

PRZEDMIOT „POMIARY W ENERGETYCE” – KIERUNEK KREATYWNOŚĆ STUDENTÓW

Andrzej BIEN

AGH w Krakowie, Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej
tel.:502-657-962 e-mail: abien@agh.edu.pl

Streszczenie: Prowadzenie przedmiotu w ramach, którego wykonywane są ćwiczenia laboratoryjne wymaga opracowania tematyki tak by zajęcia były prowadzone w sposób pozwalający na przekazanie zakładanej wiedzy oraz wzbudzały zainteresowanie szerszą tematyką przedmiotu. Autor uważa, że istotne jest prowadzenie nacisku na samodzielność i kreatywność studentów podczas zajęć. Prezentowany artykuł jest próbą podzielenia się doświadczeniem z takiego podejścia do prowadzenia zajęć.

Słowa kluczowe: pomiary w systemie elektroenergetycznym, cyfrowe przyrządy pomiarowe, przetwarzanie sygnałów elektrycznych.

1. WSTĘP

W 2011 roku w związku ze zmianą programu studiów dla kierunku Elektrotechnika wprowadzono nowy przedmiot „Pomiary w energetyce” dla modułu „A” tj. dla studentów wybierających specjalność elektroenergetyka. Był to nowy przedmiot z obszaru pomiarów elektrycznych. W pierwszej fazie do roku 2013 przedmiot był prowadzony w sposób standardowy przez trzy osoby. Przedmiot cieszył się powodzeniem jednak oceny studentów były przeciętne, sporo ocen dostatecznych. Od roku akademickiego 2013/14 prowadzący przedmiot zmienił pomieszczenie laboratorium oraz zostały poczynione zmiany organizacyjne pozwalające na większą samodzielność w prowadzeniu zajęć. Aktualnie przedmiot jest prowadzony dla grupy studentów 45-50 osób przez profesora nadzwyczajnego i asystenta. Studenci są podzieleni na 15 osobowe zespoły odbywające zajęcia w kolejnych trzech co tygodniowych terminach. Po trzech latach prowadzenia zajęć autor postanowił podzielić się doświadczeniami.

2. OPIS PRZEDMIOTU

Przedmiot jest prowadzony w semestrze zimowym i obejmuje 15 dwugodzinnych terminów wykładów. Zaproponowana tematyka wykładów jest następująca:

Wykład wprowadzający

Warunki zaliczenia przedmiotu, literatura uzupełniająca. Omówienie specyfiki prowadzenia pomiarów dla sygnałów elektroenergetycznych – problemy bezpieczeństwa, problemy zakłóceń. Własności sygnałów elektroenergetycznych.

Dokumenty prawne w pomiarach elektrycznych

Ustawy i rozporządzenia związane z pomiarami w elektroenergetyce. Polski Komitet Normalizacyjny. Organizacja służb pomiarowych, Główny Urząd Miar. Normalizacja w świecie i w Polsce.

Obwody wejściowe aparatury pomiarowej (1)

Układy separacji i zmiany skali w pomiarach dla systemu elektroenergetycznego. Właściwości metrologiczne dla potrzeb aparatury z przetwarzaniem cyfrowym. Sposoby separacji sygnałów napięciowych, przekładniki indukcyjne, pojemnościowe, niekonwencjonalne.

Obwody wejściowe aparatury pomiarowej (2)

Sposoby separacji sygnałów prądowych, przekładniki klasyczne, przekładniki z hallotronem. Zasilanie czujników pracujących na wysokim potencjale.

Filtry i ich rola w pomiarach

Filtracja analogowa, właściwości filtrów analogowych, wprowadzenie do przetwarzania analogowo-cyfrowego, twierdzenie o próbkowaniu.

Przetworniki A/C do pomiarów sygnałów elektroenergetycznych

Przetworniki stosowane w komercyjnych przyrządach pomiarowych pracujących z sygnałami napięć i prądów. Klasyfikacja własności przetworników A/C. Przetwornik kompensacyjny, przetwornik Sigma-Delta.

Pomiary wartości skutecznych, mocy i energii

Metody pomiarowe wartości skutecznych, mocy i energii, ich realizacja i problemy z zastosowaniem definicji dla sygnałów systemu elektroenergetycznego.

Pomiar uciążliwości migotania światła

Idea pomiaru, budowa i opis bloków funkcjonalnych zastosowanych w przyrządach do pomiaru uciążliwości migotania światła. Interpretacja wahań napięcia i fazy w napięciach systemu elektroenergetycznego.

System pomiarowy z cyfrowym przetwarzaniem sygnałów

Struktura współczesnego systemu pomiarowego pracującego z wieloma sygnałami wejściowymi. Oczekiwania użytkowników a możliwości obliczeniowe i przechowywania danych. Procesory i struktury logiczne.

Analiza Fouriera – FFT dla celów pomiarowych

Analiza Fouriera dla sygnałów cyfrowych – FFT. Idea algorytmu. Powiązanie sygnałów analogowych i cyfrowych. Analiza widmowa – skala logarytmiczna, przeciek widma.

Pomiary THD

Definicja THD i jej różne aplikacje w dokumentach normalizacyjnych. Realizacja pomiaru THD i pokrewnych wskaźników jakości napięcia oraz prądu.

Fazory

Idea fazorów, podstawowa metoda pomiarów fazorów w systemach cyfrowych, realizacja synchronizacji pomiarów w odległych miejscach.

Pomiary – ocena jakości energii elektrycznej

Jakość energii elektrycznej jako zespół wskaźników mierzonych cyfrową aparaturą pomiarową. Problemy przechowywania wyników pomiarów, przeszukiwanie i agregacja wyników pomiarów.

Interfejsy cyfrowe w aparaturze pomiarowej

Interfejsy w przyrządach pomiarowych, funkcjonalność i parametry techniczne. Możliwości stosowania interfejsów w aparaturze pracującej „On line”.

Nowoczesne problemy w pomiarach elektroenergetycznych

Światowe organizacje zajmujące się standaryzacją w pomiarach. Współczesne dostępne komercyjnie przyrządy pomiarowe: analizatory jakości, liczniki energii.

W ramach ostatniego terminu wykładu prowadzony jest krótki test sprawdzający wiedzę ogólną z tematyki wykładów. Niestety praktycznie co roku występuje problem utraty co najmniej jednego terminu wykładu. Raz tylko udało się utracony termin wykładu odrobić. W pozostałych przypadkach omawiane są dwa tematy w jednym terminie. Oczywiście sytuacja taka występuje w końcowej części wykładów, praktycznie po 10 terminie. Przedmiot ma przyznane 4 punkty ECTS.

3. LABORATORIUM

Wraz z wykładem prowadzone są czterogodzinne ćwiczenia laboratoryjne, 8 terminów. Dla 15 osobowej grupy uruchamianych jest 6 stanowisk. Dla wprowadzenia większej atrakcyjności ćwiczeń wybrano laboratorium z odbiornikami większych mocy. Wybór taki podnosi atrakcyjność zajęć, ale też wymaga większej odpowiedzialności i restrykcyjnego przestrzegania zasad bezpieczeństwa. Wybrane zostały następujące tematy do realizacji eksperymentów.

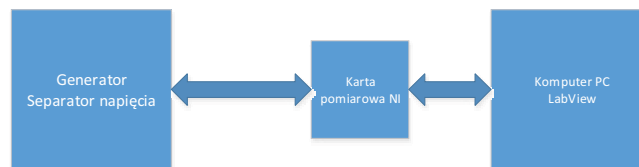
Obliczenia „ON LINE” fazora dla napięć sieci elektroenergetycznej

Cel ćwiczenia.

Przeprowadzenie eksperymentów z algorytmem pomiarowym fazora.

Zadania:

1. Konfiguracja i zapoznanie się z pracą komputera w środowisku LabVIEW, przykładowy program.
2. Wykonanie próbných pomiarów.
3. Przeprowadzenie testów badanego algorytmu.
4. Wykonanie szczegółowej dokumentacji stanowiska laboratoryjnego.
5. Zestawienie własności badanego algorytmu.
6. Test pomiarów dla napięć w sieci laboratoryjnej.



Rys. 1 Schemat stanowiska badawczego, „fazor”

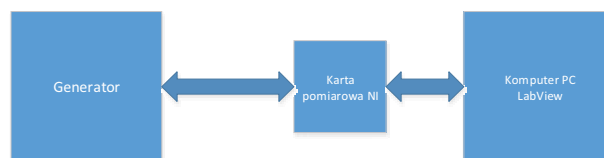
Pomiar wartości skutecznej napięcia

Cel ćwiczenia.

Przeprowadzenie eksperymentów z algorytmami pomiarowymi wartości skutecznej „True RMS”.

Zadania:

1. Konfiguracja i zapoznanie się z pracą komputera w środowisku LabVIEW, przykładowy program.
2. Wykonanie próbných pomiarów.
3. Przeprowadzenie testów badanych algorytmów.
4. Wykonanie szczegółowej dokumentacji stanowiska laboratoryjnego.
5. Zestawienie własności testowanych algorytmów.



Rys. 2. Struktura stanowiska badawczego, pomiar wartości skutecznej

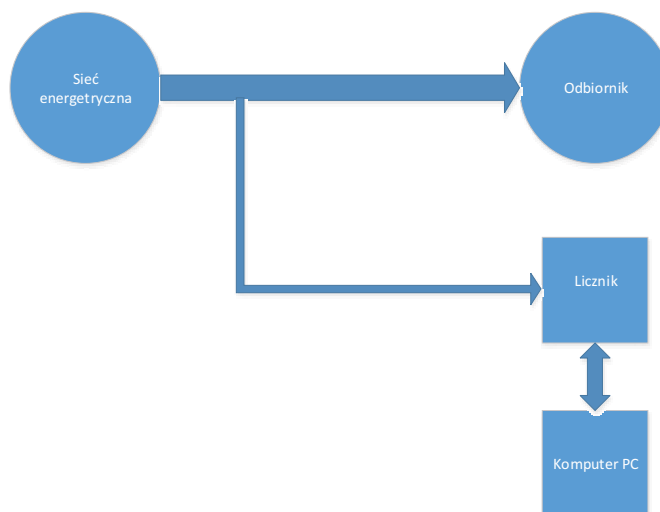
Licznik 3-fazowy

Cel ćwiczenia.

Przeprowadzenie pomiarów przy różnych konfiguracjach licznika 3-fazowego.

Zadania:

1. Wykonanie dokumentacji połączeń stanowiska laboratoryjnego.
2. Wykonanie próbných pomiarów.
3. Konfiguracja funkcji pomiarowych za pomocą programu i dostępnych przycisków licznika.
4. Wykonanie rejestracji dla pracy z dużym odbiornikiem w taryfie G12.



Rys. 3. Struktura stanowiska badawczego, licznik 3-fazowy

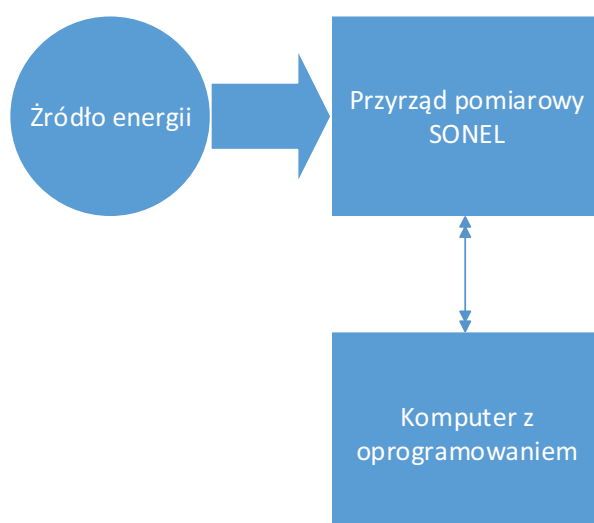
System do pomiarów jakości energii elektrycznej

Cel ćwiczenia.

Przeprowadzenie konfiguracji systemu pomiarowego i wykonanie rejestracji dla oceny jakości energii elektrycznej.

Zadania:

1. Konfiguracja i zapoznanie się pracą ON LINE rejestratora.
2. Wykonanie próbných pomiarów dla standardowych ustawień.
3. Konfiguracja funkcji pomiarowych.
4. Wykonanie rejestracji dla pracy z siecią laboratoryjną.



Rys. 4. Struktura stanowiska badawczego, jakość energii

Przekładnik prądowy

Cel ćwiczenia.

Przeprowadzenie pomiaru prądu w szynie rozdzielni, porównanie pracy przekładnika prądowego i bocznika.

Zadania:

1. Wykonanie dokumentacji połączeń stanowiska laboratoryjnego, schemat.
2. Generacja prądu.
3. Wykonanie próbných pomiarów.
4. Przeprowadzenie porównania wyników pomiarów, ocena niepewności pomiarów.

Zestawie dostępnych przyrządów:

1. Transformator do generacji prądu 150A
2. Fragment szyny rozdzielni
3. Przekładnik prądowy
4. Bocznik pomiarowy
5. Oscyloskop
6. Multimetr

Uwaga na możliwość wystąpienia wyższych temperatur i dużego pola magnetycznego.

Analiza układu pomiarowego napięć w sieci 3-fazowej

Cel ćwiczenia.

Sprawdzenie poprawności pracy układu do pomiaru napięć w sieci 3-fazowej przy asymetrii i różnej konfiguracji punktu neutralnego przekładników.

Zadania:

1. Konfiguracja i zapoznanie się pracą komputera w środowisku LabView.
2. Wykonanie próbných pomiarów.
3. Przeprowadzenie testów badanych algorytmów.
4. Wykonanie szczegółowej dokumentacji stanowiska laboratoryjnego.

5. Przeprowadzenie eksperymentów dla następujących stanów obserwowanej sieci 3-fazowej:
 - a) Zasilanie symetryczne punkty N połączone.
 - b) Zasilanie symetryczne punkty N rozłączone.
 - c) Brak napięcia w jednej fazie punkty N połączone.
 - d) Brak napięcia w jednej fazie punkty N rozłączone.
 - e) Brak napięcia w dwóch fazach punkty N połączone.
 - f) Brak napięcia w dwóch fazach punkty N rozłączone.
 - g) Zasilanie asymetryczne – w jednej fazie napięcie niższe o ok. 10% punkty N połączone.
 - h) Zasilanie asymetryczne – w jednej fazie napięcie niższe o ok. 10% punkty N rozłączone.

Pomiary należy przeprowadzić dla konfiguracji przekładników gwiazda i następnie trójkąt. Dla każdego pomiaru wyznaczamy współczynnik asymetrii.

Stanowisko dodatkowe

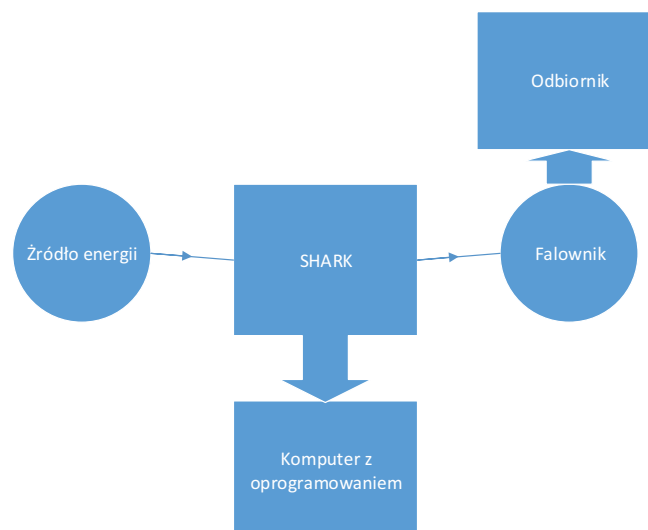
System do pomiarów parametrów energii elektrycznej

Cel ćwiczenia.

Przeprowadzenie konfiguracji systemu pomiarowego i wykonanie pomiarów dla odbiornika o zmiennych parametrach.

Zadania:

1. Konfiguracja i zapoznanie się z interfejsem RS488.
2. Konfiguracja funkcji pomiarowych.
3. Ocena własności dynamicznych pomiarów – czasy pomiarów i rejestracji.
4. Wykonanie rejestracji dla pracy odbiornika ze zmiennym obciążeniem.



Rys. 5. Struktura stanowiska badawczego z systemem pomiarowym

Dodatkowe materiały w postaci instrukcji obsługi przyrządów oraz dostęp do zasobów Internetu jest „wyposażeniem” każdego stanowiska laboratoryjnego.

W ramach wykonywanego ćwiczenia trzeba na bieżąco wykonać sprawozdanie i je oddać na ocenę, w związku z tym są to sprawozdania pisane odręcznie. Sprawozdanie jest oddawane w formie dyskusji nad opracowanymi danymi i układami pomiarowymi.

Instrukcje skrócono, tekst ich celowo jest lakoniczny i wymaga dużej samodzielności studentów realizujących ćwiczenia laboratoryjne. Dlatego czas jednego spotkania wynosi 4 godziny lekcyjne.

4. PODSUMOWANIE

Laboratorium ze zmianami polegającymi na uproszczeniu opisów ćwiczeń i przygotowaniu sprawozdań na bieżąco funkcjonuje od 3 lat. Ponieważ jest 8 terminów spotkań, zawsze wszystkie zajęcia się odbywają. Obecność na zajęciach jest ponad 98% i studenci chętnie biorą udział również w dodatkowych spotkaniach np. wspólnych wyjściach na wykłady otwarte „Smart Grid”. W tym czasie tylko raz została wystawiona ocena dostateczna na zaliczenie przedmiotu, średnia wynosi 4,5 – ponad dobry. Dodatkowym wskaźnikiem popularności przedmiotu i być może przez to osób prowadzących przedmiot jest zainteresowanie tematami prac inżynierskich zgłaszanych z półrocznym wyprzedzeniem.

5. BIBLIOGRAFIA UZUPEŁNIAJĄCA DO ĆWICZEŃ

1. National Instruments, <http://www.ni.com/pl-pl.html>, data odczytu 13.07.2017.
2. National Instruments, Data Acquisition, <http://www.ni.com/data-acquisition/>, data odczytu 13.07.2017.
3. Apator. Liczniki energii elektrycznej, <http://www.apator.com/pl/oferta/pomiar-energii/liczniki-energii-elektrycznej/>, data odczytu 13.07.2017.
4. Sonel, <http://www.sonel.pl/pl>, data odczytu 13.07.2017.
5. Sonel. Instrukcje obsługi, <http://www.sonel.pl/pl/pobierz/instrukcje-obslugi.html>, data odczytu 13.07.2017.
6. Norma PN-EN 50160:2010 Parametry napięcia zasilającego w publicznych sieciach rozdzielczych.
7. Norma IEEE 1459-2010 IEEE Standard Definitions for the Measurement of Electric Power Quantities Under Sinusoidal, Nonsinusoidal, Balanced, or Unbalanced Conditions.
8. Biuro Inżynierskie Convert. SHARK 200, <http://jakoscenergii.com/produkty/Shark-200,25.html>, data odczytu 13.07.2017.
9. Electro Industries/Gauge Tech, <https://electroind.com/>, data odczytu 13.07.2017.

LECTURE "MEASURING IN ENERGETICS" - THE DIRECTION CREATIVITY OF STUDENTS

After the change of lecturers author was offered changes in the implementation of the subject of teaching. First, job descriptions have been shortened, engage students to independently propose measurement methods and develop measurement results. The text of the instructions are on purpose shortened and requires an independent work great during laboratory exercises. Therefore, the duration of the one lesson is 4 hours, includes the development of results and reporting. The following laboratory with this kind of instruction and rules has been operating since 3 year. Because there are the eight separate dates of lessons are always available and that is why lessons can be always held. Attendance is over 98% and students are also more likely to participate in additional meetings eg. open lectures "Smart Grid". Usually the average grade is 4.5 - more than good. The article is information about the lesson which students willingly choose.

Keywords: Measurements in the electricity, Digital instruments, Processing of electrical signals.