|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Ćwiczenia laboratoryjne** | | | | | |
| **Data wykonania pomiarów** | | **Data oddania sprawozdania** | | **Poprawa** |
| **03.12.2018** | | **21.12.2018** | | **T** |
| **Temat wykonanego ćwiczenia** | | | | **Ocena** |
| **Termin:**  Poniedziałek 9:15  Nr grupy  2 | **Pomiary mocy biernej w sieci 3-fazowej** | | | |  |
| **Skład Grupy** | **Kamil Rychcik,**  **Kacper Borucki,**  **Katarzyna Jurak** | | **Kacper Borucki** |  |

# Wstęp teoretyczny i cel ćwiczenia

# Moc bierna w obwodach prądu zmiennego jest wielkością opisującą pulsowanie energii elektrycznej między elementami obwodu elektrycznego. Ta oscylująca energia nie jest zamieniana na użyteczną pracę lub ciepło, niemniej jest ona konieczna do funkcjonowania maszyn elektrycznych (np. transformatorów, silników). Pomiary mocy biernej nie są tak popularne jak mocy czynnej, gdyż głównie wykonywane są w dużych rozdzielniach energetycznych i w dużych zakładach przemysłowych. W zasadzie brak jest w handlu przyrządów do pomiarów mocy biernej - czyli waromierzy.

Ćwiczenie miało na celu pokazanie sposobu pomiaru mocy biernej przy użyciu trzech watomierzy.

# Przebieg ćwiczenia

Zgodnie ze schematem przyłączyliśmy watomierze, woltomierze i amperomierze w układ do pomiaru mocy biernej. Po zweryfikowaniu prawidłowości połączenia przeszliśmy do pomiarów.

Na początku badaliśmy moc bierną silnika w stanie jałowym. Następnie podłączone zostało obciążenie (prądnica), a gdy wykonaliśmy ten pomiar, do obwodu został podłączony kondensator o dużej pojemności. Wykonaliśmy pomiar również w tym układzie – dla porównania wyników z poprzednimi pomiarami.

# Spis przyrządów pomiarowych

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Lp.** | **Nazwa urządzenia** | **Dane techniczne przyrządów** |
| **1** | Amperomierz LE-3 (3 szt.) | Klasa 0,5  3A:  6A: |
| **2** | Woltomierz LE-3 (3 szt.) | Klasa 0,5  75V: 10mA  150-600V: 5mA |
| **3** | Watomierz LW-1 (3 szt.) | Klasa: 0,5 |

# Układy pomiarowe

### Układ pomiarowy z trzema watomierzami.



Równanie pomiaru ma postać: Q =(QW1+ QW2+ QW3). Występujący w równaniu pomiaru współczynnik 1/ wynika z włączenia watomierzy na napięcia międzyfazowe, które powoduje wzrost jego wskazań o , względem pomiaru mocy czynnej.

# Tabele pomiarowe

## Tab. 1. **Pomiary mocy biernej pobieranej przez silniki 3-fazowe - układem z 3 watomierzami.**

## **Dane znamionowe silników: typ SZJe 24b, nr 06810 11/71,**

## **Pn= 2,2 kW, In= 5,1 A, Un= 380 V, cosϕn = 0,8**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| WARUNKI  POMIARU | ODCZYTY | | | | | | | | | | | | | |
| AMPEROMIERZE | | | | WOLTOMIERZE | | | | WAROMIERZE | | | | | |
| Iz | I1 | I2 | I3 | Uz | U1 | U2 | U3 | Qz | cw | α1 | α2 | α3 | ΔnQw |
| A | A | A | A | V | V | V | V | var | var/ dz | dz | dz | dz | var |
| bieg jałowy  silników | 3 | 0,85 | 0,83 | 0,85 | 600 | 400 | 395 | 405 | 1000 | 10 | 31,0 | 30,5 | 29,5 | 10 |
| silniki  obciążone | 6 | 4,35 | 4,4 | 4,5 | 600 | 395 | 395 | 400 | 2000 | 20 | 44,5 | 46,0 | 43,0 | 20 |
| Silniki obciążone, kondensator dołączony do układu | 6 | 3,45 | 4,15 | 4,15 | 600 | 395 | 395 | 400 | 2000 | 20 | -13,5 | 43,0 | 39,0 | 20 |

**c.d. Tab. 1.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| OBLICZENIA | | | | | | | | | | |
| QW1 | QW2 | QW3 |  | U | ρU | I |  |  | PF | **P** |
| **Var** | **var** | **var** | **-** | **V** | **%** | **A** | **var** | % | - | **W** |
| 310 | 305 | 295 | - | 400 | 1,4 | 0,84 |  | 4,6 | 0,44 | 256 |
| 890 | 920 | 860 | - | 397 | 0,84 | 4,4 |  | 3,5 | 0,86 | 2614 |
| -270 | 860 | 780 | - | 397 | 0,84 | 3,9 |  | 7,5 | 0,96 | 2573 |

W tablicy: *ΔnQw* – oszacowana w czasie pomiarów graniczna niestałość wskazań przyrządów, *U*, *I* - średnie wartości napięć międzyfazowych i prądów; – moc czynna odbiornika symetrycznego; *PF* – współczynnik mocy odbiornika (obliczony z wartości P i Q – licząc tgφ i cosφ), *ρU* – współczynnik asymetrii napięciowej.

***Uwaga*:** Z*e względu na niestałość wskazań przyrządów w czasie pomiarów odczyty z przyrządów należy uśrednić z dokładnością odpowiadającą połowie działki elementarnej.*

# Przykładowe obliczenia

### moc bierna wynikająca z pomiaru

### współczynnik asymetrii napięciowej sieci

### maksymalny błąd od asymetrii sieci napięciowej

### błąd względny watomierza

### błąd względny niestałości wskazań watomierza

* niepewność względna pojedynczego watomierza
* niepewność standardowa łączna pomiaru mocy biernej
* niepewność rozszerzona pomiaru mocy biernej
* niepewność rozszerzona bezwzględna
* wyznaczenie

* wyznaczenie mocy czynnej

# Wnioski

* Pomiary mocy biernej były obarczone niepewnością względną rzędu kilku procent, co w dużej mierze było spowodowane błędem niestałości wskazań.
* Współczynnik PF był najmniejszy przy biegu jałowym silnika, a największy po podłączeniu kondensatora do 1 fazy – jego wartość wyniosła wtedy w przybliżeniu 0,96 i została osiągnięta poprzez kompensację mocy biernej przez kondensator.
* Po przyłączeniu kondensatora do pierwszej fazy znacznie zwiększyła się niepewność pomiarowa mocy biernej dla tej fazy, na co wpływ miały: większy błąd wynikający z asymetrii sieci, mniejsze wskazanie waromierza (większy błąd względny).
* Po podłączeniu kondensatora do jednej fazy zmniejszyła się suma mocy biernych wszystkich faz ze względu na wskazanie ujemne jednego z waromierzy.
* Dzięki przeprowadzeniu tego ćwiczenia dowiedzieliśmy się, w jaki sposób można zmierzyć moc bierną urządzenia elektrycznego, a także sposób i wpływ jej kompensowania za pomocą kondensatora.