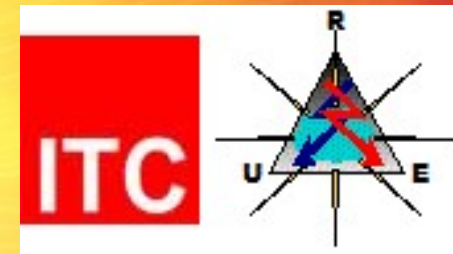


NOWE

LABORATORIA ELEKTRYCZNE

NA WYDZIALE MEiL

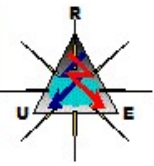


dr inż. Sławomir BIELECKI
mgr inż. Janusz LIPKA

Zakład Racjonalnego Użytkowania Energii
Instytut Techniki Ciepłej im. B.Stefanowskiego
Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa
Politechnika Warszawska



ELEKTROTECHNIKA



- dziedzina nauk technicznych, zajmująca się zagadnieniami związanymi z wykorzystywaniem elektryczności, w szczególności z wytwarzaniem, przetwarzaniem, przesyłaniem, rozdziałem, magazynowaniem i użytkowaniem energii elektrycznej



- Teoria obwodów
- Maszyny elektryczne
- Elektroenergetyka

...

Elektryczność

– podstawą współczesnej cywilizacji i techniki

Już w starożytności ...



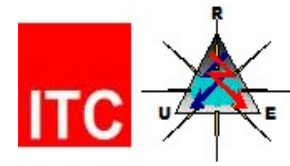
- ◆ William Gilbert ok. 1600 r.
- ◆ Otto von Guericke – 1660 r.
- ◆ Stephen Grey – 1729 r.
- ◆ Pieter van Musschenbroeck
- ◆ Benjamin Franklin – 1752 r.

- ◆ Michael Faraday
- ◆ Luigi Galvani
- ◆ Alessandro Volta
- ◆ Andre Marie Ampere
- ◆ Georg Ohm
- ◆ Gustaw von Kirchhoff
- ◆ James Clerk Maxwell

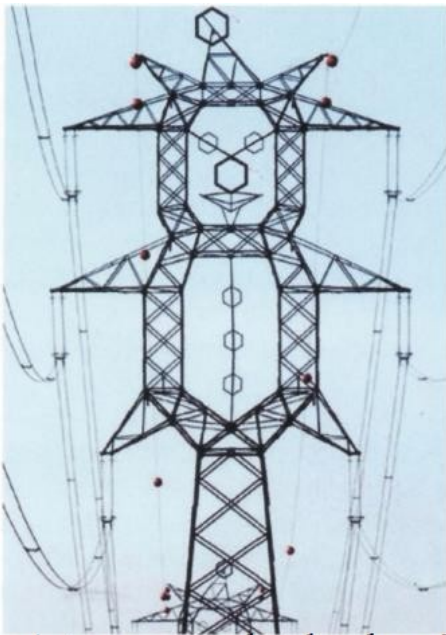
- ◆ Samuel Morse
- ◆ A. Meucci / G. Bell
- ◆ Nikola Tesla
- ◆ Thomas Edison
- ◆ Werner von Siemens
- ◆ Michał Doliwo-Dobrowolski
- ◆ ...



ELEKTROTECHNIKA W ENERGETYCE

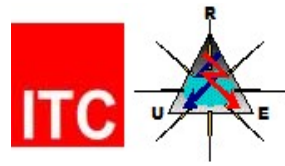


- Wysoka wartościowość: Egzergia = Energia
- teoretycznie 100 % energii elektrycznej można odzyskać w postaci pracy
- Łatwość konwersji na inne rodzaje energii (mechaniczna, cieplna, chemiczna)
- Wygodny przesył





ELEKTROTECHNIKA

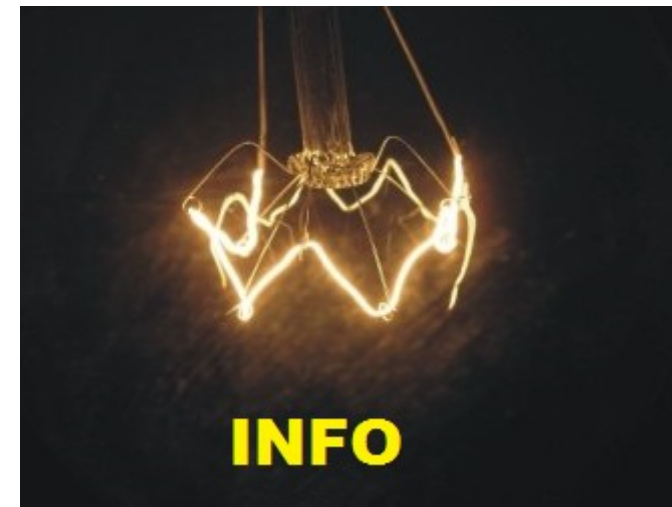


W AUTOMATYCE I ROBOTYCE

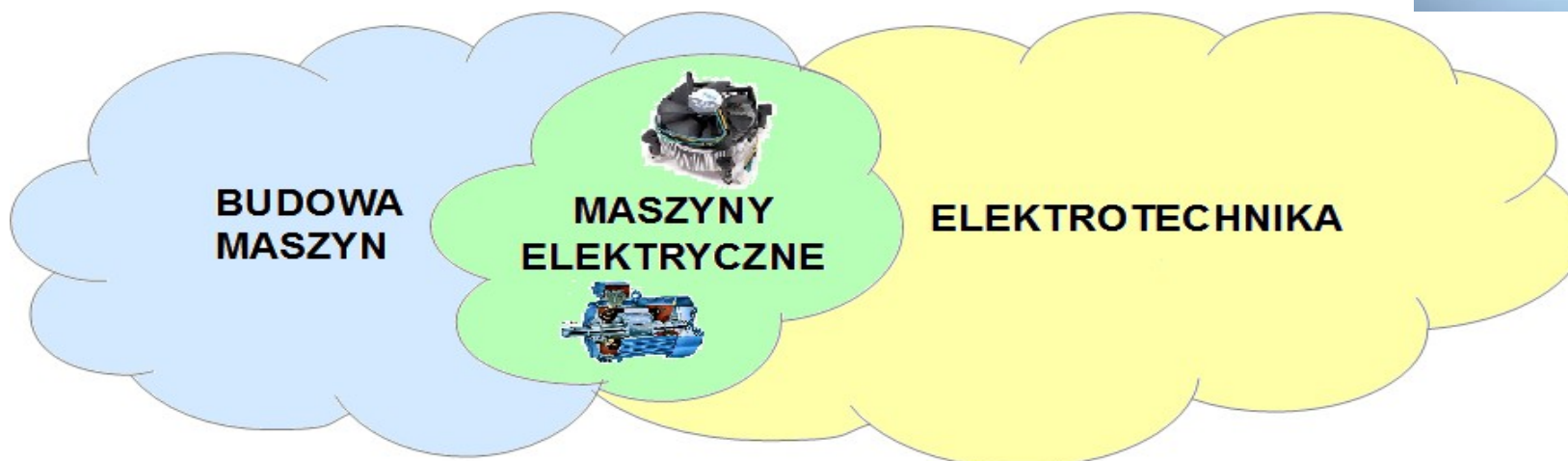
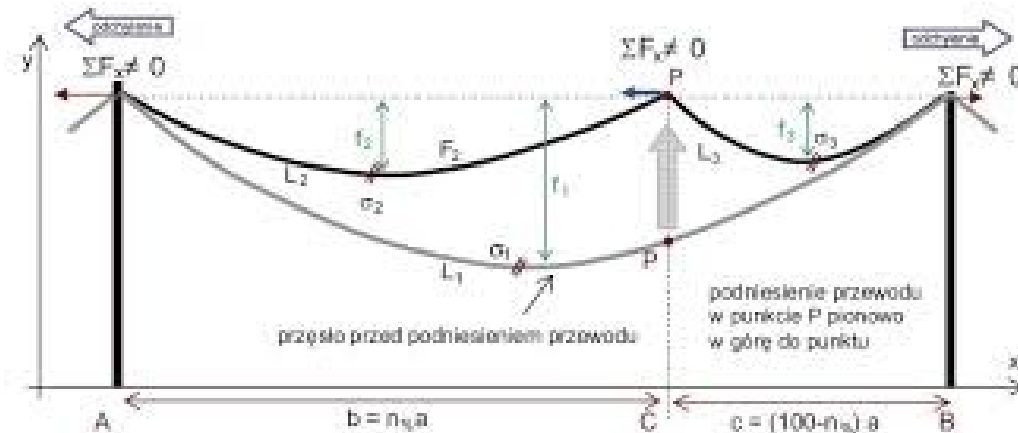
- Konstrukcje regulatorów od zarania dziejów do początku XX w. oparte głównie na mechanice
- Rozwój telegrafii i telefonii – końcówka XIX w. spowodował, że zagadnienia automatyzacji i elektrotechniczne zaczęły się przenikać (rachunek operatorowy inż. O. Heavisida).
- Inżynieria sterowania – mechanika, teoria sterowania - elektrotechnika

Obecnie:

- ➔ automatyka potrzebuje elektrotechniki (układy elektryczne regulatorów, sterowanie cyfrowe)
- ➔ elektrotechnika potrzebuje automatyki (elektroenergetyczna automatyka zabezpieczeniowa, Smart Grid)

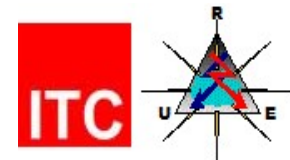


- Obliczenia wytrzymałości mechanicznej przewodów i konstrukcji wsporczych
- Budowa Maszyn – Maszyny Elektryczne

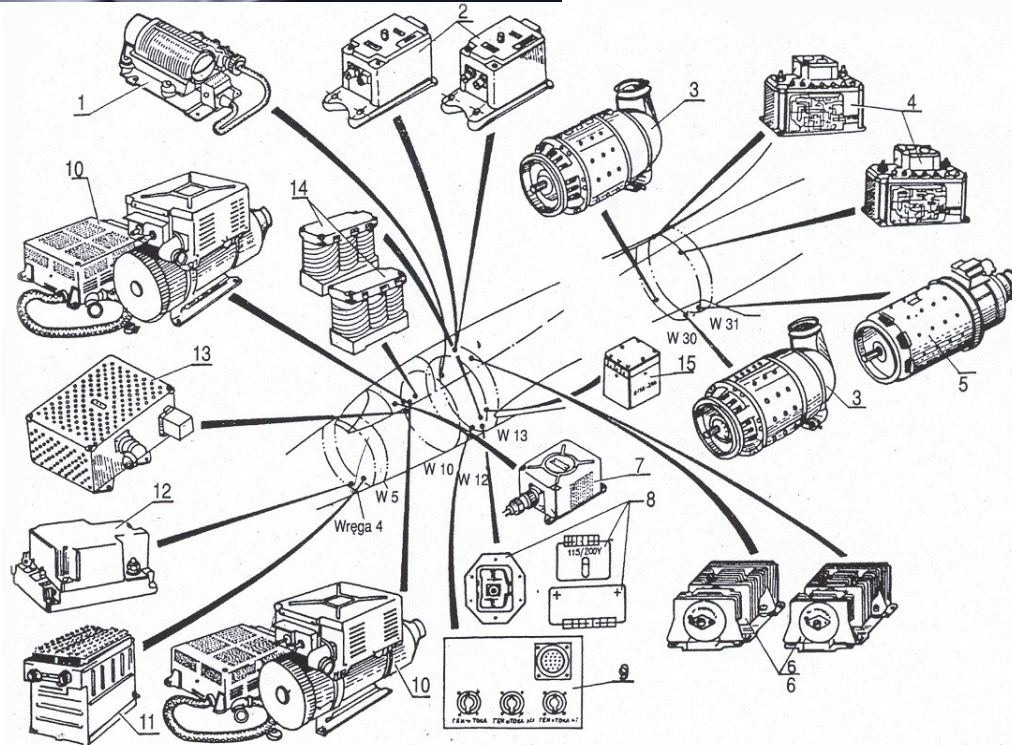
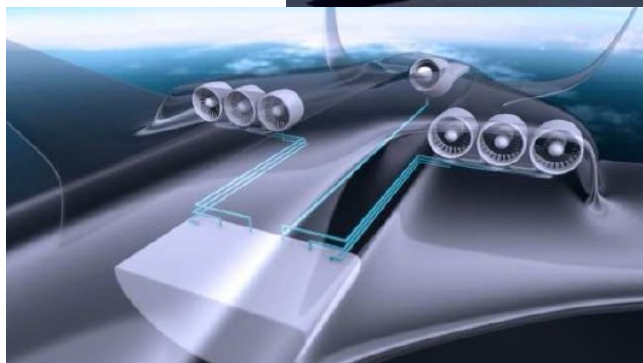




ELEKTROTECHNIKA w LOTNICTWIE



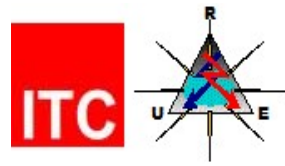
- Współczesne samoloty – różne układy wytwarzania i rozdziału energii:
 - paliwowy
 - pneumatyczny i hydrauliczny
 - elektryczny
- Nowatorska koncepcja zelektryfikowanego samolotu MEA (*More Electric Aircraft*), w ramach projektu MOET (*More Open Electric Technology*)
 - zastąpienie wielu układów jednym – elektroenergetycznym
 - wielonapięciowe połączenia hybrydowe AC i DC
 - układy elektrohydrauliczne
- Samoloty hybrydowe – elektryczne (układ napędowy gazowo-elektryczny z panelami fotowoltaicznymi)



Schemat rozmieszczenia bloków wyposażenia elektrycznego



WNIOSKI

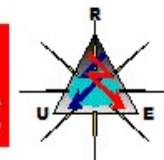


- **Wykorzystywanie elektryczności to dobry biznes**
- **Współczesny inżynier powinien posiadać ugruntowaną wiedzę z zakresu podstaw elektrotechniki**





LABORATORIA ELEKTRYCZNE NA WYDZIALE MEiL



Realizacja ćwiczeń laboratoryjnych – przedmioty:

- ELEKTROTECHNIKA
- MASZYNY ELEKTRYCZNE
- INTELIGENTNE SIECI PRZESYŁOWE

Kierunek: ENERGETYKA

ok. 100 osób/rok

- ELECTRIC CIRCUITS
- ELECTRICAL MACHINES
- ELECTRIC POWER SYSTEMS

Kierunek:
POWER ENGINEERING

ok. 60 osób/rok

- LABORATORIUM ZINTEGROWANE

Kierunek: AUTOMATYKA
I ROBOTYKA

ok. 60 osób/rok

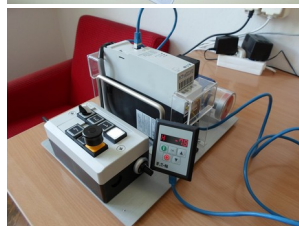
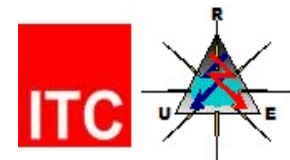


Prace dyplomowe i przejściowe





LABORATORIA ELEKTRYCZNE NA WYDZIALE MEiL



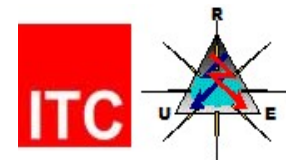
Modernizacja bazy laboratoryjnej (2014-2015):

★ Zakup **nowoczesnych przyrządów:**

- ❑ Analizator parametrów sieci 3-faz. ND1
(z Certyfikatem zgodności z Normami **EN 614010-1:2010**, **EN 61000-6-4:2007**, **EN 61000-6-2:2005** i Dyrektywami **2004/108/WE**, **2006/95/WE**)
- ❑ Analizator parametrów sieci 3-faz. ND20
- ❑ Inteligentny licznik energii z komunikacją cyfrową **LS31**
- ❑ 3 transformatory 230/115 V TS 500
- ❑ Transformator 3x400/3x19 V TS3 T300
- ❑ Transformator 3x400/3x40 V TS3UI 600
- ❑ Transformator 3-faz. (Y-Δ-Z) ZIG11
- ❑ 25 mierników cyfrowych Sanwa CD772
- ❑ 8 cyfrowych watomierzy DW6060
- ❑ Obciążenie pojemnościowe regulowane skokowo CH20
- ❑ Indukcyjność płynnie regulowana LH10
- ❑ Oscyloskopy
- ❑ Zasilacze DC
- ❑ Autotransformatory laboratoryjne
- ★ Zakup **stalowych stołów laboratoryjnych** ASV, ASO
- ★ Zakup **stołków** (dąb azjatycki)



LABORATORIA ELEKTRYCZNE NA WYDZIALE MEiL

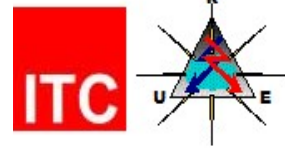


Modernizacja bazy laboratoryjnej (2014-2015):

- ★ Zakup **kompletnego stanowiska laboratoryjnego** do badania Inteligentnej instalacji elektrycznej – automatyka budynkowa (bezczepowy system sterowania inteligentną instalacją).
- ★ Wyposażenie **otrzymane bezpłatnie**:
 - ❏ UPS **NETYS PR 3000 VA Socomec**
 - ❏ UPS **NETYS PL 800 VA Socomec**
 - ❏ Rozrusznik silnikowy z regulacją prędkości **Power XL DE1** z silnikiem 3-faz. asynchronicznym (do wyznaczania żądanej wydajności energetycznej poprzez sterowanie prędkością obrotową) **EATON**
 - ❏ Źródła światła - oprawy LED z własnym podtrzymaniem zasilania **Sirios LED-A RO EATON**
 - ❏ Tablice pokazowe z nowoczesnym osprzętem elektroenergetycznym: **ACW Polska – Prysmian** oraz **SICAME**
- ★ Opracowanie **nowych ćwiczeń** laboratoryjnych oraz modyfikacja dotychczasowych.
- ★ Opracowanie **nowych instrukcji** do ćwiczeń laboratoryjnych (dla studentów).
- ★ Opracowanie **materiałów wewnętrznych** (dla prowadzących).



LABORATORIA ELEKTRYCZNE NA WYDZIALE MEiL



Nowe metody dydaktyczne

- ★ Zadanie – konkretny problem techniczny
- ★ Praca zespołowa
- ★ Rywalizacja między-zespołowa i w ramach grupy

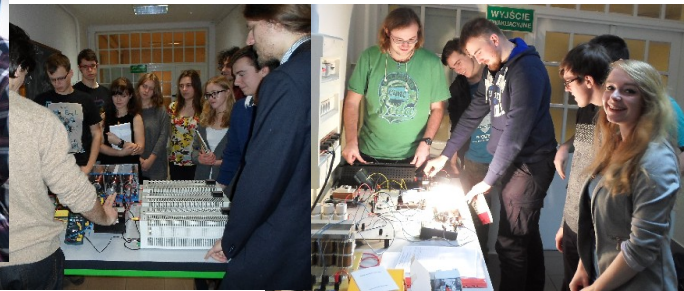
**Projekt
(zadanie)**

Realizacja

**Weryfikacja
na obiekcie**

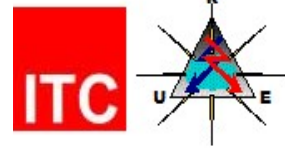
Wnioski

**DYSKUSJA
PREZENTACJA**

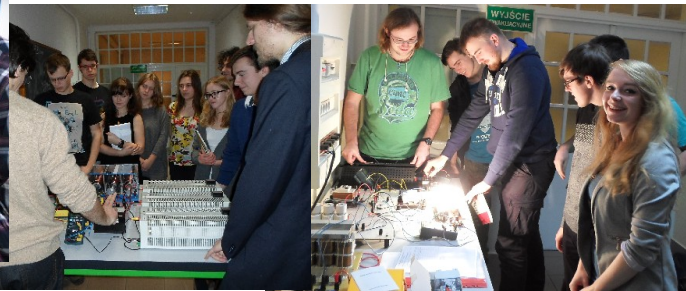




LABORATORIA ELEKTRYCZNE NA WYDZIALE MEiL

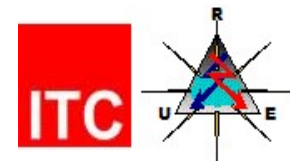


- Uniwersalne stanowiska dydaktyczno-badawcze:
- Stany pracy sieci 3-fazowych, efektywne gospodarowanie energią elektryczną
 - Inteligentny licznik energii elektrycznej, pomiary mocy i energii w układach 3-fazowych
 - Inteligentna instalacja elektryczna – automatyka budynkowa
 - Wyznaczanie impedancji i schematów zastępczych odbiorników energii elektrycznej
 - Transformatory 1-no i 3-fazowe, praca równoległa transformatorów
 - Silnik klatkowy, pierścieniowy, napędy falownikowe
 - Zespół maszyn prądu stałego (silnik-prądnica)
 - Maszyna synchroniczna
 - Badanie UPS
 - Obwody magnetyczne
 - Ochrona przeciwporażeniowa





LABORATORIA ELEKTRYCZNE NA WYDZIALE MEiL

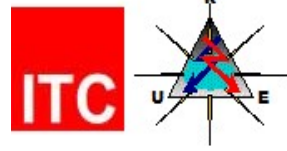


PRZEGLĄD WYBRANYCH STANOWISK W LABORATORIUM ELEKTRYCZNYM MEiL





LABORATORIA ELEKTRYCZNE NA WYDZIALE MEiL



Stanowisko: Układy sieci 3-fazowych 3,4-przewodowych, efektywne gospodarowanie energią elektryczną.

Tak było :
(na tym uczyli się rodzice)



Zagadnienia (program ćwiczeń):

- analiza **stanów pracy sieci** elektroenergetycznej i obwodów elektrycznych 3-fazowych w dowolnej konfiguracji (3 i 4 - przewodowe symetryczne i niesymetryczne; zmienne obciążenie R, L, C; stany awaryjne);
- racjonalne gospodarowanie energią, kompensacja mocy biernej;
- problematyka **jakości energii elektrycznej** – zakłócanie, badanie odkształceń przebiegów prądu i napięcia, odbiorniki nieliniowe;
- transmisja sygnałów pomiarowych w Internecie, **pomiary zdalne on-line**

Tak jest :
(na tym uczą się ich dzieci)



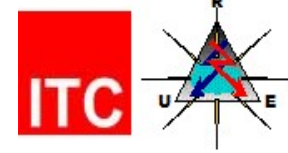
Wyposażenie:

- Nowoczesny analizator parametrów sieci 3-fazowej ND1 (z Certyfikatem zgodności z Normami **EN 614010-1:2010, EN 61000-6-4:2007, EN 61000-6-2:2005** i Dyrektywami **2004/108/WE, 2006/95/WE**)
- Regulowane obciążenie indukcyjne (0,1 – 1,4 H)
- Regulowane obciążenie rezystancyjne (0-165 Ω)
- Regulowane obciążenie pojemnościowe (0-2 kVAr)
- Cyfrowe przyrządy pomiarowe (pomiar *TrueRMS*)
- Moduł komunikacji z siecią teleinformatyczną,





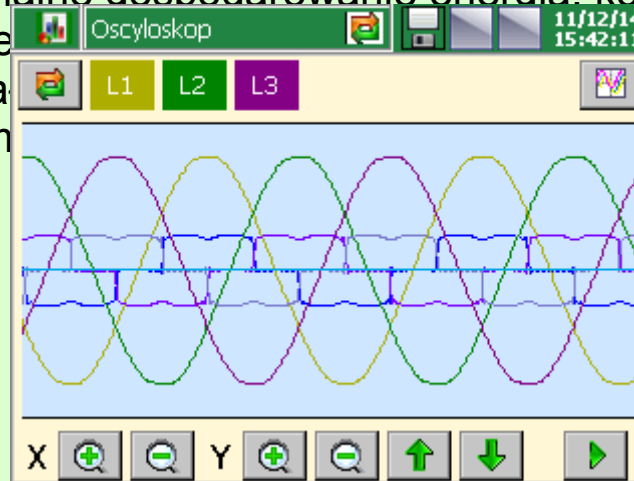
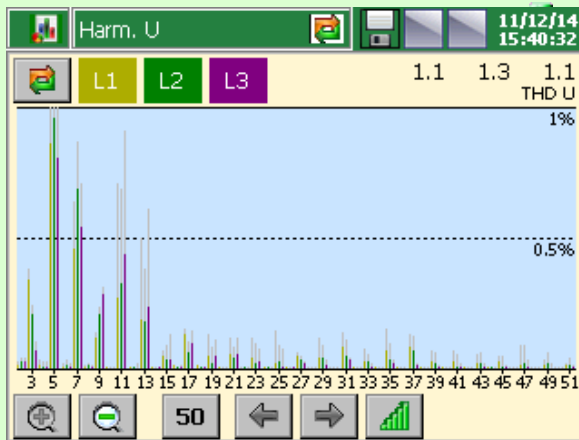
LABORATORIA ELEKTRYCZNE NA WYDZIALE MEiL



Stanowisko: Układy sieci 3-fazowych 3,4-przewodowych, efektywne gospodarowanie energią elektryczną.

Zagadnienia (program ćwiczeń):

analiza stanów pracy sieci elektroenergetycznej i obwodów krytycznych 3-fazowych w dowolnej konfiguracji (3 i 4 - przewodowe metryczne i niesymetryczne; zmienne obciążenie R,L, C; stany awaryjne); racjonalne gospodarowanie energią, kompensacja mocy biernej; problemy z kształtem napięcia – zakłócanie, badanie transformatorów, odbiorniki nieliniowe; pomiarów w sieci, pomiary zdalne on-line



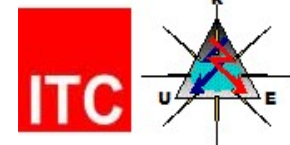
Wyposażenie:

- Nowoczesny analizator parametrów sieci 3-fazowej ND1 (z Certyfikatem zgodności z Normami **EN 614010-1:2010, EN 61000-6-4:2007, EN 61000-6-2:2005** i Dyrektywami **2004/108/WE, 2006/95/WE**)
- Regulowane obciążenie indukcyjne (0,1 – 1,4 H)
- Regulowane obciążenie rezystancyjne (0-165 Ω)
- Regulowane obciążenie pojemnościowe (0-2 kVAr)
- Cyfrowe przyrządy pomiarowe (pomiar *TrueRMS*)
- Moduł komunikacji z siecią teleinformatyczną,





LABORATORIA ELEKTRYCZNE NA WYDZIALE MEiL



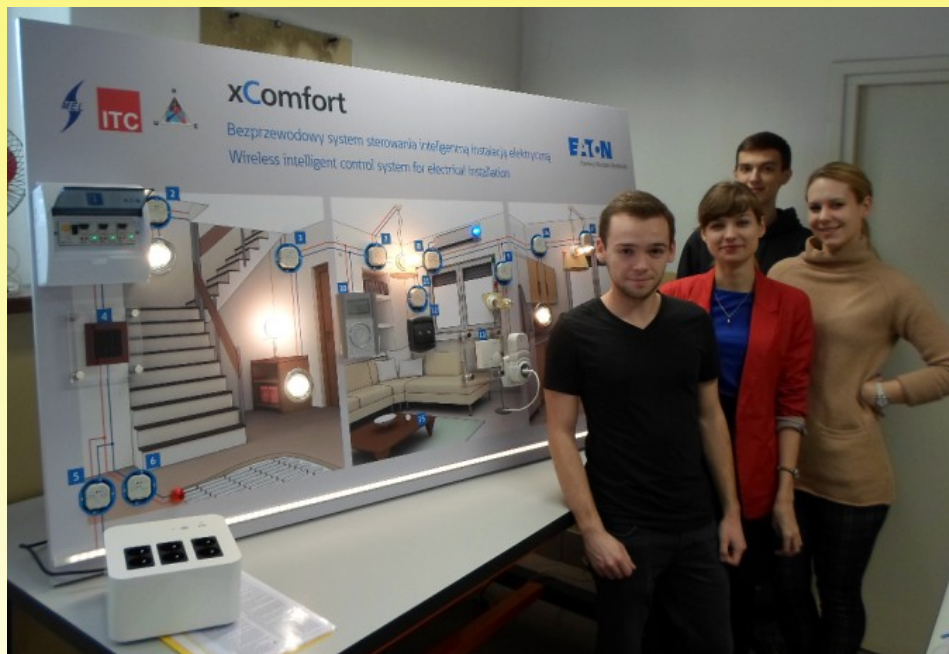
Stanowisko: Inteligentne instalacje elektryczne – automatyka budynkowa

Zagadnienia (program ćwiczeń):

- **Projektowanie i realizacja fizyczna** struktury instalacji elektrycznej - programowanie instalacji **lokalne** (basic) oraz **zdalne bezprzewodowe** (komputer zewnętrzny)
- Kontrola zużycia energii elektrycznej
- Wykonanie własnych programów działania automatyki budynkowej (**scenariusze racjonalizacji użytkowania energii elektrycznej**), testowanie instalacji
- Analiza scenariuszy oszczędnego użytkowania energii elektrycznej w budynku

Wyposażenie:

- Rozdzielnica zasilająca z funkcją pomiaru energii
- Aktory ściemniające oświetlenie
- Bezprzewodowe nadajniki wielokanałowy
- Sterownik rolet
- Room manager (panel kontrolno-sterujący)
- Nadajnik z wejściem binarnym
- Kontroler temperatury
- Pilot 12-kanałowy
- Nowoczesne źródła światła (w tym listwa LED)
- Symulatory odbiorników – ogrzewanie podłogowe, napęd rolet, klimatyzator
- Oprogramowanie nadzorująco-sterujące *Eaton RF-System*



**EFEKTYWNOŚĆ
ENERGETYCZNA**

**RACJONALNE
GOSPODAROWANIE
ENERGIĄ ELEKTRYCZNĄ**

Stanowisko: Urządzenia UPS , badanie układów gwarantowanego zasilania



Zagadnienia (program ćwiczeń):

- Wyznaczanie charakterystyki pracy
- Analiza sprawności energetycznej
- Analiza parametrów pewności zasilania
- Badanie przebiegów prądów i napięcia
- Próby obciążenia

Wyposażenie:

- Zasilacz UPS o mocy 3 000 VA
- Zasilacz UPS o mocy 800 VA
- Oscyloskop elektroniczny
- Autotransformator
- Cyfrowe przyrządy pomiarowe (pomiary *TrueRMS*)
- Regulowane obciążenie

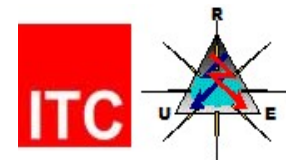
**EFEKTYWNOŚĆ
ENERGETYCZNA**

**NIEZAWODNOŚĆ
ZASILANIA**

**RACJONALNE
GOSPODAROWANIE
ENERGIĄ ELEKTRYCZNA**



LABORATORIA ELEKTRYCZNE NA WYDZIALE MEiL



Stanowisko: Badania transformatorów elektroenergetycznych



Zagadnienia (program ćwiczeń):

- Wyznaczanie charakterystyki pracy pod obciążeniem
- Wyznaczenie charakterystyki **sprawności energetycznej**
- Wyznaczenie parametrów i schematów zastępczych
- Stan zwarcia, stan jałowy
- Dobór transformatorów do **pracy równoległej**, uruchomienie układu transformatory - odbiorca
- Badanie transformatorów 3-fazowych

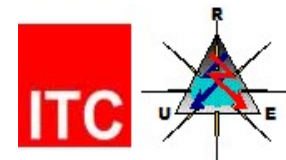
Wyposażenie:

- Transformatory 1-no fazowe
- Transformator 3-fazowy, z możliwością **przełączania uzwojeń (Y- Δ -Z)**
- Autotransformator
- Regulowane obciążenie
- Cyfrowe przyrządy pomiarowe

**EFEKTYWNOŚĆ
ENERGETYCZNA** **RACJONALNE
GOSPODAROWANIE
ENERGIĄ ELEKTRYCZNĄ**



LABORATORIA ELEKTRYCZNE NA WYDZIALE MEiL



Stanowisko: Inteligentny licznik energii elektrycznej, pomiary mocy i energii w układach 3-fazowych



Zagadnienia (program ćwiczeń):

- Pomiary mocy i energii elektrycznej
- Wyznaczanie stanów pracy sieci w różnych konfiguracjach odbiornika/odbiorcy (sym./n-sym, Y, Δ)
- Wyznaczanie stałych liczników
- **Programowanie licznika cyfrowego** (dobór ustawień i parametrów pracy, projektowanie własnej taryfy,...)
- Testowanie komunikacji (odczyt zdalny)
- Badanie pracy sieci w przypadku **awarii**

Wyposażenie:

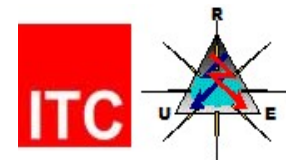
- Elektroniczny 3-fazowy licznik energii elektrycznej z komunikacją cyfrową LS31
- Analizator parametrów sieci 3-fazowej ND20
- Licznik 3-fazowy energii elektrycznej indukcyjny
- Przekładnik prądowy
- Przekładnik napięciowy
- Regulowane obciążenie indywidualne dla każdej z faz
- Mierniki cyfrowe

**NIEZAWODNOŚĆ
ZASILANIA**

**RACJONALNE
GOSPODAROWANIE
ENERGIĄ ELEKTRYCZNĄ**



LABORATORIA ELEKTRYCZNE NA WYDZIALE MEiL



Stanowiska Maszyn Elektrycznych: Prądnicą – silnik prądu stałego,
silnik asynchroniczny klatkowy oraz pierścieniowy, maszyna synchroniczna



Zagadnienia (program ćwiczeń):

- Wyznaczanie charakterystyk zewnętrznych
- Wyznaczanie charakterystyk obciążenia
- Badanie sposobów rozruchów
- Badanie sprawności
- Sterowanie prędkością
- Dokładne pomiary prędkości obrotowej
- Badania momentów mechanicznych pracy maszyn
- Próby synchronizacji z siecią sztywną

Wyposażenie:

- Silniki asynchroniczne z falownikami
- Układy „miękkiego rozruchu” (**soft-start**)
- Zespół silnik – prądnicą DC
- Maszyna synchroniczna z cyfrową kolumną synchronizującą (generator-sieć)
- **Enkodery** do pomiaru prędkości obrotowej
- **Rozrusznik silnikowy DE1** z regulacją prędkości z silnikiem synchronicznym 3-fazowym
- Autotransformatory

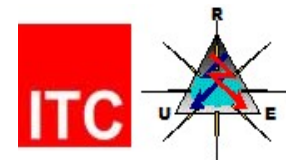
**EFEKTYWNOŚĆ
ENERGETYCZNA**

**NIEZAWODNOŚĆ
ZASILANIA**

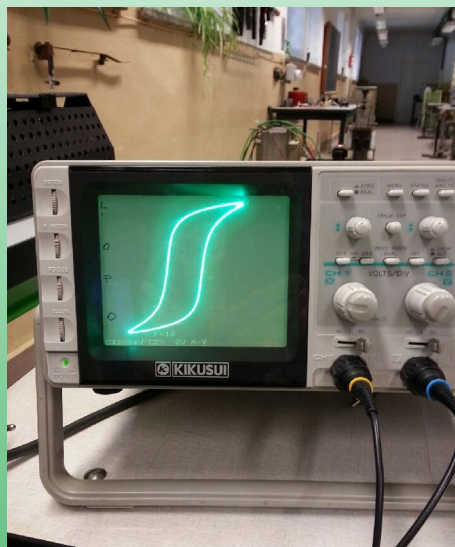
**RACJONALNE
GOSPODAROWANIE
ENERGIĄ ELEKTRYCZNĄ**



LABORATORIA ELEKTRYCZNE NA WYDZIALE MEiL



Stanowiska „inne”



**EFEKTYWNOŚĆ
ENERGETYCZNA**

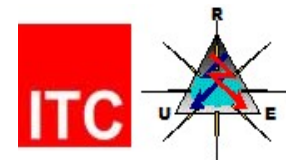
**NIEZAWODNOŚĆ
ZASILANIA**

**RACJONALNE
GOSPODAROWANIE
ENERGIĄ ELEKTRYCZNA**

- Pomiary impedancji (w tym źródeł światła i sprzętu AGD)
- Ochrona przeciwporażeniowa
- Obwody magnetyczne
- Osprzęt elektroenergetyczny



LABORATORIA ELEKTRYCZNE NA WYDZIALE MEiL



Zakład RUE

we współpracy z

Oddziałem Warszawskim *Stowarzyszenia Elektryków Polskich im. K.Szpołańskiego*

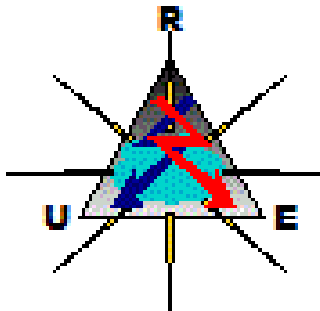
(poprzez Koło SEP nr 240)

organizuje na miejscu corocznie dla **wszystkich studentów** 3-go roku kierunku Energetyka :

- ✓ Kursy na uprawnienia eksploatacyjne SEP
- ✓ Egzamin państwowy na ww. uprawnienia

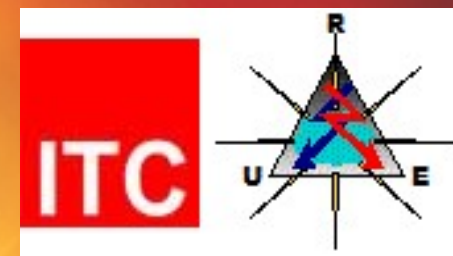


+



Efekt końcowy:

Uprawnienia do eksploatacji urządzeń, instalacji i sieci elektroenergetycznych do 1 kV
(ŚWIADECTWO KWALIFIKACYJNE kategorii E)
dla każdego studenta kierunku



DZIĘKUJEMY!

dr inż. Sławomir BIELECKI
mgr inż. Janusz LIPKA