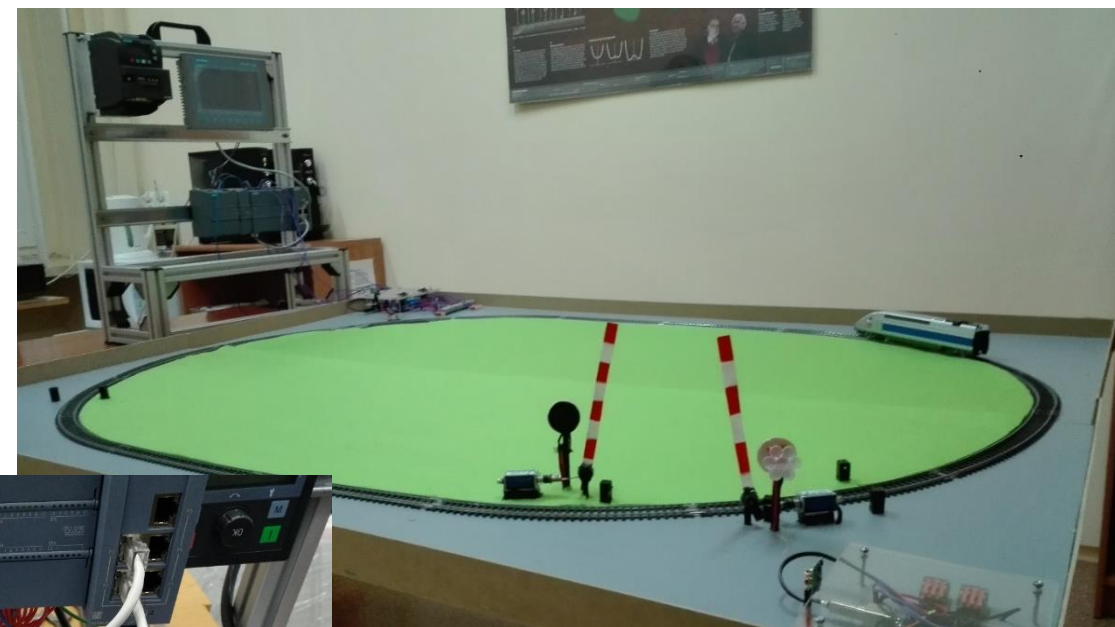


KATEDRA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH



wydział elektrotechniki elektroniki informatyki i automatyki

### PRZYKŁADY PRAC DYPLOMOWYCH





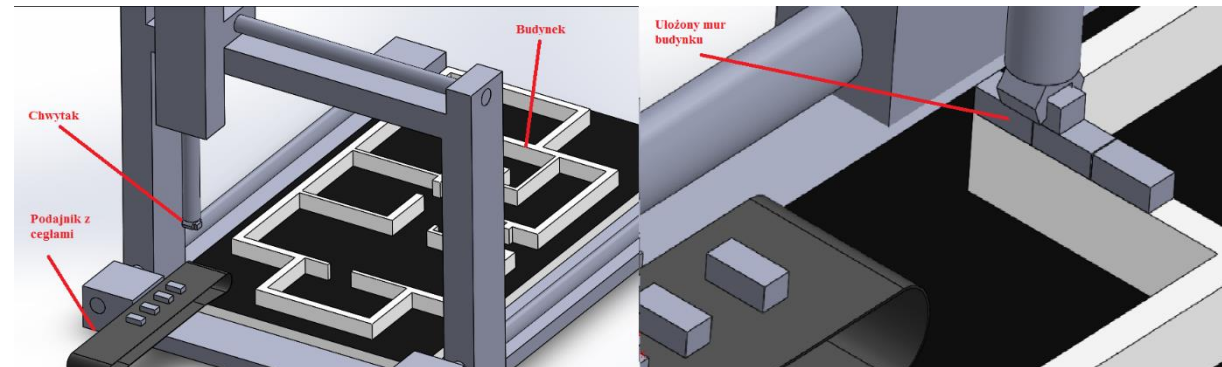
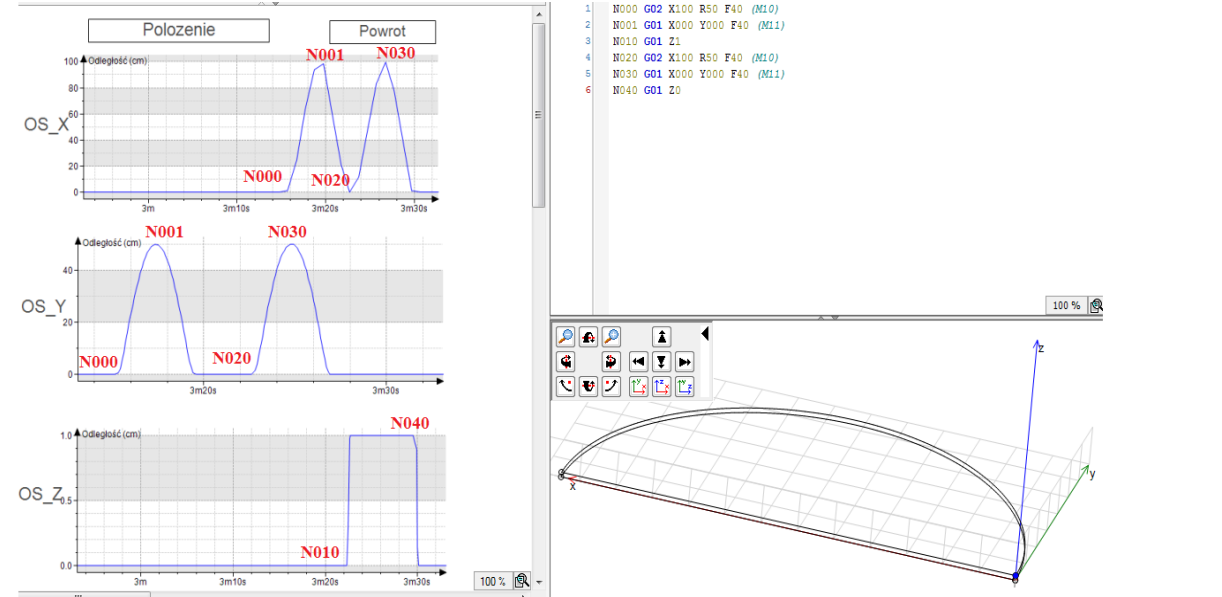
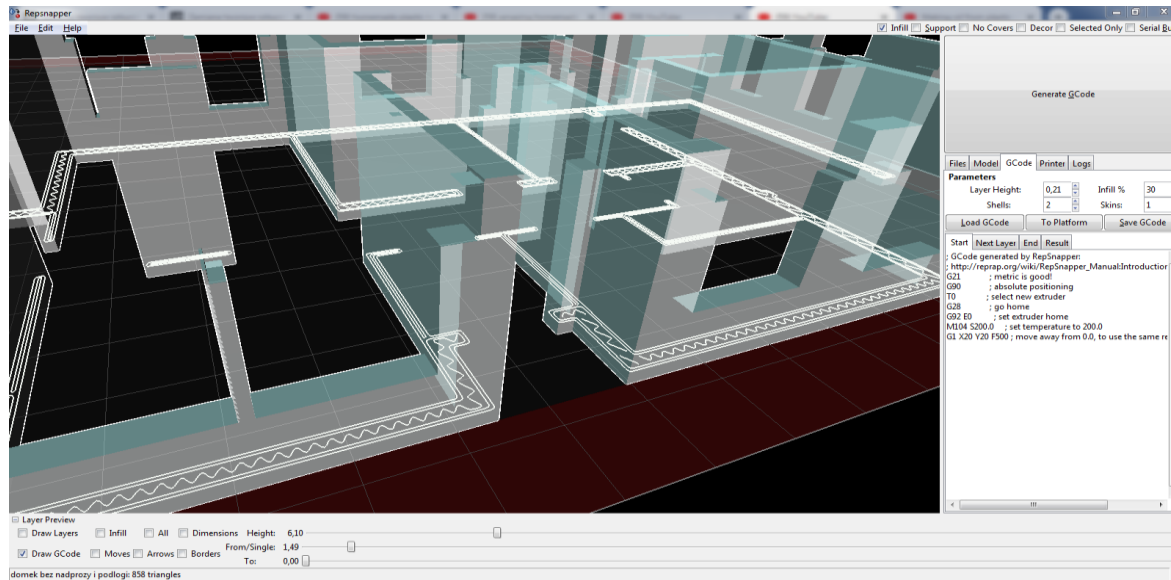
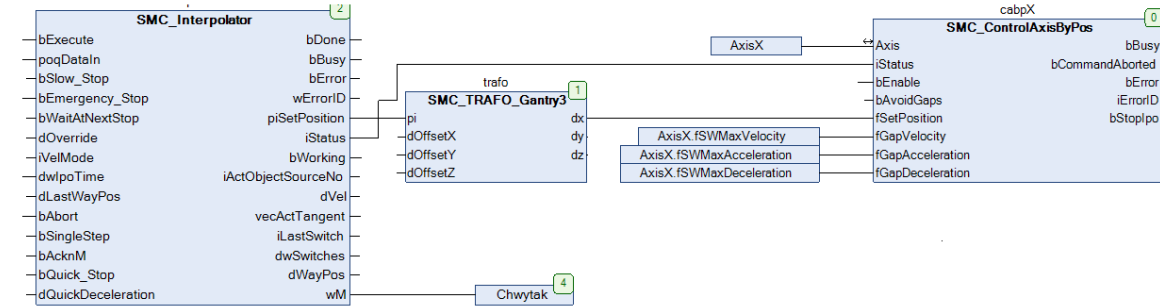
POLITECHNIKA ŁÓDZKA



# KATEDRA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH PRZYKŁADY PRAC DYPLOMOWYCH



wydział  
elektrotechniki  
elektroniki  
informatyki  
i automatyki







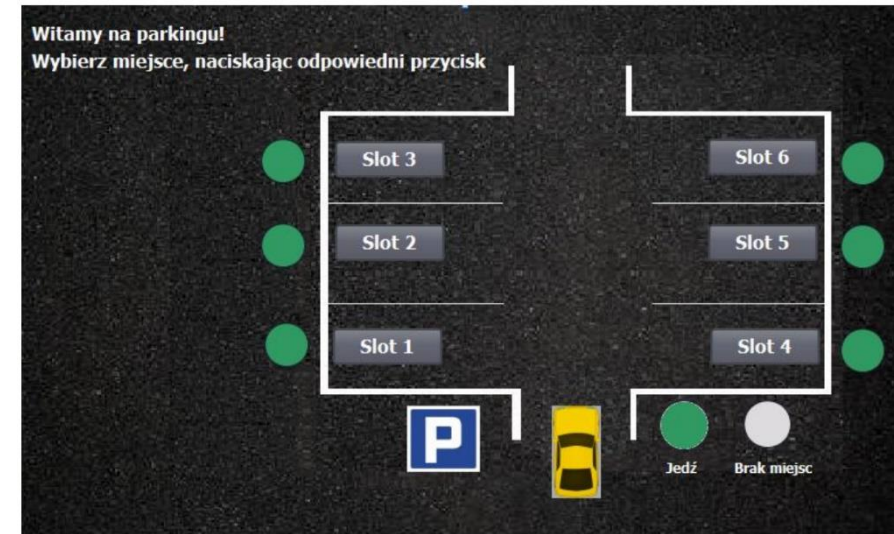
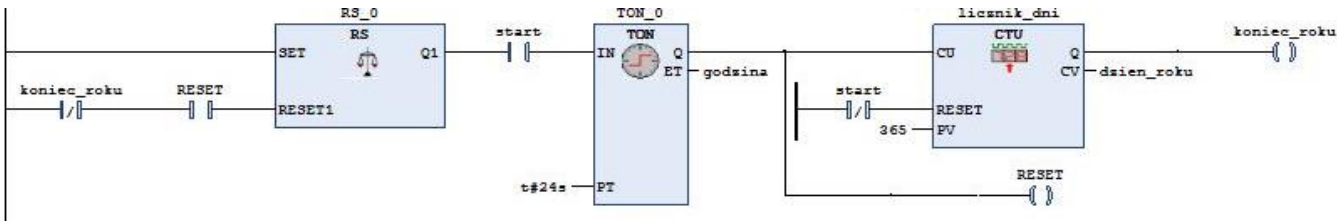
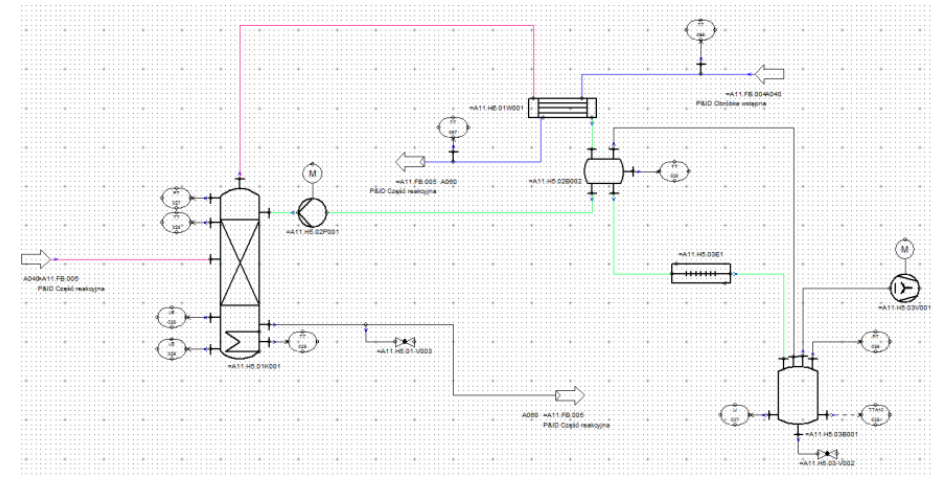
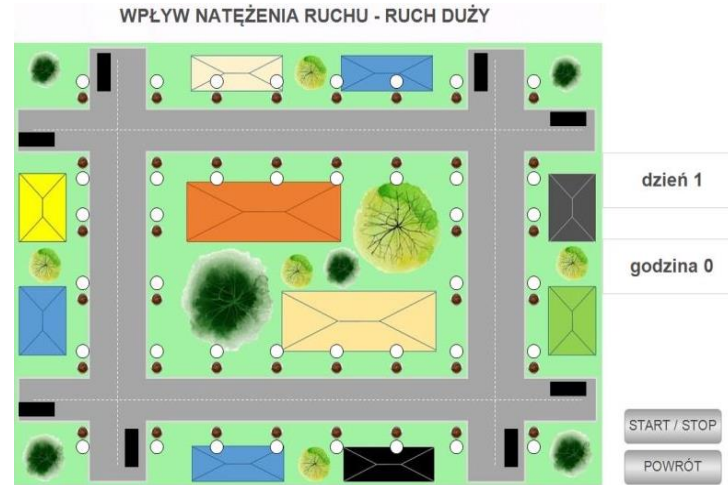
POLITECHNIKA ŁÓDZKA



# KATEDRA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH PRZYKŁADY PRAC DYPLOMOWYCH



wydział  
elektrotechniki  
elektroniki  
informatyki  
i automatyki







POLITECHNIKA ŁÓDZKA



KATEDRA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH

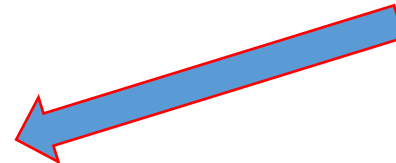
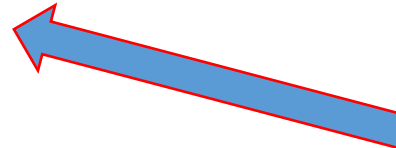


wydział  
elektrotechniki  
elektroniki  
informatyki  
i automatyki

Współpraca z przemysłem Katedry Aparatów Elektrycznych szansą na dobra pracę naszych studentów i dyplomantów

Katedra Aparatów Elektrycznych bezpośrednio współpracuje z następującymi firmami:

- ABB
- Kopalnia Węgla Brunatnego, Bełchatów;
- APENA, Bielsko-Biała;
- KOLTECH; Bydgoszcz;
- APATOR, Toruń;
- ELESTER, Łódź;
- CARGO, Katowice;
- Przemysłowy Instytut Elektroniki, Warszawa;
- Legrand/FAEL w Ząbkowicach Śląskich;
- KGHM Ecoren, Lubin;
- SIAE POKÓJ, Łódź;
- BREVE-TUFVASSON, Łódź;
- SESTO, Łódź;
- WOLTAN, Łódź;
- VEOLIA.



W Katedrze Aparatów Elektrycznych  
rozwijamy i wdrażamy koncepcję  
Przemysł 4.0



POLITECHNIKA ŁÓDZKA

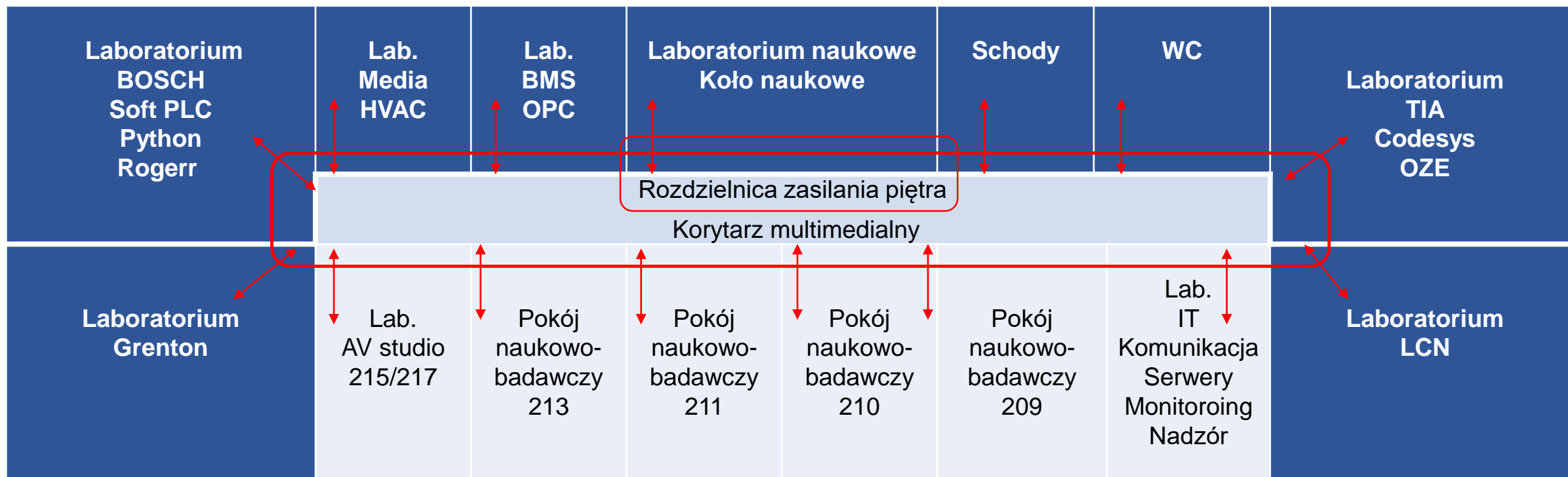


KATEDRA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH



wydział  
elektrotechniki  
elektroniki  
informatyki  
i automatyki

## Projekt II piętro



Katedra Aparatów Elektrycznych zostanie wyposażona w następującą aparaturę: system kontroli dostępu do pomieszczeń, system oświetlenia, system HVAC, system bezpieczeństwa, system zasilania, system centralny.

Ponadto zostaną przeprowadzone prace mające na celu adaptację i modernizację pomieszczeń i laboratoriów. Wymienione zostaną w tym zakresie m.in. drzwi wewnętrzne, a także przeprowadzone zostaną niezbędne prace remontowe.





POLITECHNIKA ŁÓDZKA



KATEDRA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH



wydział  
elektrotechniki  
elektroniki  
informatyki  
i automatyki

**Szanowni studenci !**

**Studiujcie przyjemnie i z pasją w Politechnice Łódzkiej.**

**Niech studia będą Waszą drogą w przyszłość.**

**Uczcie i rozwijajcie się poprzez zdobywanie nowych  
umiejętności oraz doświadczeń praktycznych.**

**Rozwijajcie się razem z nami!**

**Katedra Aparatów Elektrycznych**

**Wydział Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki**

**Politechniki Łódzkiej**

