



ЗАХИСТ СПОРУД ТА ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ ВІД ВПЛИВІВ БЛИСКАВОК

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>14 Електрична інженерія</i>
Спеціальність	<i>141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка</i>
Освітня програма	<i>Електротехнічні пристрої та електротехнологічні комплекси</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>120 годин / 4 кредити ECTS</i> <i>аудиторних – 36 год: лекції – 36 годин; самостійна робота – 84 години</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік</i>
Розклад занять	<i>http://rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., доцент, Троценко Євгеній Олександрович, trotsenko-fea@iit.kpi.ua, +380442048577</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/c/MTU5NDU1Mjk0OTQw?cjc=a5ddwmc</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Наземні об'єкти в різних галузях наражаються на серйозну небезпеку, пов'язану із електромагнітними впливами під час розрядів блискавок, як внаслідок прямих ударів блискавки в об'єкт, так і ударів блискавки поблизу об'єкта. Тому, в рамках окремої дисципліни доцільно ознайомитися із сучасними уявленнями про фізику явищ атмосферної електрики та геомагнетизму, а також із принципами та методами захисту споруд і обладнання від небезпечних факторів, які пов'язані із атмосферою електрикою.

Програму дисципліни "Захист споруд та електричних систем від впливів блискавок" складено відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра "Електротехнічні пристрої та електротехнологічні комплекси" за спеціальністю 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка".

***Метою навчальної дисципліни** є посилення та закріплення у студентів наступних здатностей: ФК03 – Здатність вирішувати практичні задачі, пов'язані з роботою електричних систем та мереж, електричної частини станцій і підстанцій та техніки високих напруг; ФК10 – Усвідомлення необхідності підвищення енергоефективності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування; ФК11 – Усвідомлення необхідності постійно розширювати власні знання про нові технології в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці; ФК12 – Готовність до надзвичайних (аварійних) ситуацій в електроенергетичних та електромеханічних системах.*

***Предметом навчальної дисципліни** є вивчення засобів захисту споруд та ізоляції електричних мереж від впливів блискавок.*

Програмні результати навчання, на покращення яких спрямована дисципліна: ЗН01 – Знання принципів роботи електричних систем та мереж, силового обладнання електричних станцій та підстанцій, пристроїв захисного заземлення та грозозахисту; ЗН18 – Знання заходів підтримки та зміни режимів роботи електричних мереж та систем, високовольтного обладнання електричних станцій та підстанцій, об'єктів альтернативної енергетики, систем блискавкозахисту та захисту від перенапруг; ЗН20 – Методів організації роботи і координації діяльності електротехнічного персоналу, який виконує роботи в області монтажу, налагодження та технічного обслуговування засобів охорони, пожежної та охоронно-пожежної сигналізації, блискавкозахисту, оповіщення та евакуації при пожежі; УМ13 – Впроваджувати заходи обмеження небезпечних перенапруг на елементах високовольтної ізоляції електричних мереж та систем, обладнання електричних станцій та підстанцій, об'єктів альтернативної енергетики; УМ16 – Визначати ефективність систем блискавкозахисту електричних мереж та систем, електричних станцій та підстанцій, об'єктів альтернативної енергетики, а також будівель та споруд.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Вивчення дисципліни «Захист споруд та електричних систем від впливів блискавок» базується на базових знаннях з загальної фізики, теоретичних основ електротехніки, промислової електроніки, а також електричних мереж та систем.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Характеристики струму блискавки.

Розділ 2. Зовнішній блискавкозахист.

Розділ 3. Внутрішній блискавкозахист.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

- 1. Бржезицький В.О., Ісакова, А.В., Рудаков В.В. та інші. Техніка і електрофізика високих напруг. Навчальний посібник. За редакцією В.О. Бржезицького та В.М. Михайлова. – Харків: НТУ "ХПІ" – Торнадо, 2005. – 930 с. ISBN 966-635-561-2.*
- 2. V. Cooray. Lightning electromagnetics. Edited by Vernon Cooray. - The institution of engineering and technology, 2012. – 976 p. ISBN 978-1-84919-216-3.*
- 3. V. Cooray. Lightning protection. Edited by Vernon Cooray. - The institution of engineering and technology, 2009. – 1070 p. ISBN 978-1-84919-106-7.*
- 4. V. Cooray. The Lightning Flash. 2nd revised edition. Edited by Vernon Cooray. - The institution of engineering and technology, 2014. – 896 p. ISBN 978-1-84919-692-5.*
- 5. H. D. Betz, U. Schumann, P. Laroche. Lightning: principles, instruments and applications: review of modern lightning research. – Springer, 2008. – 641 p. ISBN: 978-1-4020-9078-3.*

Додаткові інформаційні ресурси:

- 6. Lightning protection guide. 3rd updated edition. DEHN + SÖHNE. - DEHN + SÖHNE GmbH + Co.KG., 2014. – 488 p.*
- 7. Lightning and surge protection for wind turbines. DEHN + SÖHNE. - DEHN + SÖHNE GmbH + Co.KG., 2018. – 30 p.*
- 8. Lightning and surge protection for rooftop photovoltaic systems. DEHN + SÖHNE. - DEHN + SÖHNE GmbH + Co.KG., 2015. – 28 p.*
- 9. Захист від блискавок споруд і електронного обладнання [Електронний ресурс] : методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів напряму підготовки 6.050701 «Електротехніка та електротехнології», спеціальності «Техніка і електрофізика високих напруг» / НТУУ «КПІ»; уклад. В. О. Шостак. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,33 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2011. - Назва з екрана. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/1005>*

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№	Назва теми лекції та перелік основних питань
	Розділ 1. Характеристики струму блискавки
1	Лекція 1. Вступне заняття. Предмет і мета курсу. Утворення грозової хмари та виникнення розряду блискавки. Коронний розряд, як передумова виникнення блискавки. Електричне поле під грозовою хмарою. Ступінчастий лідер. Зустрічний лідер. Класифікація спалахів блискавки між грозовою хмарою та землею. Література: [1], [2], [4].
2	Лекція 2. Опис грозової активності над певною територією. Грозові дні, грозові години та щільність спалахів блискавки над певною територією. Основні параметри струму блискавки. Перший на наступний зворотний удар блискавки. Параметри струму блискавки на основі прямих вимірювань на дослідницьких вежах та опорах повітряних ліній електропередачі. Література: [1], [4], [5].
3	Лекція 3. Статистичний розподіл параметрів струму блискавки. Логарифмічно нормальний розподіл пікових значень струму першого та наступного зворотного удару блискавки на основі прямих вимірювань. Обчислення ймовірності перевищення заданого значення струму блискавки при ударі блискавки. Математичний опис форми струму блискавки. Аналітичні функції, що використовуються в електроенергетиці для моделювання прямого удару блискавки. Література: [1], [2], [3], [5], [6].
4	Лекція 4. Загальна інформація про виявлення блискавок. Детектори блискавок. Системи моніторингу блискавок. Автоматизовані системи дистанційної реєстрації і локації блискавок. Процедура розрахунку очікуваної кількості ударів блискавки у споруду. Порівняння очікуваної і фактичної кількості ударів блискавки у споруду. Література: [1], [3], [6], [9].
	Розділ 2. Зовнішній блискавкозахист
5	Лекція 5. Прямий удар блискавки у споруду. Загальна інформація про електро-геометричну модель ураження об'єкта блискавкою. Ураження блискавкою повітряних ліній електропередачі. Електро-геометрична модель ураження блискавкою повітряної лінії електропередачі. Аналізу ефективності зовнішнього захисту від прямого удару блискавки для повітряної лінії електропередачі. Література: [1], [3], [6], [9].
6	Лекція 6. Метод сфери, що котиться. Переваги та недоліки методу. Удар блискавки в бічну поверхню будівлі. Чотири рівні блискавкозахисту. Мінімальні та максимальні параметри струму блискавки для кожного рівня блискавкозахисту. Застосування методу сфери, що котиться для визначення області відмови зовнішнього блискавкозахисту. Література: [1], [3], [6], [9].
7	Лекція 7. Ураження блискавкою вітрових електростанцій. Гроза активність та вітрові електростанції. Концепції зон блискавкозахисту. Захист вітрових електростанцій від прямого удару блискавки. Застосування методу сфери, що котиться до елементів вітрової турбіни. Блискавкозахист лопаті вітрової турбіни. Концепція зонування блискавкозахисту для лопатей вітрових турбін. Література: [1], [2], [3], [5].
8	Лекція 8. Система зовнішнього блискавкозахисту для промислової споруди та житлового будинку. Системи блискавковідводів. Типи систем блискавковідводів та методи проектування. Системи струмовідводів. Системи заземлення. Сітчасті системи заземлення. Корозія заземлювальних електродів. Література: [1], [3], [6].
9	Лекція 9. Матеріали та мінімальні розміри заземлюючих електродів. Електрична ізоляція зовнішньої системи блискавкозахисту. Напруга кроку та дотику. Боротьба з напругою дотику на нижніх провідниках системи блискавкозахисту. Література: [2], [3], [4], [6].
10	Лекція 10. Оптимізація заземлення блискавкозахисту з урахуванням аспектів напруги кроку. Випробування виробником компонентів блискавкозахисту. Розміри систем заземлення трансформаторних підстанцій. Література: [3], [6].
	Розділ 3. Внутрішній блискавкозахист
11	Лекція 11. Вирівнювання потенціалів. Вирівнювання потенціалів для систем електропостачання. Вирівнювання потенціалів для систем інформаційних технологій.

	<i>Захист електричних та електронних систем від електромагнітного імпульсу блискавки. Концепція зони захисту від блискавки. Координація заходів захисту на різних кордонах блискавкозахисту. Література: [1], [3], [6].</i>
12	<i>Лекція 12. Характеристики пристроїв захисту від перенапруг. Використання пристроїв захисту від перенапруг в різних системах. Використання пристроїв захисту від перенапруг в системах ТН. Використання пристроїв захисту від перенапруг в системах ТТ. Використання пристроїв захисту від перенапруг в ІТ-системах. Визначення правильної довжини з'єднувального кабелю для пристроїв захисту від перенапруг. Оцінка площ поперечного перерізу та резервний захист пристроїв захисту від перенапруг. Література: [1], [3], [6].</i>
13	<i>Лекція 13. Розрядники для захисту від перенапруг і блискавки з вбудованим резервним запобіжником. Системи управління будівлею. Загальні кабельні системи (комп'ютерні мережі, телекомунікаційні системи). Аспекти, які слід враховувати при установці пристроїв захисту від перенапруги. Література: [1], [3], [6].</i>
14	<i>Лекція 14. Захист від перенапруги для перетворювачів частоти. Захист від блискавки та перенапруги для систем зовнішнього освітлення. Захист від блискавки та перенапруги для біогазових установок. Вимоги безпеки до кабельних мереж. Захист від перенапруг для сільськогосподарських будівель. Література: [3], [4], [6].</i>
15	<i>Лекція 15. Захист від перенапруги для систем замкнутого телебачення. Захист від перенапруги для мереж Ethernet і Fast Ethernet. Література: [3], [4], [6].</i>
16	<i>Лекція 16. Захист від перенапруги для телекомунікаційних з'єднань. Захист від перенапруги для світлодіодних щоглових ліхтарів. Захист від блискавки та перенапруги для вітрових турбін. Захист від блискавки та перенапруги для фотоелектричних систем на дахах. Захист від блискавки та перенапруги для фотоелектричних електростанцій. Література: [6], [8].</i>
17	<i>Лекція 17. Захист від перенапруги для локальних операційних мереж. Захист від перенапруги для автозаправної станції. Захист від напруги дотику та кроку для спортивних майданчиків. Захист від перенапруги для ліфтів. Література: [3], [4], [6].</i>
18	<i>Лекція 18. Заключне заняття. Інші види атмосферної електрики. Вулканічна блискавка. Снігова блискавка. Перехідні світлові явища або блискавка у верхніх шарах атмосфери та іоносфери. Великомасштабні електричні розряди. Спрайти, джети та ельфи. Література: [2], [3], [4].</i>

6. Самостійна робота студента

№	Назви тем і питань, що виносяться на самостійне опрацювання	Кількість годин самостійної роботи студента
1	<i>Аналіз ризику відповідно до IEC 62305-2 (EN 62305-2). Література: [6].</i>	4
2	<i>Розрахунок довжини заземлюючих електродів згідно IEC 62305-3 (EN 62305-3). Література: [6].</i>	4
3	<i>Розрахунок довжина блискавковідводів відповідно до IEC 62305-3 (EN 62305-3). Література: [6].</i>	4
4	<i>Мінімальний перетин для провідників вирівнювання потенціалів відповідно до IEC 62305-3 (EN 62305-3). Література: [1], [6].</i>	4
5	<i>Системи електропостачання (як частина зонної концепції блискавкозахисту згідно IEC 62305-4 (EN 62305-4)). Література: [1], [6].</i>	4
6	<i>Підготовка до лекційних занять</i>	54
7	<i>Підготовка до модульної контрольної роботи</i>	4
8	<i>Підготовка до заліку</i>	6

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- *правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до PCO даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях.*
- *правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях, передбачені PCO дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на Google-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;*
- *правила захисту індивідуальних завдань: захист індивідуальних завдань з дисципліни здійснюється індивідуально у формі презентації перед аудиторією на останньому практичному занятті;*
- *політика дедлайнів та перескладань: роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин, оцінюються на 60% від можливої максимальної кількості балів за вид діяльності балів. Перескладання робіт відбувається за наявності поважних причин (наприклад, хвороба);*
- *політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни;*
- *при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соціальних мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.*

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Рейтинг студента з кредитного модуля розраховується зі 100 балів. На заліку студенти виконують письмове завдання. Письмове завдання оцінюється у 100 балів за такими критеріями:

- *«відмінно», повна відповідь, не менше 95% потрібної інформації (повне, безпомилкове розв'язування завдання) – 95-100 балів;*
 - *«дуже добре», достатньо повна відповідь, не менше 85% потрібної інформації або незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями) – 85-94 балів;*
 - *«добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями) – 75-84 балів;*
 - *«задовільно», неповна відповідь, не менше 65% потрібної інформації та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 65-74 балів;*
 - *«достатньо», неповна відповідь, менше 60% потрібної інформації та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 60-64 балів;*
 - *«незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0-59 балів.*
- Сума отриманих балів переводиться до кінцевої оцінки у відповідності із наступною таблицею.*

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

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

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік запитань, які виносяться на семестровий контроль.

- *Небезпечні впливи блискавки. Прямий удар блискавки. Вторинні впливи, занесення високого потенціалу.*
- *Блискавкозахист. Документи, що регламентують питання блискавкозахисту споруд, будівель і т.п. Класифікація споруд і будівель за ступенем блискавкозахисту (категорії, зони). Ступені вогнестійкості споруд. Зони вибухо- та пожежонебезпечних класів.*
- *Засоби та способи блискавкозахисту. Загальні вимоги до пристроїв блискавкозахисту в різних умовах і для різних об'єктів.*
- *Структура і основні положення міжнародних стандартів з блискавкозахисту.*
- *Блискавковідводи. Класифікація, вимоги до конструкції.*
- *Зони захисту блискавковідводів. Відмінність нормативів щодо грозозахисту у різних країнах.*
- *Оптимальні форми блискавкоприймачів. Активні блискавкоприймачі.*
- *Вимоги щодо грозозахисту будівель та споруд I категорії / I рівня захисту.*
- *Вимоги щодо грозозахисту будівель та споруд II категорії / II рівня захисту.*
- *Вимоги щодо грозозахисту будівель та споруд III категорії / III та IV рівня захисту.*
- *Захист будівель та споруд від прямих ударів блискавок.*
- *Захист будівель та споруд від вторинних впливів блискавок та від занесення високого потенціалу.*
- *Заземлювачі. Вимоги до характеристик матеріалів та конструкцій. Питання захисту від корозії.*
- *Особливості вибору безпечних (найменших) відстаней у повітрі, уздовж твердих діелектриків та у землі від будівлі/споруди до струмовідводу/опори/заземлення стрижневого чи тросового блискавковідводу.*
- *Грозозахист, заземлення та обмеження перенапруги в лініях до 1 кВ.*
- *Грозозахист, заземлення та обмеження перенапруги в лініях понад 1 кВ.*
- *Особливості влаштування грозозахисту для введів у будівлі ліній електропередачі напругою до 1 кВ та понад 1 кВ.*
- *Особливості використання залізобетонних фундаментів як заземлювачів.*
- *Особливості влаштування грозозахисту будівель для утримання тварин (великої рогатої худоби, коней і т.п.).*
- *Особливості влаштування грозозахисту зовнішніх установок/резервуарів з вогненебезпечними рідинами.*
- *Особливості влаштування грозозахисту невеликих будівель з неметалевим дахом у сільській місцевості.*
- *Особливості використання металевого даху як блискавкоприймача.*
- *Особливості влаштування грозозахисту високих труб (комінів), веж, башт.*
- *Блискавкозахист сучасного офісного будинку.*
- *Блискавкозахист сучасного котеджного будинку.*
- *Блискавкозахист нафто- та газопроводів.*
- *Блискавкозахист залізничного електротранспорту.*
- *Блискавкозахист літаючих апаратів.*
- *Блискавкозахист автомобілів.*
- *Блискавкозахист водного транспорту.*
- *Класи блискавкозахисту згідно стандартів Міжнародної електротехнічної комісії.*
- *Сучасні тенденції у розрахунках зони захисту споруд. Визначення зони захисту за концепцією кулі (сфери), що котиться.*
- *Зонна концепція захисту.*
- *Оцінка ризиків при розробці систем блискавкозахисту.*
- *Сучасні тенденції у розрахунках зон захисту споруд. Визначення відстані, з якої орієнтується блискавка, з урахуванням величини струму зворотного удару та висоти*

об'єкту. Застосування електро-геометричної моделі до розрахунків уражень повітряних ліній електропередачі.

- *Опис та порівняння методів сфери, що котиться, сітки та захисних кутів згідно міжнародних норм.*
- *Розрахунок ефективності блискавкозахисту, визначення класу захисту за міжнародними нормами, оцінки ризиків втрат від уражень блискавками.*

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено к.т.н., доцентом кафедри теоретичної електротехніки ФЕА Троценком Є.О.

Ухвалено кафедрою теоретичної електротехніки ФЕА (протокол № 10 від 24.05.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією ФЕА (протокол № 10 від 22.06.2023 р.)