



### KARTA MODUŁU / KARTA PRZEDMIOTU

|                                  |                                           |
|----------------------------------|-------------------------------------------|
| Kod modułu                       |                                           |
| Nazwa modułu                     | <b>Jakość energii elektrycznej</b>        |
| Nazwa modułu w języku angielskim | <b>The quality of electricity</b>         |
| Obowiązuje od roku akademickiego | <b>2012/2013 (aktualizacja 2017/2018)</b> |

### A. USYTUOWANIE MODUŁU W SYSTEMIE STUDIÓW

|                                  |                                                            |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Kierunek studiów                 | <b>Elektrotechnika</b>                                     |
| Poziom kształcenia               | <b>II stopień</b><br>(I stopień / II stopień)              |
| Profil studiów                   | <b>Ogólnoakademicki</b><br>(ogólnoakademicki / praktyczny) |
| Forma i tryb prowadzenia studiów | <b>Niestacjonarne</b><br>(stacjonarne / niestacjonarne)    |
| Specjalność                      | <b>Przetwarzanie i użytkowanie energii elektrycznej</b>    |
| Jednostka prowadząca moduł       | <b>Zakład Podstaw Energetyki</b>                           |
| Koordinator modułu               | <b>dr hab. inż. Andrzej Ł. Chojnacki</b>                   |
| Zatwierdził:                     |                                                            |

### B. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA PRZEDMIOTU

|                                                      |                                                                               |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Przynależność do grupy/bloku przedmiotów             | <b>Kierunkowy</b><br>(podstawowy / kierunkowy / inny HES)                     |
| Status modułu                                        | <b>Obieralny</b><br>(obowiązkowy / nieobowiązkowy)                            |
| Język prowadzenia zajęć                              | <b>polski</b>                                                                 |
| Usytuowanie modułu w planie studiów - semestr        | <b>III</b>                                                                    |
| Usytuowanie realizacji przedmiotu w roku akademickim | <b>zimowy</b><br>(semestr zimowy / letni)                                     |
| Wymagania wstępne                                    | <b>Elektrotechnika, Podstawy metrologii</b><br>(kody modułów / nazwy modułów) |
| Egzamin                                              | <b>Nie</b><br>(tak / nie)                                                     |
| Liczba punktów ECTS                                  | <b>4</b>                                                                      |

| Forma prowadzenia zajęć | wykład    | ćwiczenia | laboratorium | projekt | inne |
|-------------------------|-----------|-----------|--------------|---------|------|
| w semestrze             | <b>16</b> | ---       | <b>16</b>    | ---     | ---  |



### C. EFEKTY KSZTAŁCENIA I METODY SPRAWDZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA

|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Cel modułu</b> | Celem przedmiotu jest przekazanie studentowi wiedzy koniecznej do wszechstronnej oceny jakości energii elektrycznej w układach jedno i wielofazowych. Zapoznanie studentów z metodami pomiarów parametrów jakości energii elektrycznej, obsługą mierników oraz kryteriami i zasadami oceny dokonanych pomiarów. Przedstawienie obowiązujących zapisów normalizacyjnych.<br>(3-4 linijki) |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

| Symbol efektu | Efekty kształcenia                                                                                                                                        | Forma prowadzenia zajęć<br>(w/c/l/p/inne) | odniesienie do efektów kierunkowych | odniesienie do efektów obszarowych |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| W_01          | Potrafi wymienić i omówić parametry jakości energii elektrycznej                                                                                          | Wykład                                    | K_W33                               | T1A_W03                            |
| W_02          | Objaśnia przyczyny powstawania odchył i wahań napięcia, odchył i wahań częstotliwości, powstawania wyższych harmonicznych oraz asymetrii prądów i napięć. | Wykład                                    | K_W01<br>K_W33                      | T1A_W03                            |
| W_03          | Zna podstawy matematyczne jakości energii                                                                                                                 | Wykład                                    | K_W01                               | T1A_W03                            |
| W_04          | Zna metody poprawy jakości energii elektrycznej.                                                                                                          | Wykład                                    | K_W33                               | T1A_W05<br>T1A_W08                 |
| W_05          | Zna metody pomiarów jakości energii oraz zasady ich wykonywania.                                                                                          | Wykład                                    | K_W33                               | T1A_W03                            |
| W_06          | Potrafi określić stopień niezawodności konkretnego układu sieciowego                                                                                      | Wykład                                    | K_W28<br>K_W29                      | T1A_W03                            |
| W_07          | Zna podstawowe dokumenty normalizacyjne dotyczące jakości energii elektrycznej                                                                            | Wykład                                    | K_W29<br>K_W33                      | T1A_W03                            |
| U_01          | Wyznacza wskaźniki asymetrii i niezerównoważenia dla sieci trój- i czteroprzewodowych.                                                                    | Wykład/Laboratorium                       | K_U07<br>K_U25<br>K_U29             | T1A_U09<br>T1A_U10                 |
| U_02          | Potrafi wyznaczyć parametry układów symetryzacyjnych.                                                                                                     | Wykład/Laboratorium                       | K_U29                               | T1A_U09<br>T1A_U10                 |
| U_03          | Projektuje układy filtrów pasywnych dla jednej lub kilku harmonicznych.                                                                                   | Wykład/Laboratorium                       | K_U29                               | T1A_U09<br>T1A_U10                 |
| U_04          | Potrafi przeprowadzić pomiary konkretnych parametrów jakości energii elektrycznej                                                                         | Wykład/Laboratorium                       | K_U29<br>K_U30                      | T1A_U09<br>T1A_U10                 |
| U_05          | Potrafi zinterpretować wyniki pomiarów jakości energii elektrycznej.                                                                                      | Wykład/Laboratorium                       | K_U29                               | T1A_U09<br>T1A_U10                 |
| K_01          | Jest świadomy jak znaczący wpływ na straty gospodarcze ma zła jakość energii                                                                              | Wykład/Laboratorium                       | K_K06                               | T1A_K06                            |
| K_02          | Wykazuje związek między dobrą jakością energii elektrycznej a ochroną środowiska                                                                          | Wykład/Laboratorium                       | K_K02                               | T1A_K02                            |
| K_03          | Rozumie potrzebę inwestowania w układy i urządzenia poprawy jakości energii elektrycznej                                                                  | Wykład/Laboratorium                       | K_K04<br>K_K05                      | T1A_K04<br>T1A_K05                 |

#### Treści kształcenia:

##### 1. Treści kształcenia w zakresie wykładu

| Nr wykładu | Treści kształcenia                                                                                                   | Odniesienie do efektów kształcenia dla modułu |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 1.         | Idealne przebiegi sinusoidalne symetryczne w obwodach wielofazowych - definicje parametrów, zależności matematyczne. | W_01<br>W_03                                  |



|     |                                                                                                                                                |                                              |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 2.  | Parametry jakościowe energii elektrycznej. Definicje oraz charakterystyka ogólna.                                                              | W_01<br>W_03<br>W_05<br>K_01<br>K_02<br>K_03 |
| 3.  | Odchylenia napięcia - przyczyny powstawania, wpływ na odbiorniki energii.                                                                      | W_01<br>W_02<br>W_03<br>K_01<br>K_03         |
| 4.  | Wahania napięcia - zależność uciążliwości wahań od częstotliwości ich występowania, wytyczne dotyczące dopuszczalnych wartości wahań napięcia. | W_01<br>W_02<br>W_03<br>K_01                 |
| 5.  | Zapobiegania odchyleniom i wahaniom napięcia.                                                                                                  | W_04                                         |
| 6.  | Odchylenia częstotliwości, ich wpływ na odbiorniki i system elektroenergetyczny.                                                               | W_01<br>W_02<br>W_03<br>K_01<br>K_02         |
| 7.  | Sposoby zapewnienia prawidłowych parametrów częstotliwości.                                                                                    | W_04                                         |
| 8.  | Przyczyny powstawania wyższych harmonicznych. Ich wpływ na pracę odbiorników.                                                                  | W_02<br>W_03<br>U_03<br>K_01                 |
| 9.  | Niesymetria napięć i prądów w układach wielofazowych. Współczynniki asymetrii i niezrównoważenia napięć i prądów.                              | W_01<br>W_02<br>W_03<br>U_01<br>U_02<br>K_01 |
| 10. | Energoelektroniczne układy poprawy jakości energii elektrycznej.                                                                               | W_04<br>U_01<br>U_02<br>U_03                 |
| 11. | Pewność dostaw energii elektrycznej. Wpływ zawodności zasilania na wielkość kosztów strat u odbiorcy.                                          | W_06<br>U_03<br>K_01                         |
| 12. | Sposoby wyznaczania pewności zasilania i metody poprawy parametrów niezawodnościowych.                                                         | W_06<br>U_04                                 |
| 13. | Normalizacja w dziedzinie jakości energii elektrycznej                                                                                         | W_07<br>K_01                                 |
| 14. | Mierniki jakości energii elektrycznej – możliwości pomiarowe, zakres parametrów technicznych, zasada obsługi                                   | W_05<br>U_04                                 |
| 15. | Pomiary jakości energii elektrycznej – zasady przeprowadzania i interpretacja wyników                                                          | W_05<br>U_04<br>U_05                         |

### 2. Treści kształcenia w zakresie zadań laboratoryjnych

| Nr zajęć lab. | Treści kształcenia    | Odniesienie do efektów kształcenia dla modułu |
|---------------|-----------------------|-----------------------------------------------|
| 1.            | Zajęcia wprowadzające | W_01<br>W_02<br>W_05                          |



|     |                                            |                                                      |
|-----|--------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 2.  | Kolokwium                                  | W_01<br>W_02<br>W_05                                 |
| 3.  | Pomiar harmonicznego napięcia i prądu.     | W_01<br>W_02<br>W_05<br>U_03<br>U_04<br>U_05<br>K_03 |
| 4.  | Pomiar współczynnika migotania światła.    | W_01<br>W_02<br>W_05<br>U_04<br>U_05<br>K_03         |
| 5.  | Pomiar zapadów napięcia i krótkich przerw. | W_01<br>W_02<br>W_05<br>U_04<br>U_05<br>K_03         |
| 6.  | Kolokwium                                  | W_01<br>W_02<br>W_05                                 |
| 7.  | Odchylenia napięcia.                       | W_01<br>W_02<br>W_05<br>U_04<br>U_05<br>K_03         |
| 8.  | Wahania napięcia.                          | W_01<br>W_02<br>W_05<br>U_04<br>U_05<br>K_03         |
| 9.  | Odchylenia częstotliwości.                 | W_01<br>W_02<br>W_05<br>U_04<br>U_05<br>K_03         |
| 10. | Kolokwium                                  | W_01<br>W_02<br>W_05                                 |
| 11. | Wahania częstotliwości.                    | W_01<br>W_02<br>W_05<br>U_04<br>U_05<br>K_03         |
| 12. | Odształcenia mocy.                         | W_01<br>W_02<br>W_05<br>U_01<br>U_02                 |



|     |                                    |                                                              |
|-----|------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
|     |                                    | U_04<br>U_05<br>K_03                                         |
| 13. | Asymetria w układach trójfazowych. | W_01<br>W_02<br>W_05<br>U_01<br>U_02<br>U_04<br>U_05<br>K_03 |
| 14. | Przebiegi dorywcze i przejściowe.  | W_01<br>W_02<br>W_05<br>U_04<br>U_05<br>K_03                 |
| 15. | Zaliczenie końcowe                 | W_01<br>W_02<br>W_05                                         |

### Metody sprawdzania efektów kształcenia

| Symbol efektu | Metody sprawdzania efektów kształcenia<br>(sposób sprawdzenia, w tym dla umiejętności – odwołanie do konkretnych zadań projektowych, laboratoryjnych, itp.) |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| W_01          | Kolokwium pisemne lub zaliczenie ustne                                                                                                                      |
| W_02          | Kolokwium pisemne lub zaliczenie ustne                                                                                                                      |
| W_03          | Kolokwium pisemne lub zaliczenie ustne                                                                                                                      |
| W_04          | Kolokwium pisemne lub zaliczenie ustne                                                                                                                      |
| W_05          | Kolokwium pisemne lub zaliczenie ustne/Sprawozdania z ćwiczeń laboratoryjnych                                                                               |
| W_06          | Kolokwium pisemne lub zaliczenie ustne                                                                                                                      |
| W_07          | Kolokwium pisemne lub zaliczenie ustne                                                                                                                      |
| U_01          | Kolokwium pisemne lub zaliczenie ustne/Sprawozdania z ćwiczeń laboratoryjnych                                                                               |
| U_02          | Kolokwium pisemne lub zaliczenie ustne/Sprawozdania z ćwiczeń laboratoryjnych                                                                               |
| U_03          | Kolokwium pisemne lub zaliczenie ustne/Sprawozdania z ćwiczeń laboratoryjnych                                                                               |
| U_04          | Kolokwium pisemne lub zaliczenie ustne/Sprawozdania z ćwiczeń laboratoryjnych                                                                               |
| U_05          | Kolokwium pisemne lub zaliczenie ustne/Sprawozdania z ćwiczeń laboratoryjnych                                                                               |
| K_01          | Kolokwium pisemne lub zaliczenie ustne                                                                                                                      |
| K_02          | Kolokwium pisemne lub zaliczenie ustne                                                                                                                      |
| K_03          | Kolokwium pisemne lub zaliczenie ustne                                                                                                                      |



### D. NAKŁAD PRACY STUDENTA

| Bilans punktów ECTS |                                                                                                                                                                           |                     |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
|                     | Rodzaj aktywności                                                                                                                                                         | obciążenie studenta |
| 1                   | Udział w wykładach                                                                                                                                                        | 16                  |
| 2                   | Udział w ćwiczeniach                                                                                                                                                      |                     |
| 3                   | Udział w laboratoriach                                                                                                                                                    | 16                  |
| 4                   | Udział w konsultacjach (2-3 razy w semestrze)                                                                                                                             |                     |
| 5                   | Udział w zajęciach projektowych                                                                                                                                           |                     |
| 6                   | Konsultacje projektowe                                                                                                                                                    |                     |
| 7                   | Udział w egzaminie                                                                                                                                                        |                     |
| 8                   |                                                                                                                                                                           |                     |
| 9                   | Liczba godzin realizowanych przy bezpośrednim udziale nauczyciela akademickiego                                                                                           | 32<br>(suma)        |
| 10                  | Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczyciela akademickiego<br>(1 punkt ECTS=25-30 godzin obciążenia studenta) | 2,4                 |
| 11                  | Samodzielne studiowanie tematyki wykładów                                                                                                                                 | 10                  |
| 12                  | Samodzielne przygotowanie się do ćwiczeń                                                                                                                                  |                     |
| 13                  | Samodzielne przygotowanie się do kolokwium                                                                                                                                | 10                  |
| 14                  | Samodzielne przygotowanie się do laboratoriów                                                                                                                             | 5                   |
| 15                  | Wykonanie sprawozdań                                                                                                                                                      | 5                   |
| 15                  | Przygotowanie do kolokwium z laboratorium                                                                                                                                 | 10                  |
| 17                  | Wykonanie projektu lub dokumentacji                                                                                                                                       |                     |
| 18                  | Przygotowanie do egzaminu                                                                                                                                                 |                     |
| 19                  |                                                                                                                                                                           |                     |
| 20                  | Liczba godzin samodzielnej pracy studenta                                                                                                                                 | 40<br>(suma)        |
| 21                  | Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach samodzielnej pracy<br>(1 punkt ECTS=25-30 godzin obciążenia studenta)                                                | 1,6                 |
| 22                  | Sumaryczne obciążenie pracą studenta                                                                                                                                      | 100                 |
| 23                  | Punkty ECTS za moduł<br>1 punkt ECTS=25-30 godzin obciążenia studenta                                                                                                     | 4                   |
| 24                  | Nakład pracy związany z zajęciami o charakterze praktycznym<br>Suma godzin związanych z zajęciami praktycznymi                                                            | 45                  |
| 25                  | Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym<br>1 punkt ECTS=25-30 godzin obciążenia studenta                                     | 1,8                 |

### E. LITERATURA

|                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Wykaz literatury | <ol style="list-style-type: none"><li>1. Dan A.M.: Jakość energii elektrycznej w sieciach niskiego napięcia: zmiana zasad projektowania sieci dla poprawy jakości energii elektrycznej, Polskie Centrum Promocji Miedzi S.A., Wrocław 2002</li><li>2. Kowalski Z.: Asymetria w układach elektroenergetycznych, PWN, Warszawa 1987</li><li>3. Kowalski Z.: Jakość energii elektrycznej, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź 2007.</li></ol> |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|



|                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                  | <p>4. Malko J. red.: Jakość energii elektrycznej w sieciach elektroenergetycznych, Prace naukowe Instytutu Energoelektryki Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1983</p> <p>5. PN-EN 50160:1998, Parametry napięcia zasilającego w publicznych sieciach rozdzielczych</p> <p>6. Rozporządzenie Ministra gospodarki z dnia 25 września 2000, w sprawie szczegółowych warunków przyłączania podmiotów do sieci elektroenergetycznych, obrotu energią elektryczną, świadczenia usług przesyłowych, ruchu sieciowego i eksploatacji sieci oraz standardów jakościowych obsługi odbiorców. Dziennik Ustaw Nr 85, poz. 957</p> <p>7. Wasiak I.: Sterowanie jakością energii elektrycznej w elektroenergetycznych sieciach rozdzielczych z wykorzystaniem półprzewodnikowych kompensatorów równoległych, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź 2006.</p> |
| Witryna WWW<br>modułu/przedmiotu |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |