



POLITECHNIKA ŁÓDZKA



KATEDRA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH



wydział
elektrotechniki
elektroniki
informatyki
i automatyki

PRZEDMIOT OBIERALNY

ŁĄCZENIOWE ELEMENTY MECHATRONIKI

Katedra Aparatów Elektrycznych

Kierownik Katedry:

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

piotr.borkowski@p.lodz.pl

Członkowie zespołu m.in.:

dr hab. inż. **Franciszek Wójcik**

franciszek.wojcik@p.lodz.pl

dr inż. **Mariusz Jabłoński**

mariusz.jablonski@p.lodz.pl

mgr inż. **Michał Rodak**

michal.rodak@p.lodz.pl

mgr inż. **Arkadiusz Ambroziak**

arkadiusz.ambroziak@p.lodz.pl

mgr inż. **Adrian Sienicki**

adrian.sienicki@p.lodz.pl





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,
- > Przełączniki 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.

Katedra Aparatów Elektrycznych PŁ

www.kae.p.lodz.pl; k-26@adm.p.lodz.pl



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**^[1]. Wielki Zderzacz Hadronów jest największą **maszyną** świata. Jego zasadnicze elementy są umieszczone w tunelu w kształcie **torusa** o długości około 27 km^[2], położonym na głębokości od 50 do 175 m pod ziemią^[3]. https://pl.wikipedia.org/wiki/Wielki_Zderzacz_Hadronów

Katedra Aparatów Elektrycznych PŁ

www.kae.p.lodz.pl; k-26@adm.p.lodz.pl



POLITECHNIKA ŁÓDZKA



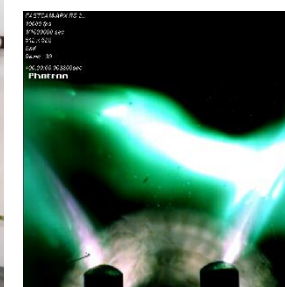
KATEDRA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH



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.



Katedra Aparatów Elektrycznych PŁ
www.kae.p.lodz.pl; k-26@adm.p.lodz.pl



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.

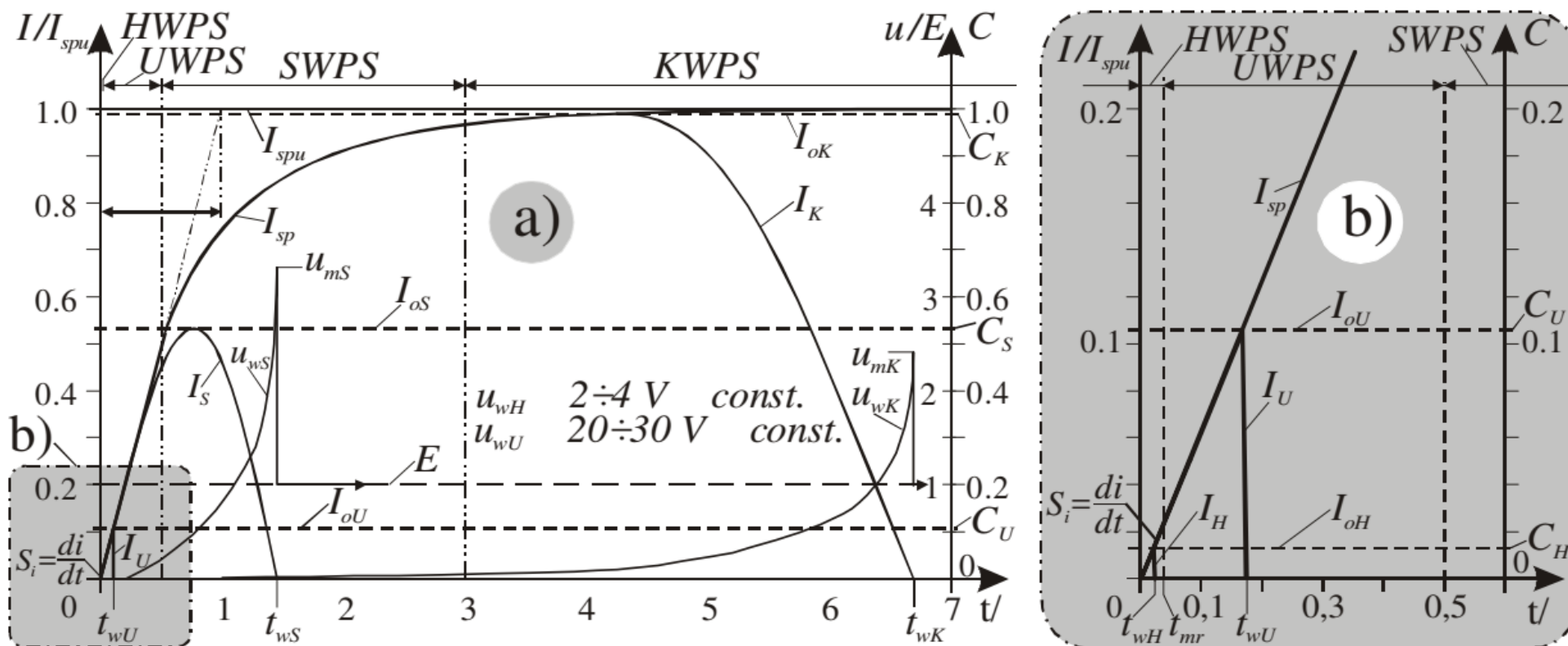
Do realizacji w/w zadań posiadamy laboratoria:

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



Katedra Aparatów Elektrycznych PŁ
www.kae.p.lodz.pl; k-26@adm.p.lodz.pl

Zasady podstawowej klasyfikacji wyłączników prądu stałego - WPS



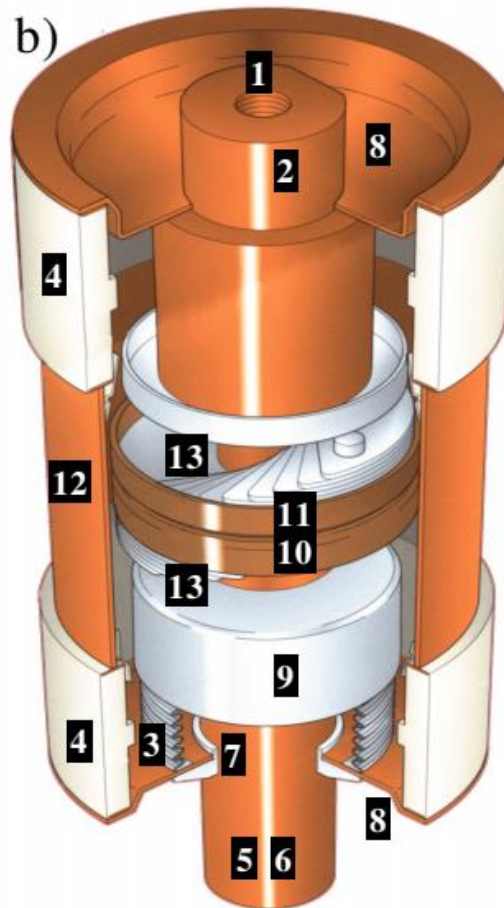
KWPS - klasyczne WPS, SWPS - szybkie WPS, UWPS - ultraszybkie WPS, HWPS - hiperszybkie WPS; I_{sp} - przykładowy przebieg prądu spodziewanego, I_{spu} - ustalony prąd spodziewany; I_o - prądy ograniczone: I_{oK} - dla KWPS, I_{oS} - dla SWPS, I_{oU} - dla UWPS, I_{oH} - dla HWPS; I - przebiegi prądu 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; t_w - 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; τ - 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.

Katedra Aparatów Elektrycznych PŁ

www.kae.p.lodz.pl; k-26@adm.p.lodz.pl

Źródło: <http://www.kae.p.lodz.pl/zrzut-img//zal.pdf>

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,

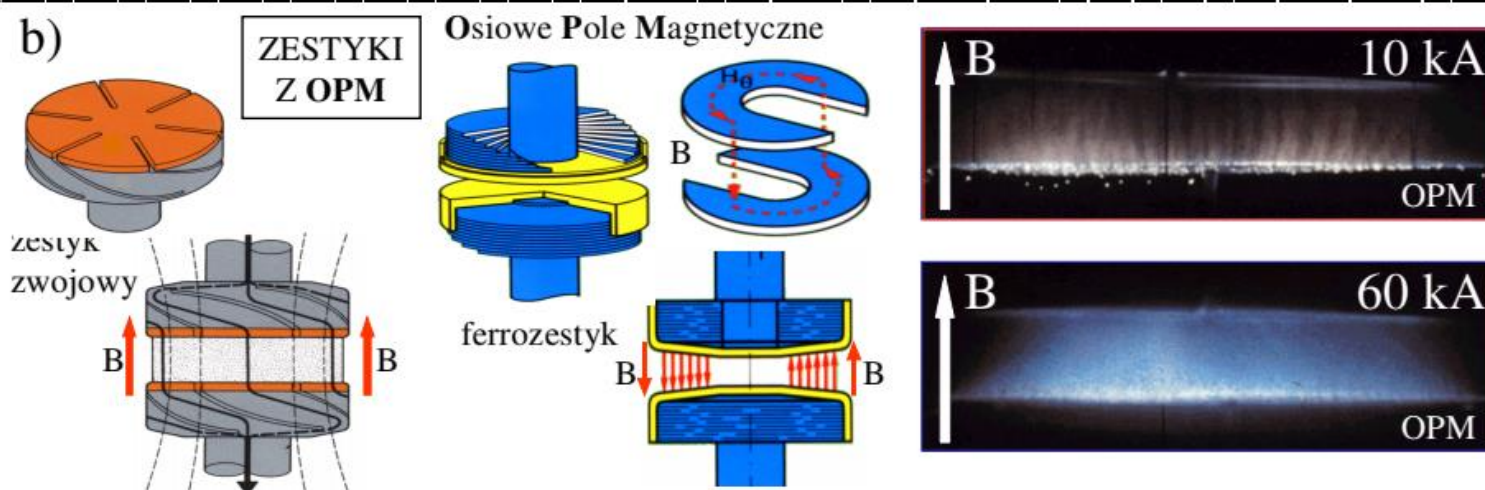
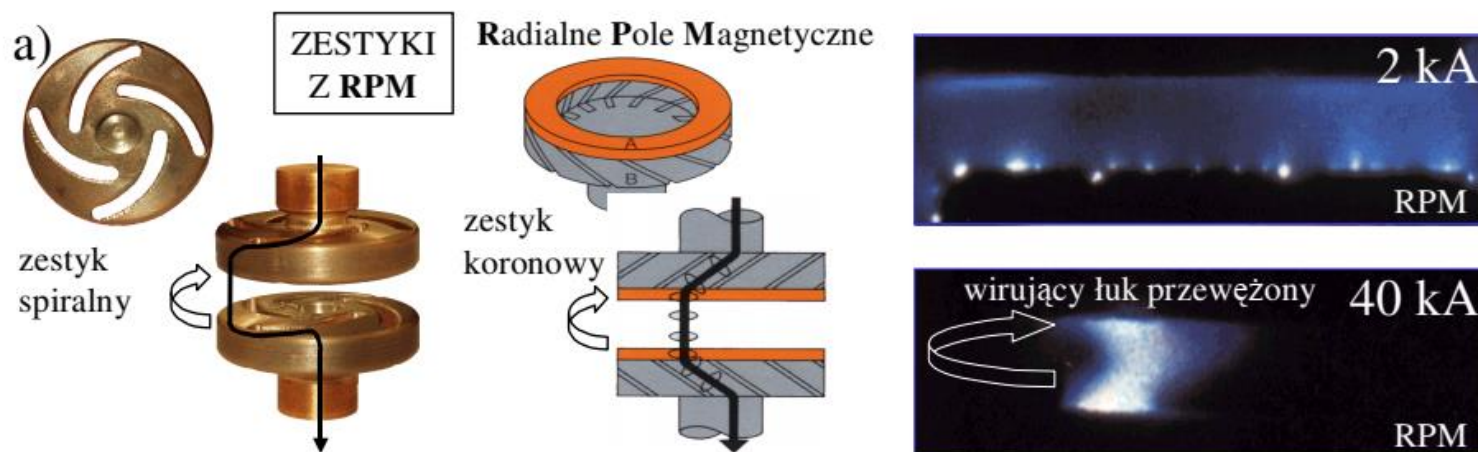
9 - ekrany, 10 - styki ruchome,

11 - styki nieruchome,

12 - stalowy korpus cylindryczny,

13 - podkowiaste elementy stalowe kształtujące pole magnetyczne.

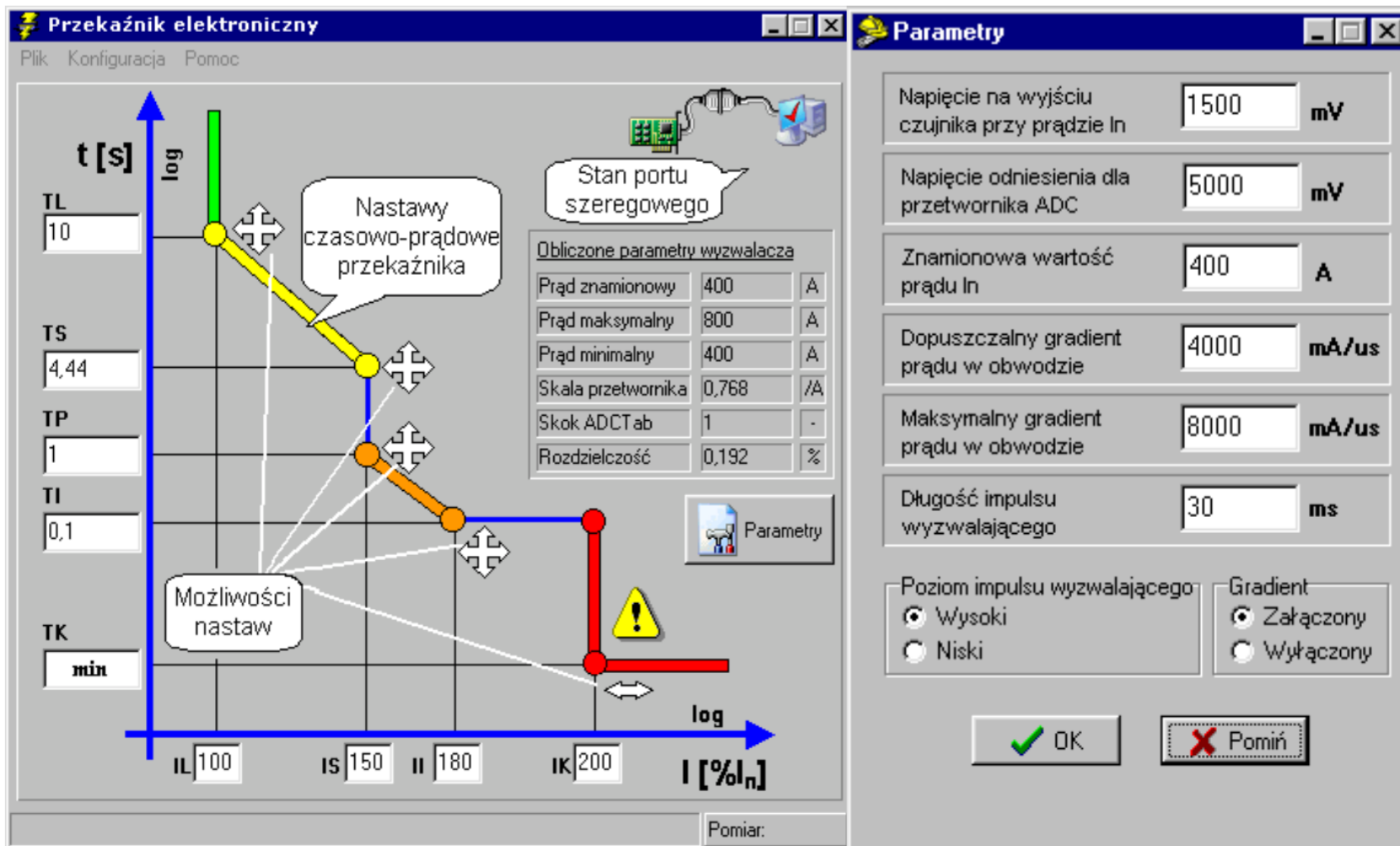
Formy łuku próżniowego oraz wpływ pola magnetycznego radialnego i osiowego na łuk



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

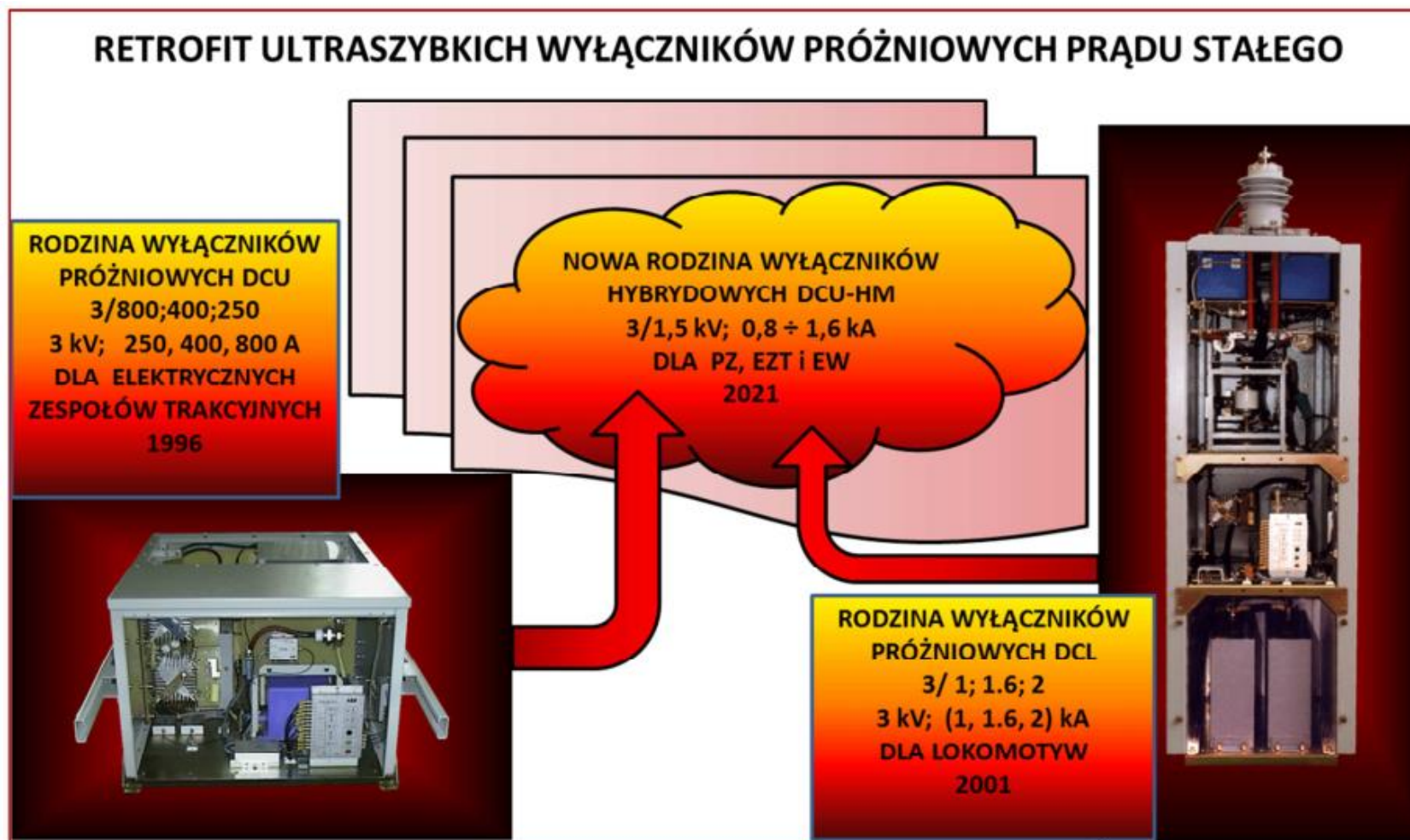


KATEDRA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH



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



Katedra Aparatów Elektrycznych PŁ
www.kae.p.lodz.pl; k-26@adm.p.lodz.pl

Źródło: <http://www.kae.p.lodz.pl/zrzut-img//zal.pdf>



POLITECHNIKA ŁÓDZKA

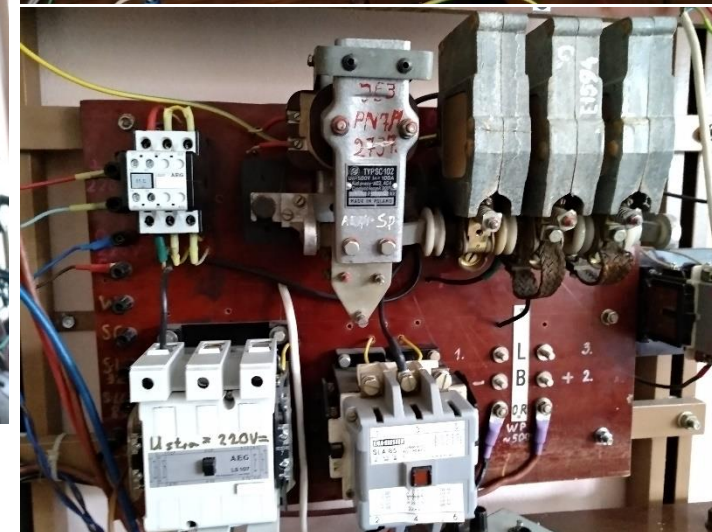
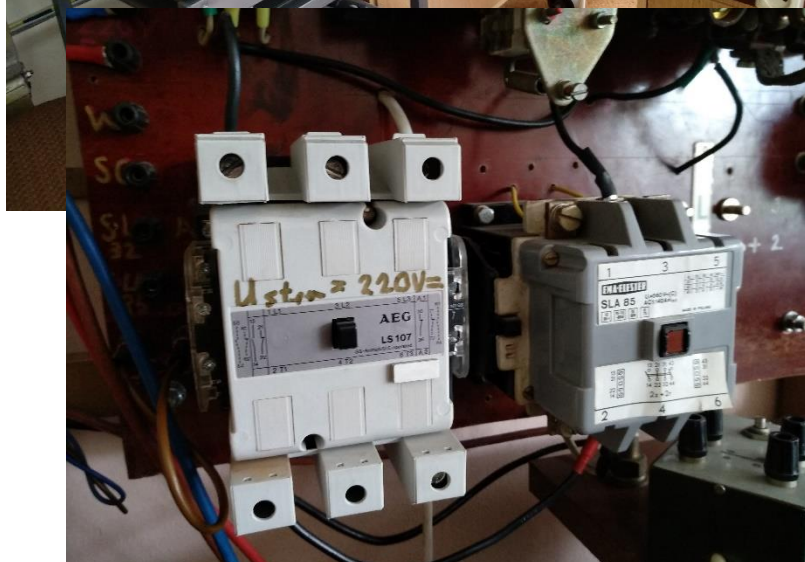
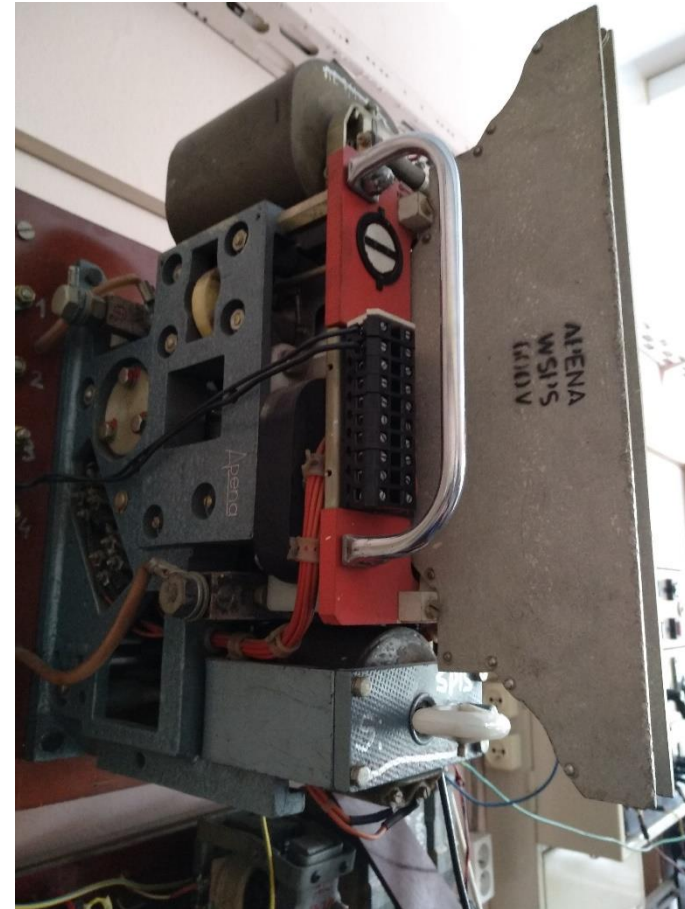


KATEDRA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH



wydział
elektrotechniki
elektroniki
informatyki
i automatyki

Laboratoria i badania z zakresu technologii łączeniowych elementów mechatroniki



Katedra Aparatów Elektrycznych PŁ
www.kae.p.lodz.pl; k-26@adm.p.lodz.pl



POLITECHNIKA ŁÓDZKA

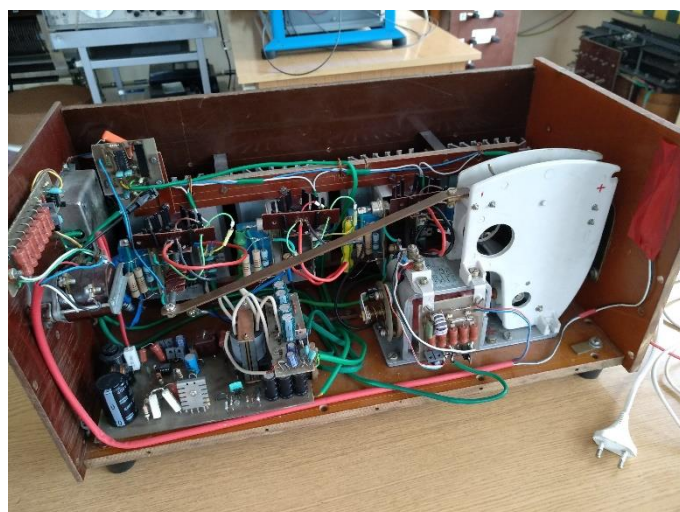
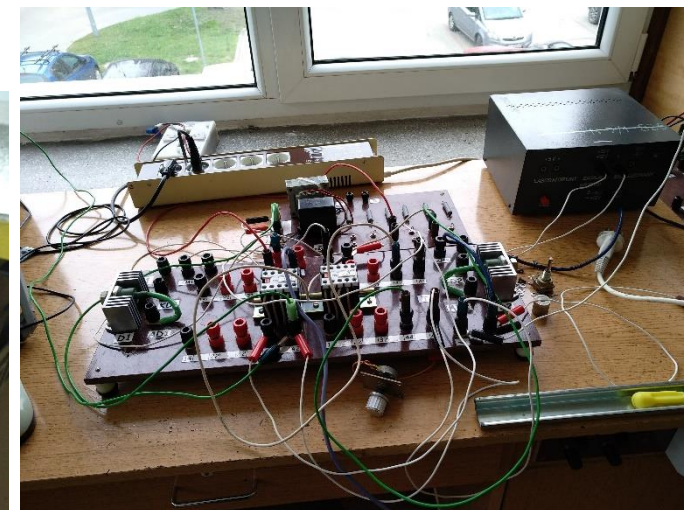


KATEDRA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH



wydział
elektrotechniki
elektroniki
informatyki
i automatyki

Laboratoria i badania z zakresu technologii łączeniowych elementów mechatroniki



Katedra Aparatów Elektrycznych PŁ
www.kae.p.lodz.pl; k-26@adm.p.lodz.pl



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.



Katedra Aparatów Elektrycznych PŁ
www.kae.p.lodz.pl; k-26@adm.p.lodz.pl



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.



Katedra Aparatów Elektrycznych PŁ
www.kae.p.lodz.pl; k-26@adm.p.lodz.pl



POLITECHNIKA ŁÓDZKA



KATEDRA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH



wydział
elektrotechniki
elektroniki
informatyki
i automatyki

Studenci na naszych zajęciach zdobywają doświadczenie praktyczne





POLITECHNIKA ŁÓDZKA

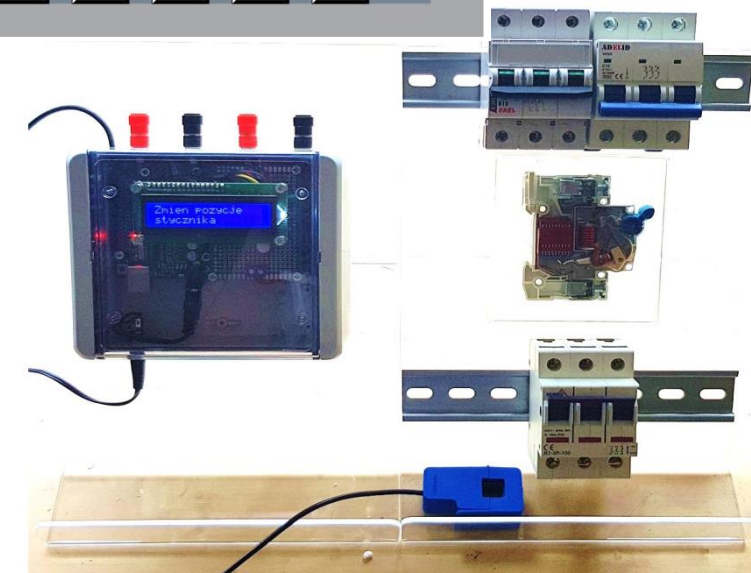
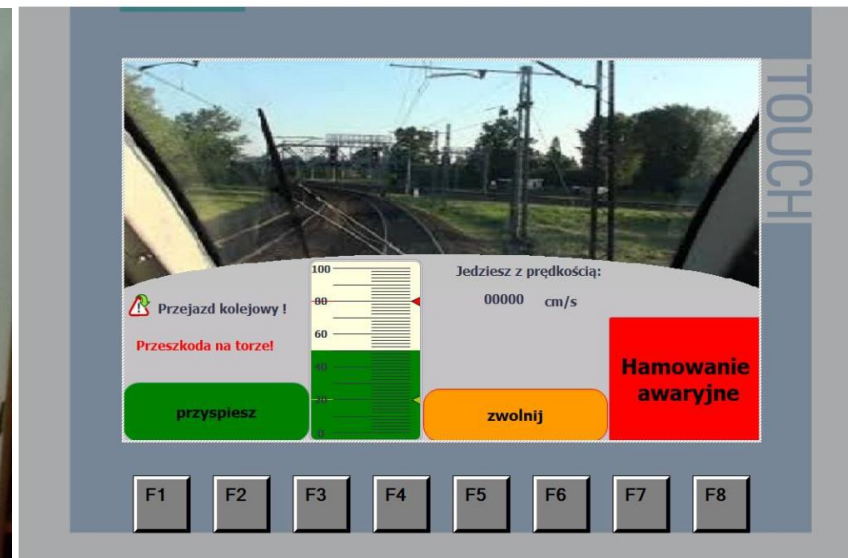


KATEDRA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH

Przykłady prac dyplomowych



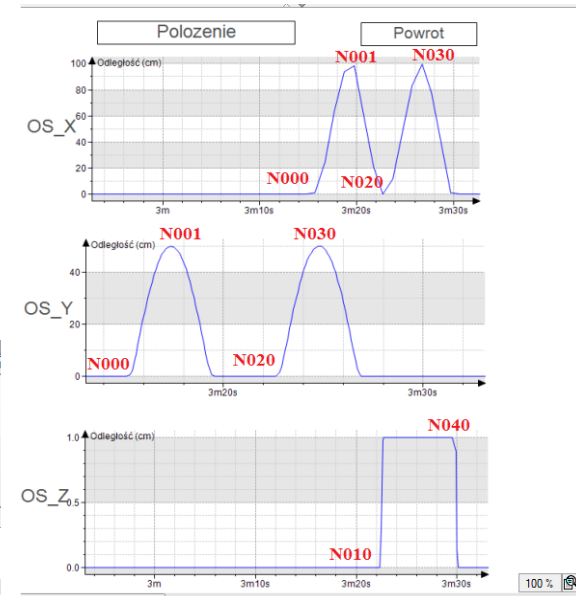
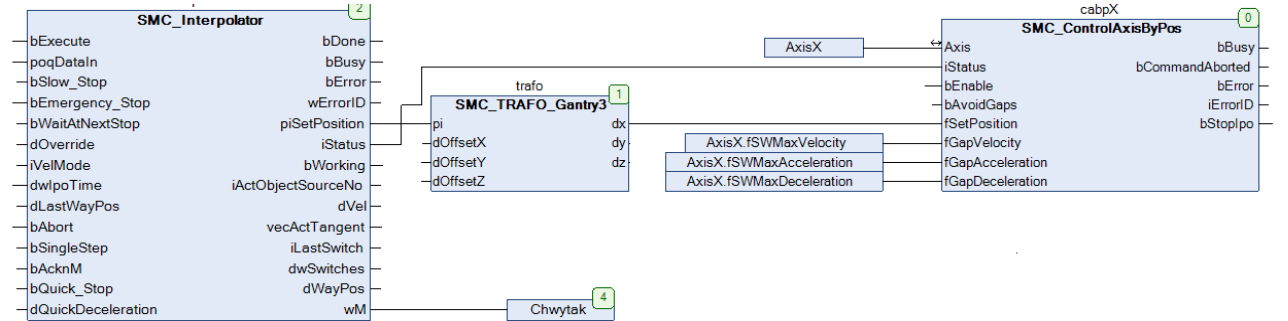
wydział
elektrotechniki
elektroniki
informatyki
i automatyki



Katedra Aparatów Elektrycznych PŁ
www.kae.p.lodz.pl; k-26@adm.p.lodz.pl



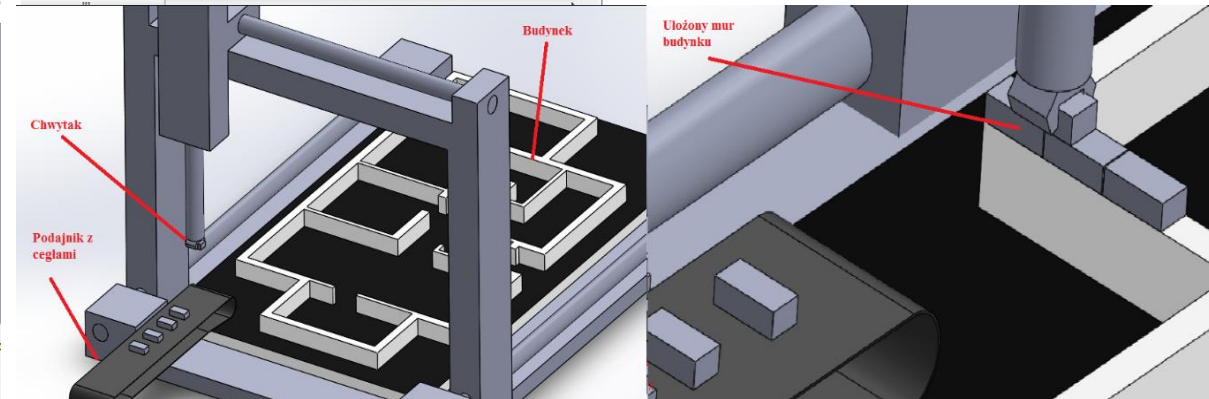
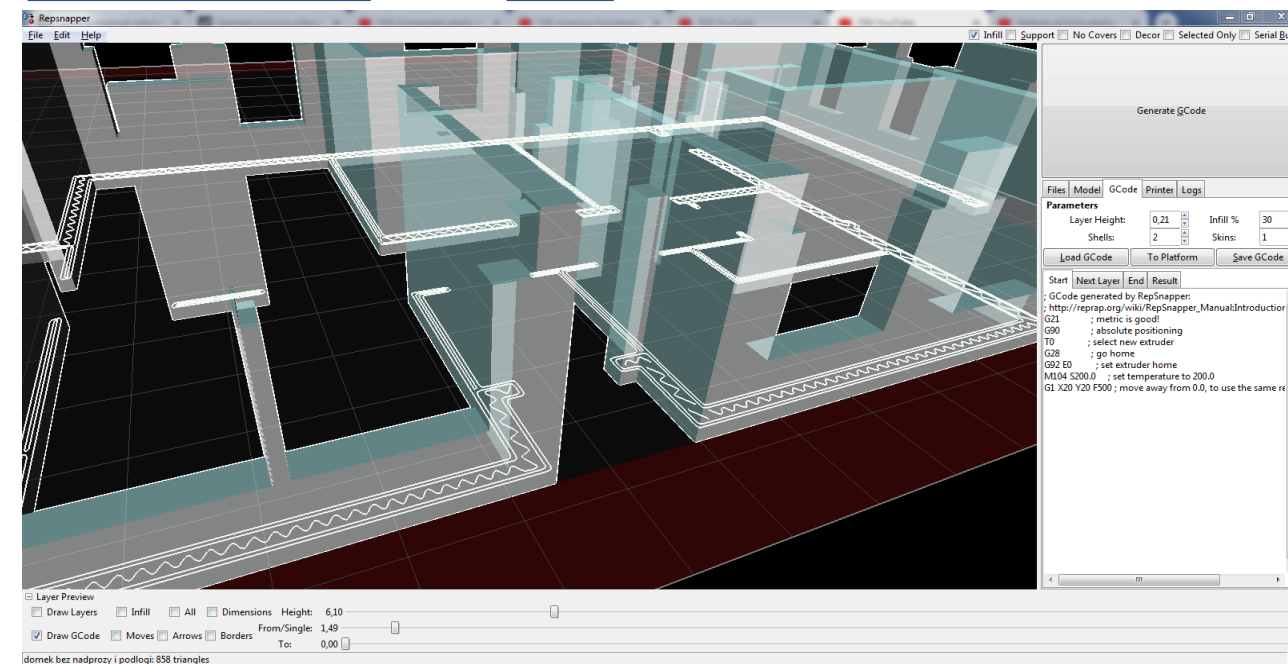
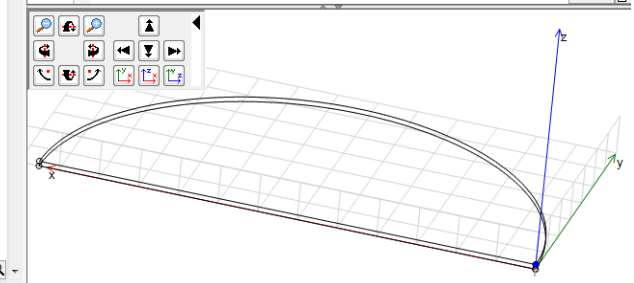
Przykłady prac dyplomowych



```

1 N000 G02 X100 R50 F40 (M10)
2 N001 G01 X000 Y000 F40 (M11)
3 N010 G01 Z1
4 N020 G02 X100 R50 F40 (M10)
5 N030 G01 X000 Y000 F40 (M11)
6 N040 G01 Z0

```





POLITECHNIKA ŁÓDZKA

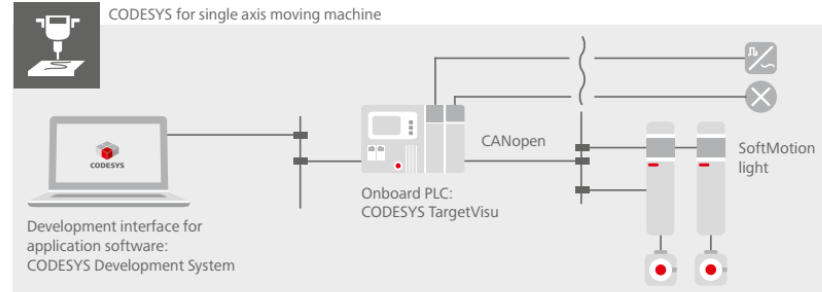


KATEDRA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH CYFROWA FABRYKA – PRZEMYSŁ 4.0

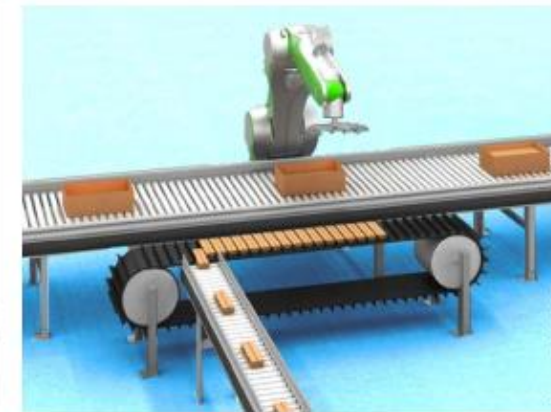
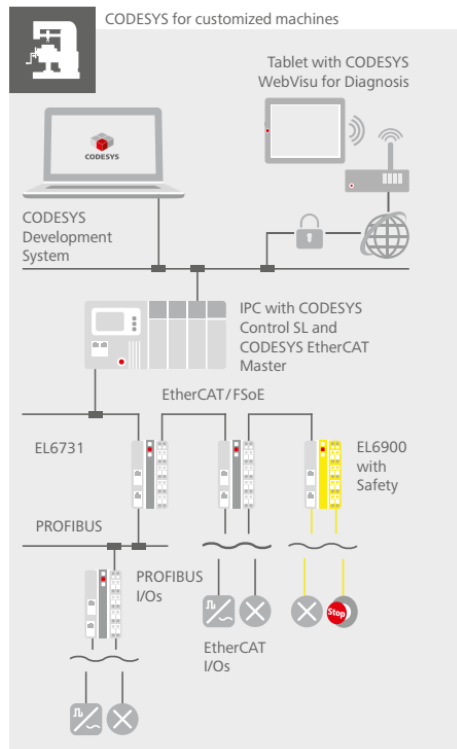
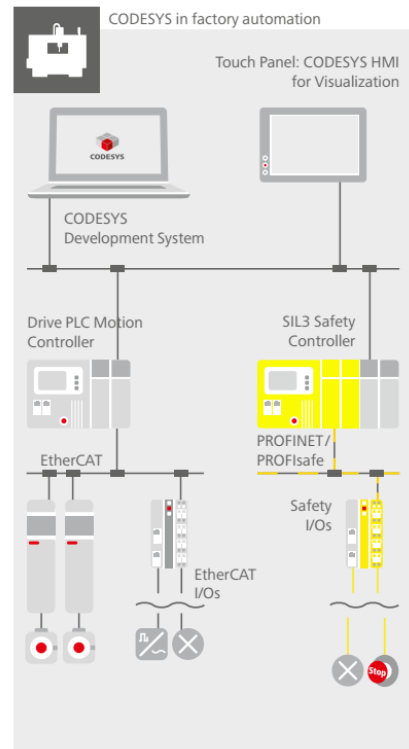
wydział
elektrotechniki
elektroniki
informatyki
i automatyki



Sample Application Configurations with CODESYS



W Katedrze Aparatów Elektrycznych rozwijamy i wdrażamy koncepcję Przemysł 4.0



A selection of CODESYS applications in the factory automation technology:

- Polymeric machines
- Glasshaping machines
- Rolling machines
- Machinetools
- Laser & Plasmacutting machines
- Assembly machines
- Textile machines
- Paper and Paperhandling machines
- Packaging machines
- Cigarette machines
- Printing machines
- Industrial handling machines
- Woodworking machines
- Coating machines
- Engraving machines
- Labeling machines
- Filling machines
- Tyre modelling machines

Katedra Aparatów Elektrycznych PŁ
www.kae.p.lodz.pl; k-26@adm.p.lodz.pl

Źródło: www.codesys.com



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 współpracuje bezpośrednio z następującymi firmami i ośrodkami:

ABB, Łódź;
APATOR, Toruń;
APENA, Bielsko-Biała;
Bombardier Transportation Polska Sp. z o.o.;
BREVE-TUFVASSON Łódź;
CARGO, Katowice;
Elester-PKP, Łódź;
FRAPOL Sp. z o.o., Kraków;
Grenton sp. z o.o., Kraków;
KGHM Ecoren, Lubin;
KOLTECH, Bydgoszcz;
Legrand/FAEL, Ząbkowice Śląskie;

Medcom Sp. z o.o, Warszawa;
Ośrodek Badawczo-Rozwojowy ORAM Sp. z o.o., Łódź;
PGE Kopalnia Węgla Brunatnego, Bełchatów;
Przemysłowy Instytut Elektroniki, Warszawa;
SIAE POKÓJ, Łódź;
Siemens Sp. z o.o.;
SESTO, Łódź;
THERMOSILESIA sp. z o.o. sp. k. Katowice;
VEOLIA, Łódź;
WOLTAN, Łódź;
Zakład Aparatury Trakcyjnej, Łódź;



POLITECHNIKA ŁÓDZKA



KATEDRA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH



wydział
elektrotechniki
elektroniki
informatyki
i automatyki

Rozwijamy się w służbie nauki i dla naszych studentów – udział w projekcie budowy centrum badawczo-rozwojowego i budowa nowych laboratoriów na rok 2019/2020

W projekcie Interdyscyplinarnego Centrum Badawczo-Rozwojowego Zaawansowanych Materiałów i Inteligentnych Systemów Zarządzania w Budownictwie 2020+ Politechniki Łódzkiej, planowane są nowe laboratoria w Katedrze Aparatów Elektrycznych. W ramach projektu wykonana zostanie adaptacja pomieszczeń Katedry Aparatów Elektrycznych pozwalająca na prowadzenie prac B+R z zakresu opracowania wieloparametrycznych i wielofunkcyjnych algorytmów inteligentnych systemów zarządzania budynkiem oraz umożliwiająca badania i wielokryterialną ocenę funkcjonalności systemów zarządzania budynkiem (w tym: drobne prace remontowe, dostosowanie instalacji elektrycznej, modernizacja systemów HVAC, zakup oraz montaż niezbędnych czujników i aktuatorów, instalacja rejestratorów zużycia oraz analizatorów jakości mediów, zakup niezbędnego oprogramowania) – koszt: 850.000 zł brutto;

W ramach zadania 2 w Katedrze Aparatów Elektrycznych Wydziału WEEIA PŁ przeprowadzone zostaną prace adaptacyjne pomieszczeń, a także zakupiona zostanie infrastruktura badawcza oraz rozwiązania teleinformatyczne, które są konieczne dla osiągnięcia celów przedmiotowego projektu. Będą one bowiem służyły prowadzeniu badań zarówno naukowych, jak i prac badawczo-rozwojowych świadczonych na rzecz przedsiębiorstw bądź też we współpracy z nimi. W ramach Wydziału Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki wezmą udział dwie jednostki, będą nimi Instytut Mechatroniki i Systemów Informatycznych oraz Katedra Aparatów Elektrycznych.

Katedra Aparatów Elektrycznych PŁ

www.kae.p.lodz.pl; k-26@adm.p.lodz.pl



POLITECHNIKA ŁÓDZKA

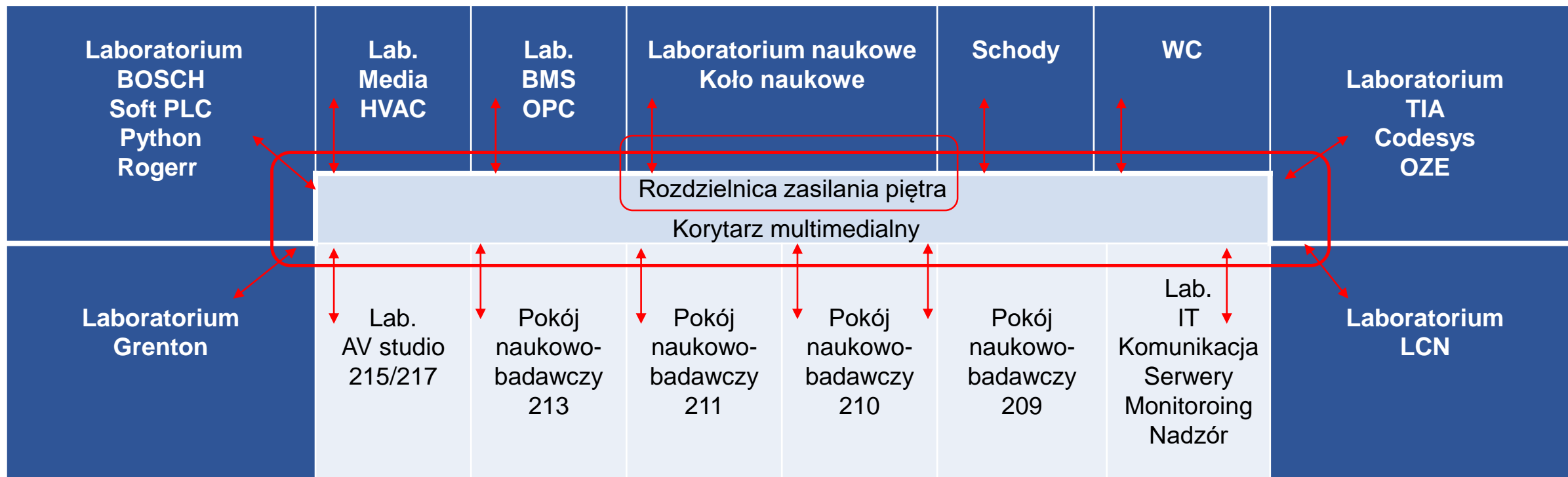


KATEDRA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH



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.

Katedra Aparatów Elektrycznych PŁ

www.kae.p.lodz.pl; k-26@adm.p.lodz.pl



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



Katedra Aparatów Elektrycznych PŁ

www.kae.p.lodz.pl; k-26@adm.p.lodz.pl