



Спеціальні питання захисту від електромагнітної дії блискавки

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	141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	2 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	3 кредити 90 годин
Семестровий контроль/ контрольні заходи	залік
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Англійська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., доцент, Троценко Євгеній Олександрович, trotsenko-fea@ill.kpi.ua Практичні / Семінарські: к.т.н., доцент, Троценко Євгеній Олександрович, trotsenko-fea@ill.kpi.ua
Розміщення курсу	https://www.sikorsky-distance.org

Програма навчальної дисципліни

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

Важливі об'єкти в різних галузях наражаються на серйозну небезпеку, пов'язану із електромагнітними впливами під час розрядів блискавок, прямих та поблизу. Тому важливо вміти аналізувати такі можливі впливи та вибрати адекватні засоби захисту від них.

Метою вивчення кредитного модуля є ознайомлення слухачів з сучасними уявленнями про фізику явищ атмосферної електрики та геомагнетизму (включаючи електричні розряди різних типів та пов'язані з ними електромагнітні поля), а також із принципами та методами захисту споруд і обладнання від небезпечних факторів, які пов'язані із атмосферою електрикою. Передбачається вивчення методів моделювання вказаних явищ, а також ознайомлення з сучасними технічними засобами та методологією їх дослідження і збирання відповідних статистичних даних.

За результатами вивчення дисципліни студенти повинні:

Знати базові поняття про електрофізичні процеси під час розряду блискавки; класифікацію типів атмосферних розрядів та їх головні характеристики; умови появи, існування та характеристики різних стадій лінійних блискавок; методи моделювання їх головних характеристик; різновиди та принципи оперування сучасних автоматизованих систем моніторингу явищ атмосферної електрики (зокрема, систем локації та реєстрації характеристик блискавок); приклади використання даних про блискавки та геомагнітні явища у різних галузях; принципи методів блискавкозахисту споруд і електронного обладнання.

Вміти оцінювати характеристики струму блискавки при ураженні різних об'єктів; розраховувати електричні та магнітні поля, пов'язані з розвитком різних стадій розряду блискавки, оцінювати умови виникнення розрядів з землі (у т.ч. зустрічних); експериментально досліджувати на фізичних моделях зони блискавкозахисту.

Мати уявлення про механізми розвитку електричних розрядів у атмосфері та геомагнітні явища; характеристики електричних та магнітних полів, що їх супроводжують і впливають на різні технічні та біологічні системи; небезпеку для людей та технічних систем, пов'язану з атмосферною електрикою; про відповідні принципи безпеки у різних ситуаціях; принципи дії та побудови систем блискавкозахисту різних об'єктів.

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

Перелік дисциплін, знань та умінь, володіння якими необхідні аспіранту для успішного засвоєння дисципліни: базові знання з загальної фізики, теоретичних основ електротехніки, промислової електроніки, електромагнітної сумісності технічних засобів; початкові уявлення про основні види і характеристики електрообладнання в електроенергетичних та інших системах і установках, для яких електромагнітні впливи розрядів блискавок можуть бути критичними.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Захист від блискавок, перенапруг, сильних струмів.

Тема 1.1. Перенапруги та великі струми (джерела, рівні, характеристики). Тема 1.2. Захист ліній та підстанцій від блискавок та перенапруг. Питання електромагнітної сумісності. Тема 1.3. Зовнішній та внутрішній блискавкозахист структур і споруд різних типів. Тема 1.4. Заземлення (типи, характеристики, практичні аспекти; екіпотенціалізація).

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. H. D. Betz, U. Schumann, P. Laroche. *Lightning: principles, instruments and applications: review of modern lightning research*. – Springer, 2008. – 641 p.
2. V. Cooray. *Lightning electromagnetics*. Edited by Vernon Cooray. - The institution of engineering and technology, 2012. – 976 p.
3. V. Cooray. *Lightning protection*. Edited by Vernon Cooray. - The institution of engineering and technology, 2009. – 1070 p.
4. V. Cooray. *The Lightning Flash*. 2nd revised edition. Edited by Vernon Cooray. - The institution of engineering and technology, 2014. – 896 p.
5. 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.

Додаткова література:

1. *Lightning protection guide*. 3rd updated edition. DEHN + SÖHNE. - DEHN + SÖHNE GmbH + Co.KG., 2014. – 488 p.
2. *Lightning and surge protection for wind turbines*. DEHN + SÖHNE. - DEHN + SÖHNE GmbH + Co.KG., 2018. – 30 p.
3. *Lightning and surge protection for rooftop photovoltaic systems*. DEHN + SÖHNE. - DEHN + SÖHNE GmbH + Co.KG., 2015. – 28 p.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	Перенапруги та великі струми (джерела, рівні, характеристики).
2	Захист ліній та підстанцій від блискавок та перенапруг. Питання електромагнітної сумісності.
3	Зовнішній та внутрішній блискавкозахист структур і споруд різних типів.
4	Заземлення (типи, характеристики, практичні аспекти; еквіпотенціалізація).

Практичні заняття

№	Назва теми заняття та перелік основних питань
1	Одно- та двострижневі системи блискавкозахисту.
2	Три- та багатострижневі системи блискавкозахисту.
3	Тросові системи блискавкозахисту. Безпечні відстані в системах блискавкозахисту.

6. Самостійна робота студента/аспіранта

№	Назви тем і питань, що виносяться на самостійне опрацювання	Кількість годин самостійної роботи аспіранта
1	Характеристики захисних пристроїв та особливості їх використання. Різновиди захисних пристроїв: розрядники та обмежувачі перенапруг (лінії, підстанції, розподільчі мережі)	20
2	Захист ліній даних та комп'ютерних систем	13
3	Захисні та роздільні проміжки/розрядники. Типові схеми з захисними пристроями, помилки і рекомендації щодо їх виправлення	20
4	Виконання розрахунково-графічної роботи	12
5	Підготовка до модульної контрольної роботи	4
6	Підготовка до заліку	8

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом/аспірантом:

- 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 РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях.
- правила поведінки на заняттях: студент/аспірант має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-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 аспіранта з кредитного модуля розраховується зі 100 балів, з них 60 балів складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що аспірант отримує за: роботу на практичних заняттях; виконання розрахункової роботи; написання модульної контрольної роботи.

Критерії нарахування балів. Максимальна кількість балів за виконання трьох практичних робіт складає 30 балів. Максимальна кількість балів за виконання однієї практичної роботи складає 10 балів. Максимальна кількість балів за виконання розрахункової роботи складає 15 балів. Максимальна кількість балів за виконання модульної контрольної роботи складає 15 балів.

Умовою допуску до заліку є зарахування всіх практичних робіт, розрахункової роботи та стартовий рейтинг не менше 30 балів.

На заліку аспіранти виконують письмове завдання. Письмове завдання оцінюється у 40 балів за такими критеріями:

- «відмінно», повна відповідь, не менше 95% потрібної інформації (повне, безпомилкове розв'язування завдання) – 38-40 балів;
- «дуже добре», достатньо повна відповідь, не менше 85% потрібної інформації або незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями) – 34-37 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями) – 30-33 балів;
- «задовільно», неповна відповідь, не менше 65% потрібної інформації та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 26-29 балів;
- «достатньо», неповна відповідь, менше 60% потрібної інформації та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 24-25 балів;
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

Сума отриманих балів переводиться до кінцевої оцінки у відповідності із наступною таблицею.

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

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 перенапруг в лінях до 1 кВ.*
- *Грозозахист, заземлення та обмеження перенапруг в лінях 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 вогнебезпечними рідинами.*
- *Особливості влаштування грозозахисту невеликих будівель з неметалевим дахом у сільській місцевості.*
- *Особливості використання металевого даху як блискавкоприймача.*
- *Особливості влаштування грозозахисту високих труб (коминів), 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 електрогеометричної моделі до розрахунків уражень лінії 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., доцент, Троценко Євгеній Олександрович

Ухвалено кафедрою теоретичної електротехніки (протокол № ____ від ____)

Погоджено Методичною комісією факультету (№ ____ від ____)