

## **MIERNIK NATĘŻENIA PRĄDU PRZEMIENNEGO**

### **1. Cel projektu**

- Zaprojektowanie i skonstruowanie urządzenia pomiarowego prądu przemiennego pozwalającego na wykonanie pomiaru bez przerywania ciągłości przewodów elektrycznych

### **2. Założenia projektu**

- zakres mierzonego prądu AC: 0 - 5A
- urządzenie przenośne, zasilane bateryjnie
- pomiary na zasadzie zjawiska indukcji elektromagnetycznej
- urządzenie wyposażone w funkcję kalibracji zera
- oprogramowanie bazujące na mikrokontrolerze ATmega328p
- miernik wyposażony w LCD prezentujący wynik pomiaru

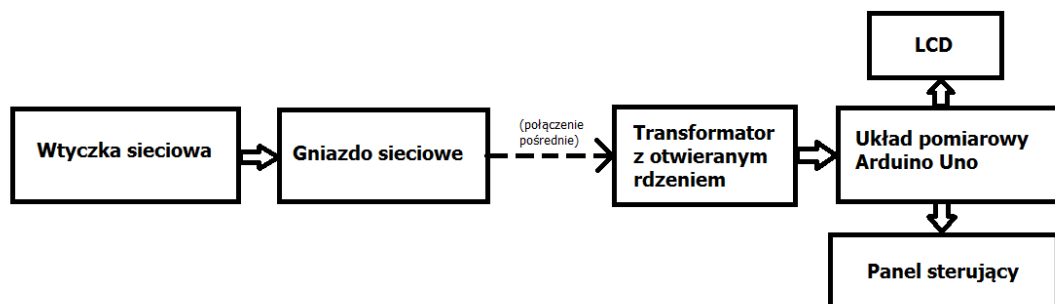
### **3. Przegląd literatury**

Mierniki prądu AC są produktem istniejącym na rynku urządzeń elektronicznych w postaci tzw. mierników cęgowych. Wyróżniają się one różnymi parametrami - m.in. zakresem, dokładnością czy też czułością pomiarów. Wiele firm produkujących mierniki elektroniczne zajmuje się sprzedażą takich urządzeń (m.in. UNI-T, FLUKE, FLIR).

### **4. Zasada działania**

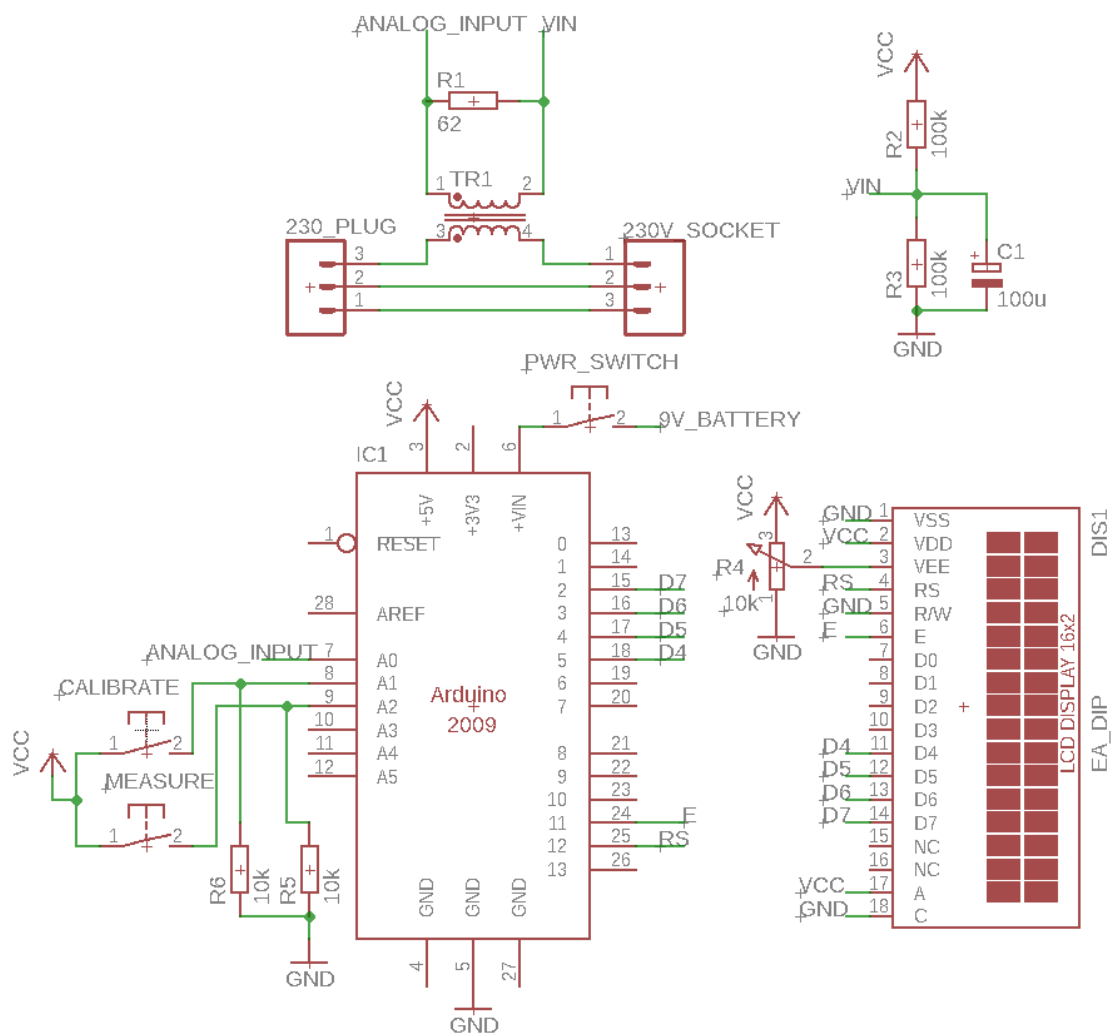
Działanie skonstruowanego miernika prądu przemiennego opiera się na zjawisku indukcji elektromagnetycznej. Przewód, w którym płynie mierzony prąd przemienny (AC) umieszczany jest wewnątrz transformatora z otwieranym rdzeniem. Pełni on funkcję uzwojenia pierwotnego i indukuje prąd przemienny w uzwojeniu wtórnym. Wyindukowany prąd powoduje spadki napięcia na dołączonym do uzwojenia rezystorze. Pomiary tego napięcia pozwalają na obliczenie prądu w uzwojeniu pierwotnym, czyli prądu mierzonego. W celu pomiaru wartości napięcia przemiennego przy zasilaniu niesymetrycznym, konieczne było ustalenie punktu pracy, w tym przypadku poziomem zerowym jest połowa napięcia zasilania czyli 2,5V. Ze względu na niewielkie wahania tego napięcia, wprowadzono funkcję kalibracji zera, która wyznacza jego aktualną wartość. Pomiary napięcia oraz obliczenia wykonywane są przez mikrokontroler ATmega328p znajdujący się w module Arduino Uno. Obliczona wartość natężenia prądu prezentowana jest na LCD.

## 5. Schemat blokowy



*Rysunek 1 Schemat blokowy urządzenia*

## 6. Schemat ideowy



*Rysunek 2 Schemat ideowy miernika*

## 7. Wykaz elementów

Spis elementów użytych do konstrukcji urządzenia:

- **Moduł Arduino Uno**
- **Moduł pomiaru prądu SCT 013-005**
- LCD 2x16 niebieski
- Potencjometr osiowy liniowy 10k
- Przycisk MINI bistabilny PCB
- Tact Switch (2 szt.)
- Obudowa multimetru DT9205A
- Gniazdo sieciowe
- Przewód sieciowy z wtyczką
- Bateria 9V

Opis kluczowych elementów:

**Moduł Arduino Uno:**



*Rysunek 3 Moduł Arduino Uno*

Moduł ten bazuje na mikrokontrolerze ATmega328p. Zawiera on 10-bitowy wewnętrzny przetwornik analogowo-cyfrowy (ADC). Posiada on 14 cyfrowych pinów IO, 6 kanałów analogowych, 12MHz kryształ kwarcowy oraz port USB. Dzięki wbudowanemu regulatorowi napięcia, układ można zasilac za pomocą zewnętrznej baterii 9 woltowej.

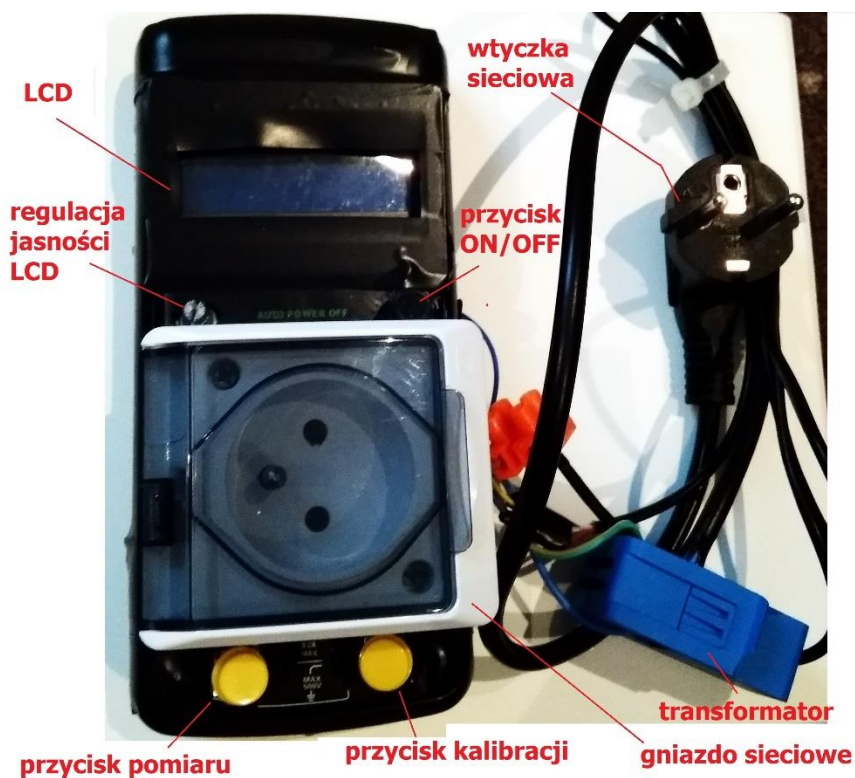
## Moduł pomiaru prądu SCT 013-005:



Rysunek 4 Moduł SCT 013-005

Czujnik SCT pozwala mierzyć natężenie prądu AC płynącego w przewodzie bez przerywania jego ciągłości. Pomiar odbywa się w sposób indukcyjny na pojedynczym przewodzie umieszczonym w otwieranym rdzeniu transformatora. Wyjściem sensora jest napięcie analogowe w zakresie od 0 do 1 V. Zakres mierzonego prądu AC to 0-5A, wartości te cechują się błędem pomiaru wynoszącym  $\pm 3\%$ .

## 8. Konstrukcja urządzenia



Rysunek 5 Konstrukcja miernika AC

## 9. Instrukcja obsługi miernika

Procedura wykonania pomiaru z użyciem miernika:

- Włączenie zasilania za pomocą przełącznika bistabilnego ON/OFF
- Dostosowanie jasności LCD w celu zoptymalizowania widoczności wyświetlanego tekstu (krok opcjonalny)
- Wykonanie kalibracji urządzenia poprzez naciśnięcie przycisku „Calibrate”
- Wykonanie pomiaru natężenia prądu
  - Sposób 1: umieszczenie mierzonego przewodu wewnątrz rdzenia, wciśnięcie przycisku „Measure”
  - Sposób 2: podłączenie mierzonego urządzenia do gniazda znajdującego się na mierniku, następnie podłączenie wtyczki sieciowej miernika do gniazda sieciowego 230V. Pomiar wykonuje się poprzez przycisk „Measure”

## 10. Testy urządzenia

Jednym z najważniejszych aspektów urządzenia pomiarowego jest jego powtarzalność. Została ona sprawdzona poprzez wykonanie 10 pomiarów w stałych warunkach. Wyniki zostały przedstawione w poniższej tabeli.

Tabela 1 – wyniki testu powtarzalności

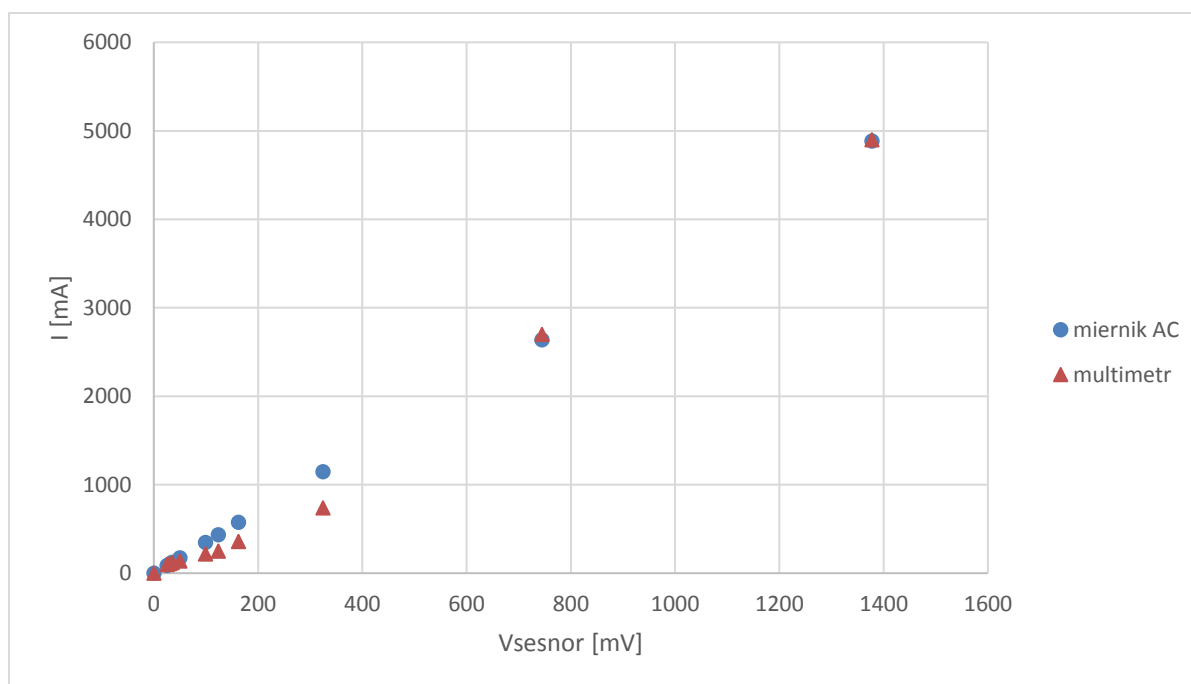
Nr pomiaru	I [mA]	$\Delta I$ [mA]
1	1812	55
2	1800	54
3	1812	55
4	1812	55
5	1812	55
6	1812	55
7	1800	54
8	1800	54
9	1800	54
10	1800	54

Wyniki testu wskazują na to, że pomiary wykonywane przez skonstruowane urządzenie są powtarzalne. Odchylenie standardowe wśród 10 wykonanych pomiarów wyniosło 6 mA co równe jest 0,3% zmierzonej wartości średniej natężenia prądu.

Pomiary wykonywane przez urządzenie powinny także być zgodne z wartością rzeczywistą badanego parametru. W celu sprawdzenia prawidłowości pomiarów porównano zmierzone wartości natężenia prądu do wartości zmierzonych przez multimetr UNI-T M890G ( $\Delta I = \pm 3.0\% \pm 7$  cyfr dla pomiarów AC w zakresie 20A). Wyniki testu przedstawiono w poniższej tabeli. W ostatniej kolumnie przedstawiono różnice między wartością z multimetru a wartością zmierzoną przez miernik AC.

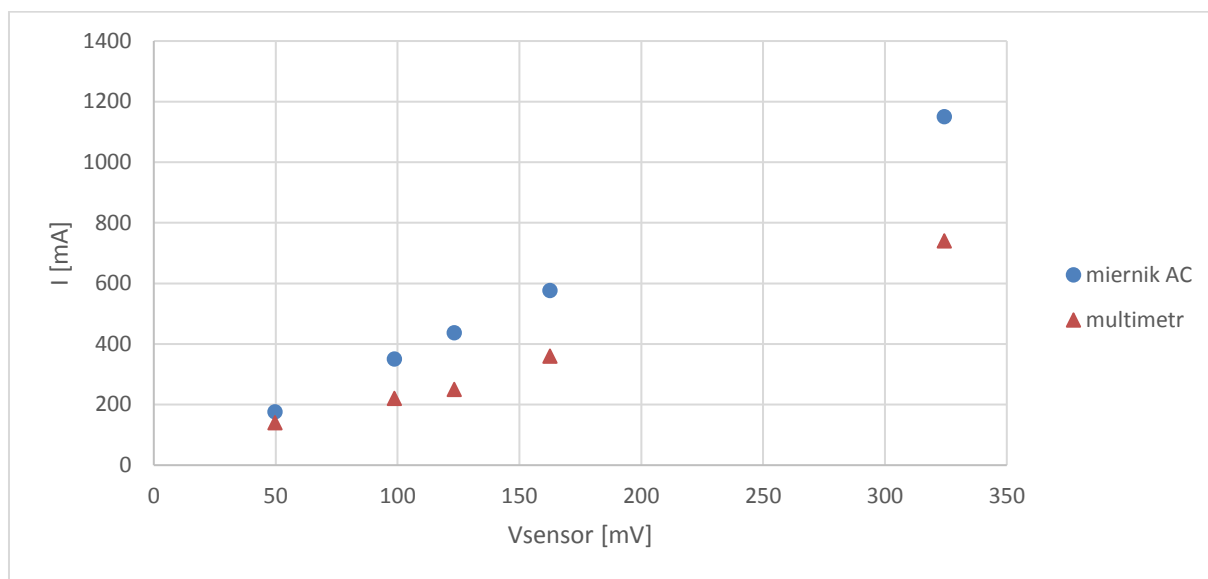
Tabela 2 – wyniki testu prawidłowości pomiaru

Nr pomiaru	Miernik AC [mA]	$\Delta I$ [mA]	Multimetr [mA]	$\Delta I$ [mA]	Różnica [%]
1	0	0	0	0,10	0
2	90	2,2	100	3,1	10
3	107	2,9	110	3,4	2,7
4	125	3,6	120	3,7	4,2
5	176	4,4	140	4,3	26
6	350	8,3	220	6,7	59
7	437	11	250	7,6	75
8	576	15	360	11	60
9	1150	26	740	23	55
10	2640	54	2700	82	2,2
11	4885	99	4900	148	0,3

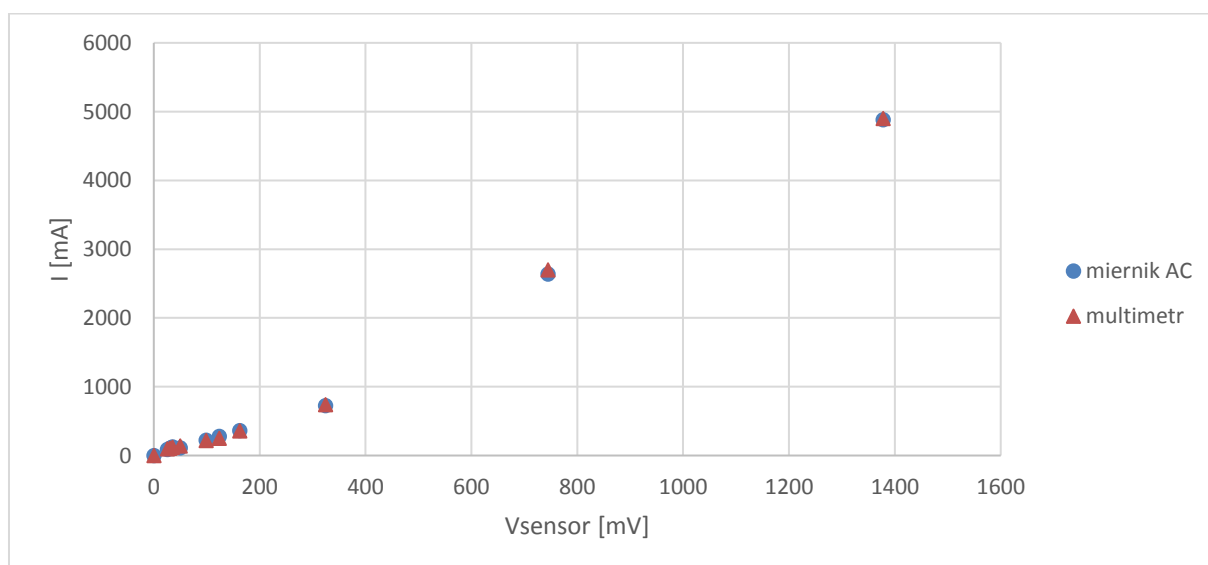


Wykres 1 Wyniki testu prawidłowości pomiaru

Analizując otrzymane wyniki możemy zaobserwować, że część pomiarów wykonanych przez miernik AC zbliżona jest do wartości zmierzonych przez multimetr co widoczne jest na wykresie nr 1. Jednakże większość pomiarów natężeń prądu okazało się w dużym stopniu rozbieżne w stosunku do wartości z multimetru. Dla wartości 250mA zmierzonej przez multimetr, miernik AC wskazał 437mA co odbiega aż o 75% od wartości z multimetru. Biorąc pod uwagę procentowe wartości różnicy między wartościami pomiarów [Tabela 1] obu urządzeń, pomiary miernika AC znacząco różnią się od pomiarów z multimetru. Z uwagi na powyższe przeprowadzono kalibrację miernika traktując pomiary z multimetru jako wartości wzorcowe. Kalibrację przeprowadzono dla zakresu od 140mA do 740mA. Efekty kalibracji widoczne są na poniższych wykresach.



*Rysunek 6 Zakres kalibracji*



*Rysunek 7 Wyniki testu prawidłowości pomiaru po kalibracji*

Tabela 3 – wyniki testu prawidłowości pomiaru po kalibracji

Nr pomiaru	Miernik AC [mA]	$\Delta I$ [mA]	Multimetr [mA]	$\Delta I$ [mA]	Różnica [%]
1	0	0	0	0,10	0
2	90	2,2	100	3,1	10
3	107	2,9	110	3,4	2,7
4	125	3,6	120	3,7	4,2
5	113	4,4	140	4,3	19
6	223	8,3	220	6,7	1,3
7	278	11	250	7,6	11,2
8	366	15	360	11	1,6
9	730	26	740	23	1,3
10	2640	54	2700	82	2,2
11	4885	99	4900	148	0,3

## 11. Wnioski

Urządzenie pomiarowe prądu przemiennego udało się zaprojektować i skonstruować z sukcesem. Spełnione zostały wszystkie wymienione w projekcie założenia. Urządzenie jest sprawne w zakresie swojej funkcjonalności. Konstrukcja miernika jest ergonomiczna i łatwa w użytkowaniu. Panel przedni urządzenia jest przejrzysty i prosty w obsłudze. Przewagą skonstruowanego miernika nad typowymi miernikami AC jest możliwość badania poboru prądu przez urządzenia za pomocą zamontowanego na mierniku gniazda sieciowego. Typowe mierniki AC mierzą jedynie przepływ przez odizolowane przewody, przez które płynie prąd przemienny. Miernik AC w testach wykazał się wysokim stopniem powtarzalności pomiarów. Jednakże w teście prawidłowości pomiaru wykazano duże odchylenie wartości mierzonych przez miernik od wartości odniesienia (wartości z multimetru). Urządzenie okazało się więc precyzyjne, ale niedokładne. Jednakże ze względu na wysoką powtarzalność urządzenia, możliwe było przeprowadzenie kalibracji, po której miernik wykonuje pomiary ze znacznie większą dokładnością.