

# POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

## KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2012/2013

Wydział Inżynierii Elektrycznej i Komputerowej

Kierunek studiów: Elektrotechnika

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: Elek

Stopień studiów: I

Specjalności: Inżynieria systemów elektrycznych

### 1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

|   |                                 |
|---|---------------------------------|
| NAZWA PRZEDMIOTU                        | Systemy elektroenergetyczne     |
| NAZWA PRZEDMIOTU<br>W JĘZYKU ANGIELSKIM | Electric Power Systems          |
| KOD PRZEDMIOTU                          | WIEiK ELEKTROTECH oIS PW1 12/13 |
| KATEGORIA PRZEDMIOTU                    | Przedmioty specjalnościowe      |
| LICZBA PUNKTÓW ECTS                     | 4.00                            |
| SEMESTRY                                | 6                               |

### 2 RODZAJ ZAJĘĆ, LICZBA GODZIN W PLANIE STUDIÓW

| SEMESTR | WYKŁADY | ĆWICZENIA | LABORATORIA | LABORATORIA<br>KOMPUTERO-<br>WE | PROJEKTY |   |
|---------|---------|-----------|-------------|---------------------------------|----------|---|
| 6       | 30      | 15        | 0           | 0                               | 0        | 0 |

### 3 CELE PRZEDMIOTU

**Cel 1** Cele przedmiotu Systemy elektroenergetyczne polega na tym, żeby studenci zapoznali się z zachowaniem się systemu elektroenergetycznego po różnych zakłóceniach, zwarciach oraz ciężkich awariach. Na podstawie analizy analitycznej zabaczyc od czego zależy możliwość zapewnienia stabilności statycznej oraz dynamicznej. Na tej zasadzie podają się sposoby polepszenia stabilności pracy równoległej generatorów.

**Cel 2** Ważne także nauczyć się metod oceny stabilności statycznej i dynamicznej system elektroenergetycznego.

## 4 WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

- 1 Przedmiot Systemy elektroenergetyczne jest podstawowym dla specjalności Energetyka I Elektrotechnika. Swoim celem ma zadanie sformować wiedzę o warunkach pracy generatorów połączonych z sieciami elektrycznej, przyczynach pojawiania kolysan w elektromechanicznych i elektromagnetycznych oraz skutków spowodowanych kolysaniami.

## 5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

**EK1 Wiedza** Rozmiary zmian wydajności kotłów. Kocioł jako obiekt regulacji ciśnienia i temperatury. Stany niestabilne w pracy kotłów. Przyczyny zmian częstotliwości w systemach elektroenergetycznych i ich skutki. Właściwości dynamiczne turbozespołów parowych. Wymagania regulatorów turbin parowych. Schemat blokowy układu wzbudzenia generatorów i parametry układu wzbudzenia przy silnych zakłóceniach i małych odchyleniach. Reaktancja równoważna generatorów.

**EK2 Wiedza** Charakterystyka mocy układu przesyłowego, zadania regulacji napięcia generatora stawiane przez system elektroenergetyczne. Mechaniczne i elektryczne zjawiska niestabilne w generatorach. Moc synchronizująca w generatorach przyłączonych do szyn o napięciu sztywnym. Moc synchronizująca pomiędzy generatorów dwóch oddzielnych elektrowni. Kolysania swobodne wirnika generatora i wpływ uzwojeń tłumioncych na kolysania swobodne wirników. Kolysania wymuszone wirników generatorów. SEM generatorów w stanie niestabilnym przy stałym wzbudzeniu i przy wzroście wzbudzenia. Moment elektromagnetyczny w czasie kolysan wirnika. Przerwanie zwarcia wyłącznikiem szybko działającym. Stale czasowe elementów składowych systemu elektroenergetycznych. Równania stanów przejściowych systemu elektroenergetycznego. Analiza zachowania się systemu elektroenergetycznego w stanach niestabilnych. Dynamika regulowanych systemów elektroenergetycznych. Schematy zastępczy generatorów, transformatorów i linii.

**EK3 Wiedza** Odbiory i ich charakterystyki zastępczy. Systemy zastępowany układem jednomaszynowym i dwomaszynowym. Zasada równych pól, metoda krok po kroku. Pojęcie równowagi statycznej generatorów. Równowaga statyczna układu jednomaszynowego. Zapas równowagi statycznej. Metoda pierwszego przybliżenia Lapunowa. Małe zmiany obciążenia generatorów. Metoda małych odchylen dla układu jednomaszynowego bez regulacji, z proporcjonalną regulacją oraz silną regulacją wzbudzenia. Dynamiczne naruszenie równowagi pracy równoległej. Układ jednomaszynowy przy zmianie reaktancji sieci. Układ jednomaszynowy przy zwarciu w sieci. Czas graniczny wyłączenia zwarcia.

**EK4 Umiejętności** Obliczanie zależności zmiany częstotliwości od zmiany obciążenia generatora. Obliczyć charakterystykę mocy turbogeneratora zadanej mocy i narysować wykres wektorowy dla stałych. Obliczyć wartość współczynnika synchronizującego w zależności od prądu biernego systemu oraz kąta rozchylenia dla obciążenia znamionowego. Obliczyć współczynnik stabilności statycznej generatora "Krok po kroku" obliczyć przebieg elektromechaniczny układu przesyłowego generatorem 200 po gwałtownej zmianie mocy

## 6 TREŚCI PROGRAMOWE

| WYKŁADY   |  |                  |
|-----------|--|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH   | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>W1</b> | Wpływ kotłów na stany systemu elektroenergetycznego. Rozmiary zmian wydajności kotłów. Kocioł jako obiekt regulacji ciśnienia i temperatury. Stany niestabilne w pracy kotłów.   | 2                |
| <b>W2</b> | Turbiny jako element systemu elektroenergetycznego. Przyczyny zmian częstotliwości w systemach elektroenergetycznych i ich skutki. Właściwości dynamiczne turbozespołów parowych. Wymagania regulatorów turbin parowych. | 3                |

| WYKŁADY   |  |                  |
|-----------|--|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH   | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>W3</b> | Regulacja wzbudzenia generatorów synchronicznych. Schemat blokowy układu wzbudzenia generatorów i parametry układu wzbudzenia przy silnych zakłóceniach i małych odchyleniach.   | 2                |
| <b>W4</b> | Elektryczne konsekwencje kołysań mechanicznych wirników generatorów. Reaktancja równoważna generatorów. Charakterystyka mocy układu przesyłowego, zadania regulacji napięcia generatorów stawiane przez system. elektroenergetyczne. Mechaniczne i elektryczne zjawiska niustalone w generatorach. Moc synchronizująca w generatorach przłączonych do szyn o napięciu sztywnym. Moc synchronizująca pomiędzy generatorów dwóch oddzielnych elektrowni. Kolysania swobodne wirnika generator i wpływ uzwojeń tłumionych na kolysania swobodne wirników. Kolysania wymuszone wirników generatorów. | 7                |
| <b>W5</b> | Zmiany warunków pracy wywołane kołysaniami wirników dużych generatorów. SEM generatorów w stanie niustalonym przy stałym wzbudzeniu i przy wzroście wzbudzenia. Momenty elektromagnetyczne w czasie kołysań wirnika. Przerwanie zwarcia wyłącznikiem szybko działającym.   | 4                |
| <b>W6</b> | Stany niustalone wywołane zmianami w systemach elektroenergetycznych. Stałe czasowe elementów składowych systemów elektroenergetycznych. Równania stanów przejściowych systemu elektroenergetycznego. Analiza zachowania się systemu elektroenergetycznego w stanach niustalonych. Dynamika regulowanych systemów elektroenergetycznych.   | 5                |
| <b>W7</b> | Zasady obliczania stanów niustalonych w systemach elektroenergetycznych. Schemat zastępczy generatorów, transformatorów i linii. Odbiory i ich charakterystyki zastępcze. Systemy zastępowany układom jednomaszynowym i dwomaszynowym. Zasada równych pól. Metoda krok po kroku.   | 5                |
| <b>W8</b> | Analiza równowagi statycznej i dynamicznej. Pojęcie równowagi statycznej generatora. Równowaga statyczna układu jednomaszynowego. Zapas równowagi statycznej. Metoda pierwszego przybliżenia Lapunowa. Małe zmiany obciążenia generatora. Metoda małych odchyłeń dla układu jednomaszynowego bez regulacji, z proporcjonalną regulacją oraz silną regulacją wzbudzenia. Dynamiczne naruszenie równowagi pracy równoległej. Układ jednomaszynowy przy zmianie reaktancji sieci. Układ jednomaszynowy przy zwarciu w sieci. Czas graniczny wyłączania zwarcia.                                     | 2                |

| ĆWICZENIA |  |                  |
|-----------|--|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>C1</b> | .  | 15               |

## 7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Wykłady

## 8 OBCIĄŻENIE PRACĄ STUDENTA

| FORMA AKTYWNOŚCI   | ŚREDNIA LICZBA GODZIN<br>NA ZREALIZOWANIE<br>AKTYWNOŚCI |
|--|---|
| <b>Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim, w tym:</b>                                     |   |
| Godziny wynikające z planu studiów   | 0   |
| Konsultacje przedmiotowe   | 0   |
| Egzaminy i zaliczenia w sesji  | 0   |
| <b>Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:</b> |   |
| Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury                               | 30  |
| Opracowanie wyników  | 30  |
| Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji   | 15  |
| <b>SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z<br/>CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA</b>    | <b>75</b>   |
| SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU  | 4.00  |

## 9 SPOSOBY OCENY

### OCENA FORMUJĄCA

F1 Odpowiedź ustna

F2 Sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego

### OCENA PODSUMOWUJĄCA

P1 Egzamin pisemny

### KRYTERIA OCENY

| EFEKT KSZTAŁCENIA 1 |   |
|---------------------|---|
| NA OCENĘ 2.0        | Nie zna przyczyn i skutków zmian charakterystyk turbozespołów.                                    |
| NA OCENĘ 3.0        | Zna przyczyny zmian stanów kotłowych, turbin i generatorów.                                       |
| NA OCENĘ 3.5        | Zna przyczyny zmian stanów kotłowych, turbin i generatorów oraz definicje stabilności statycznej. |

|                     |   |
|---------------------|---|
| NA OCENĘ 4.0        | Zna przyczyny zmian stanów kotłowych, turbin i generatorów oraz właściwości dynamiczne turbozespołów.   |
| NA OCENĘ 4.5        | Zna przyczyny zmian stanów kotłowych, turbin i generatorów oraz definicje stabilności statycznej i dynamicznej oraz założenia pod czas obliczeń stanów elektromechanicznych niustalonych. |
| NA OCENĘ 5.0        | Zna przyczyny zmian stanów kotłowych, turbin i generatorów, właściwości dynamiczne turbozespołów oraz założenia pod czas obliczeń stanów elektromechanicznych niustalonych.               |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 2 |   |
| NA OCENĘ 2.0        | Nie zna skutków od odczytów mocy czynnej w układzie przesyłowym.  |
| NA OCENĘ 3.0        | Zna charakterystykę mocy układu przesyłowego bez regulacji wzbudzenia.  |
| NA OCENĘ 3.5        | Zna charakterystyki mocy układu przesyłowego bez regulacji i z regulacją wzbudzenia generatora proporcjonalnej.   |
| NA OCENĘ 4.0        | W stanie wyjaśnić charakterystyki mocy układu przesyłowego bez regulacji i z regulacją wzbudzenia generatora powolnej oraz szybkiej.  |
| NA OCENĘ 4.5        | W stanie wyjaśnić charakterystyki mocy układu przesyłowego bez regulacji i mechaniczne zjawiska niustalone w generatorach.  |
| NA OCENĘ 5.0        | Zna charakterystyki mocy układu przesyłowego oraz mechaniczne i elektryczne zjawiska niustalone w generatorach.   |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 3 |   |
| NA OCENĘ 2.0        | Nie w stanie wyjaśnić pojęcia mocy synchronizującej i pochodzenie kołysan wirników generatorów.   |
| NA OCENĘ 3.0        | W stanie wyjaśnić proces synchronizacji i pochodzenie kołysan swobodnych wirników generatorów.  |
| NA OCENĘ 3.5        | W stanie wyjaśnić proces synchronizacji i różnicę pomiędzy kołysaniami swobodnymi i wymuszonymi wirników generatorów.   |
| NA OCENĘ 4.0        | W stanie wyprowadzić wzory mocy synchronizującej i wyjaśnić pochodzenie kołysan swobodnych wirników generatorów.  |
| NA OCENĘ 4.5        | W stanie wyprowadzić wzory mocy synchronizującej i wyjaśnić pochodzenie kołysan swobodnych i wymuszonych wirników generatorów.  |
| NA OCENĘ 5.0        | W stanie wyprowadzić wzory mocy synchronizującej oraz moment elektromagnetyczny w czasie kołysan wirników generatorów.  |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 4 |   |
| NA OCENĘ 2.0        | Nie zna metod oceny stabilności statycznej system elektroenergetycznego.  |
| NA OCENĘ 3.0        | Rozumie umowę równowagi statycznej generatorów.   |

|              |  |
|--------------|--|
| NA OCENĘ 3.5 | Zna umowy równowagi statycznej generatorów oraz rozumie równowaga statyczna układu jednomaszynowego.   |
| NA OCENĘ 4.0 | Zna umowy równowagi statycznej generatorów I zasada równych pol oraz metoda krok po kroku dla obliczania równowagi statycznej układu jednomaszynowego.   |
| NA OCENĘ 4.5 | Zna umowy równowagi statycznej układu jednomaszynowego I w stania zastosować metoda pierwszego przybliżenia Lapunowa.  |
| NA OCENĘ 5.0 | Zna umowy równowagi statycznej generatorów I w stanie zastosować metody krok po kroku, pierwszego przybliżenia Lapunowa i małych odchylen dla układu jednomaszynowego bez regulacji, z proporcjonalna regulacja oraz silna regulacja wzbudzenia. |

## 10 MACIERZ REALIZACJI PRZEDMIOTU

| EFEKT KSZTAŁCENIA | ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU | CELE PRZEDMIOTU | TREŚCI PROGRAMOWE                | NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE | SPOSOBY OCENY |
|-------------------|--|-----------------|----------------------------------|-----------------------|---------------|
| EK1               | K_W19, K_U19   | Cel 1           | W1 W2 W3 W4<br>W5 W6 W7 W8<br>C1 | N1                    | F1 F2         |
| EK2               | K_W19, K_U19   | Cel 1           | W1 W2 W3 W4<br>W5 W6 W7 W8<br>C1 | N1                    | F1 F2         |
| EK3               | K_W19, K_U19   | Cel 1           | W1 W2 W3 W4<br>W5 W6 W7 W8<br>C1 | N1                    | F1 F2         |
| EK4               | K_W19, K_U19   | Cel 1           | W1 W2 W3 W4<br>W5 W6 W7 W8<br>C1 | N1                    | F1 F2         |

## 11 WYKAZ LITERATURY

### LITERATURA PODSTAWOWA

[1 ] Notatki wykładów — ., ., 0, .

[2 ] **Zbigniew Jasicki** — *Elektromechaniczne stany przejściowe w systemach elektroenergetycznych. Tom I i II*, Warszawa, 1987, Państwowe Wydawnictwo Naukowe

**LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA**

[1 ] Pod redakcja Szczesnego Kujszczyka — *Elektroenergetyczne sieci rozdzielcze. Tom I i II*, Warszawa, 1990, Państwowe wydawnictwo Naukowe

**12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH****OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ**

dr hab.inż. Wasyl Hudym (kontakt: gudymvi@ukr.net.pl)

**OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT**

1 Prof. dr hab.inż. Wasyl Hudym (kontakt: gudymvi@ukr.net)

**13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI**

---

(miejsowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

**PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI** (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

.....