



Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»



Кафедра відновлюваних
джерел енергії

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ІНТЕГРУВАННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В ЕНЕРГОМЕРЕЖУ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Третій (освітньо-науковий)
Галузь знань	14 «Електрична інженерія»
Спеціальність	141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма	ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	2курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	90 годин/3 кредитів ECTS
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік/ МКР/ РГР
Розклад занять	27 год. - лекції
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.ф.-м.н, професор, Гаєвський Олександр Юлійович, +380 975704643, aj.gaevsky@gmail.com
Розміщення курсу	https://classroom.google.com/u/0/c/MjU5OTE5MjU3NDcx

Програма навчальної дисципліни

Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Програма навчальної дисципліни «Сучасні тенденції інтегрування відновлюваних джерел енергії в енергомережу» складена відповідно до освітньо-наукової програми підготовки доктора філософії з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Метою навчальної дисципліни є формування у аспірантів розуміння проблем, пов'язаних із роботою відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) в складі енергосистеми, знання сучасних тенденцій інтегрування ВДЕ в енергомережі різних рівнів, систем моніторингу та оптимізації роботи електричних мереж із розподіленою генерацією.

Предметом навчальної дисципліни є наукові засади щодо методів, інформаційних та моніторингових технологій, які застосовуються в енергомережах з ВДЕ. Ці питання в даному курсі розглядаються комплексно з урахуванням сучасних вимог до знань з технічних, технологічних і економічних аспектів відновлюваної енергетики.

Програмні результати навчання:

Компетенції: здатність ставити та вирішувати задачі дослідницького характеру в області сумісної роботи відновлюваних та традиційних джерел енергії; здатність усно і письмово

презентувати та обговорювати результати наукових досліджень; здатність вирішувати наукові задачі, пов'язані з інтегруванням ВДЕ в енергомережі, надійністю та ефективністю роботи фотоелектричних, вітроенергетичних та гібридних систем; здатність дотримуватись етики досліджень, а також правил академічної доброчесності.

Знання: функцій та принципів роботи енергосистем із розподіленою генерацією; сучасних технологій моніторингу та оптимізації роботи ВДЕ-об'єктів в складі енергосистеми; основних компонентів SmartGrid, які включають ВДЕ; питань різноманітних спотворень в електромережах, обумовлених традиційними та ВДЕ-об'єктами.

Уміння: застосовувати необхідні методи при виконанні наукових досліджень; знаходити, обробляти і зберігати інформацію при вивченні наукової літератури; здійснювати апробацію і впровадження результатів дослідження в практику; володіти навичками самостійного вирішення наукових завдань, оформлення дослідницьких робіт, підготовки та захисту наукової роботи.

Досвід: використання програмних додатків для розрахунку потоків потужності в енергосистемі з ВДЕ-генерацією; використання деяких функцій для оптимізації, оцінки надійності та прогнозування роботи енергосистеми з ВДЕ; створення електричних схем підключення ВДЕ-об'єктів до електромережі.

1. Зміст навчальної дисципліни

1. *Поняття і функції інтелектуальних мереж. Основні елементи Smart Grid. Блоки векторних вимірювань PMU.*
2. *Вимірювання і збір даних в традиційних інформаційних системах SCADA. Інтелектуальні вимірювальні системи на великій площі WAMS (Wide Area Measurement Systems).*
3. *Попереднє моделювання усталеного (квазістаціонарного) режиму. Контроль над потоками потужності*
4. *Оцінка динамічного стану енергосистеми. Фільтр Калмана. Розподілені оцінки стану енергосистеми.*
5. *Мережевий моніторинг в традиційних енергосистемах з ВДЕ. Технології моніторингу в Smart Grid*
6. *Оптимальна робота Smart Grid. Методи економічного планування потужності та виробітку енергії об'єктами ВДЕ.*
7. *Методи та засоби вирішення проблеми перенапруги в мережах внаслідок надлишкової генерації ФЕС або ВЕС. Використання функціональних можливостей інверторів в енергосистемах з ВДЕ.*
8. *Методи і пристрої поліпшення якості потужності. Пасивні та активні силові фільтри.*
9. *Основи методів прогнозування сонячної радіації та швидкості вітру*
10. *Оцінка фінансових витрат на небаланс в умовах енергоринку.*

2. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. *Kothari D. P., Nagrath I. J. Modern Power System Analysis / New Delhi: Tata McGraw-Hill, 2003. – 694 p.*
2. *Padiyar K. R. FACTS controllers in power transmission and distribution / New Delhi: New Age International (P) Ltd., Publishers, 2007. – 532 p.*

3. Б.С. Стогній, О.В. Кириленко, А.В. Праховник, С.П. Денисюк. Еволюція інтелектуальних електричних мереж та їхні перспективи в Україні // *Технічна електродинаміка*, 2012, №5, с. 52 – 67.
4. M.A. Mohamed, A.M. Eltamaly. *Modeling and Simulation of Smart Grid Integrated with Hybrid Renewable Energy Systems* / Springer, 2018. - 75 p.
5. Q.-C. Zhong and T. Hornik, *Control of Power Inverters in Renewable Energy and Smart Grid Integration*. Wiley-IEEE Press, 2013.- 438 p.
6. F. H. M. Rafi, M. J. Hossain, J. Lu, *Hierarchical controls selection based on PV penetrations for voltage rise mitigation in a LV distribution network* // *International Journal of Electrical Power and Energy Systems* 2016. - 19 pp., <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2016.02.013>
7. M. Hojabri et al. *A Comprehensive Survey on Phasor Measurement Unit Applications in Distribution Systems* // November 2019 *Energies*, 2019. - 12(23), DOI: 10.3390/en12234552
8. G. B. Giannakis, V. Kekatos, N. Gatsis, S. Kim, H. Zhu and B. F. Wollenberg. *Monitoring and Optimization for Power Grids: A Signal Processing Perspective* // *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. 30, no. 5, pp. 107-128, Sept. 2013, DOI: 10.1109/MSP.2013.2245726.
9. S. Santoso, M.F. McGranaghan, R.C. Dugan, H.W Beaty. *Electrical Power Systems Quality*, Third Edition // McGraw-Hill Education, 2012. – 522 p.
10. ДСТУ IEC 61000-4-30:2010 (EN 61000-4-30:2009) *Електромагнітна сумісність (ЕМС). Частина 4-30. Методики випробування та вимірювання. Вимірювання показників якості електричної енергії*.

Додаткові:

12. E. Hossain et al. *Analysis and Mitigation of Power Quality Issues in Distributed Generation Systems Using Custom Power Devices* // *IEEE Access*, 2018. - DOI: 10.1109/ACCESS.2018.2814981
13. J. Zhao et al., "Power System Dynamic State Estimation: Motivations, Definitions, Methodologies, and Future Work," in *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 34, no. 4, pp. 3188-3198, July 2019, DOI: 10.1109/TPWRS.2019.2894769.
14. A. Sundararajan, T. Khan, A. Moghadasi, A.I. Sarwat. *A Survey on Synchrophasor Data Quality and Cybersecurity Challenges, and Evaluation of their Interdependencies* // *J. Mod. Power Syst. Clean Energy*, 2018. - DOI 10.1007/s40565.
15. НКРЕКП, Постанова 13.12.2019 №2802. Про внесення змін до постанови НКРЕКП від 26 квітня 2019 року №641.
16. Jie Ma, Xiandong Ma. *A review of forecasting algorithms and energy management strategies for microgrids* // *Systems Science & Control Engineering* 6:1, p. 237-248, DOI: 10.1080/21642583.2018.1480979

Навчальний контент

1. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
-------	--

1	<i>Поняття і функції інтелектуальних мереж. Основні елементи Smart Grid. Блоки векторних вимірювань PMU [3 – 5].</i>
2	<i>Вимірювання і збір даних в традиційних інформаційних системах SCADA. Інтелектуальні вимірювальні системи на великій площі WAMS (Wide Area Measurement Systems) [4, 6].</i>
3	<i>Попереднє моделювання усталеного (квазістаціонарного) режиму. Контроль над потоками потужності [1, 2]</i>
4	<i>Оцінка динамічного стану енергосистеми. Фільтр Калмана. Розподілені оцінки стану енергосистеми [4,5, 6, 7, 12].</i>
5	<i>Мережевий моніторинг в традиційних енергосистемах з ВДЕ. Технології моніторингу в Smart Grid [8, 11]</i>
6	<i>Оптимальна робота Smart Grid. Методи економічного планування потужності та виробітку енергії об'єктами ВДЕ [11 – 13].</i>
7	<i>Методи та засоби вирішення проблеми перенапруги в мережах внаслідок надлишкової генерації ФЕС або ВЕС. Використання функціональних можливостей інверторів в енергосистемах з ВДЕ [2, 5].</i>
8	<i>Методи і пристрої поліпшення якості потужності. Пасивні та активні силові фільтри [9 – 11].</i>
9	<i>Основи методів прогнозування сонячної радіації та швидкості вітру [15]</i>
10	<i>Оцінка фінансових витрат на небаланс в умовах енергоринку [14]</i>

Самостійна робота студента

<i>№з/п</i>	<i>Вид самостійної роботи</i>	<i>Кількість годин СРС</i>
1	<i>Підготовка до аудиторних занять</i>	50
2	<i>Підготовка до заліку</i>	13

Політика та контроль

2. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед аспірантом:

- *правила відвідування занять: відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують не за присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, а за відповідну навчальну активність на лекційних заняттях.*
- *правила поведінки на заняттях: аспірант має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Має право використовувати засоби зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті;*
- *правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали.*
- *політика щодо академічної доброчесності встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності при вивченні та*

складанні контрольних заходів з дисципліни “Сучасні тенденції інтегрування відновлюваних джерел енергії в енергомережу”;

- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц.мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: експрес-опитування

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: залік

Умови допуску до семестрового контролю: мінімальний семестровий рейтинг більше 40 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Загальна рейтингова оцінка студента після завершення семестру складається з балів, отриманих за:

- *відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях;*

Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях

Ваговий бал – 5

Максимальна кількість балів на всіх лекціях –

*5 бали * 8 = 40 балів.*

Форма семестрового контролю – залік

Залікова робота складається з двох теоретичних запитань

Критерії оцінювання заліку

Рейтинг $R_c \geq 0,6 \cdot R$, тобто 60 балів – зараховується автоматично.

Рейтинг R_c в межах $(0,4 - 0,59) \cdot R$, тобто 40 – 59 балів – студенти складають залік.

Максимальний рейтинг заліку $R_z = 40$ балів.

Рейтинг заліку $R_z = 33 - 40$ балів – студент дав вичерпні відповіді на всі питання (при необхідності – і на додаткові), дає чіткі визначення всіх понять і величин, відповіді логічні і послідовні.

Рейтинг заліку $R_z = 25 - 32$ балів – відповідаючи на питання, студент припускається окремих помилок, але може їх виправити за допомогою викладача; знає визначення основних понять і величин дисципліни, в цілому розуміє фізичну суть процесів в об'єктах, які вивчав.

Рейтинг заліку $R_z = 16 - 24$ балів – студент частково відповідає на екзаменаційні питання, показує знання, але недостатньо розуміє фізичну суть процесів. Відповіді непослідовні і нечіткі.

Рейтинг заліку $R_z \leq 15$ балів – у відповіді студент припускається суттєвих помилок, проявляє незрозуміння фізичної суті процесів, не може виправити помилки за допомогою викладача. Відповіді некоректні, а в деяких випадках не відповідають суті поставленого питання.

Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік тем, які виносяться на семестровий контроль:

1. Основні елементи Smart Grid. Блоки векторних вимірювань PMU.

2. *Інтелектуальні вимірювальні системи на великій площі WAMS..*
3. *Моделювання усталеного (квазістаціонарного) режиму методом потоків потужності.*
4. *Оцінка динамічного стану енергосистеми.*
5. *Розподілені оцінки стану енергосистеми.*
6. *Мережевий моніторинг в традиційних енергосистемах з ВДЕ.*
7. *Технології моніторингу в Smart Grid*
8. *Методи економічного планування потужності та виробітку енергії об'єктами ВДЕ у складі енергомереж.*
9. *Методи та засоби вирішення проблеми перенапруги в мережах з ВДЕ.*
10. *Методи і пристрої поліпшення якості потужності.*
11. *Пасивні та активні силові фільтри.*
12. *Основи методів прогнозування сонячної радіації та швидкості вітру*
13. *Оцінка фінансових витрат на небаланс в умовах енергоринку.*

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професором кафедри відновлюваних джерел енергії ФЕА, д.ф.-м.н., Гаєвським О.Ю.

Ухвалено кафедрою відновлюваних джерел енергії ФЕА (протокол № 10 від 28.05.2020).

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол №8 від 23.06.20 р.).