



СПЕЦІАЛЬНІ ПИТАННЯ ТЕХНІКИ ВИСОКИХ НАПРУГ

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>Обов'язкова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>120 годин / 4 кредити ЕКТС</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік</i>
Розклад занять	<i>https://schedule.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., доцент, Троценко Євгеній Олександрович, trotsenko-fea@i111.kpi.ua, +380442048577 Лабораторні: к.т.н., доцент, Троценко Євгеній Олександрович, trotsenko-fea@i111.kpi.ua, +380442048577</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/c/NDI1MTMxNjY1Mjk0?cjc=irasdeu</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Програму дисципліни "Спеціальні питання техніки високих напруг" 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: ЗК6 – Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми; ЗК8 – Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми; ЗК8 – Готовність та здатність високоякісно виконувати роботу як самостійно так і колективно та приймати рішення в межах своїх професійних знань та компетенцій; ФК2 – Здатність вирішувати практичні задачі із залученням апарату вищої математики, загальної фізики та теоретичної електротехніки; ФК3 – Здатність вирішувати практичні задачі, пов'язані з роботою електричних систем та мереж, електричної частини станцій і підстанцій та техніки високих напруг; ФК12 – Готовність до надзвичайних (аварійних) ситуацій в електроенергетичних та електромеханічних системах; ФК14 – Здатність перевіряти технічний стан, організовувати обслуговування та ремонт електроенергетичних та електротехнічних систем, пристроїв, комплексів та устаткування традиційної та альтернативної енергетики; ФК15 – Здатність використовувати нові технології в електроенергетиці, брати участь в модернізації та реконструкції високовольтного електричного обладнання, електричних машин та апаратів, електричних пристроїв, систем та комплексів традиційної та альтернативної енергетики.

Предметом навчальної дисципліни є вивчення питань обмеження зовнішніх перенапруг, які виникають в електричних мережах високої та надвисокої напруги внаслідок удару блискавки.

Програмні результати навчання, на покращення яких спрямована дисципліна: ЗН5 – Знання основ теорії електромагнітного поля та методи розрахунку електричних кіл; ЗН14 – Знання методів і порядку проектування електричних апаратів; ЗН15 Знання електрофізичних процесів і явищ, що відбуваються в електричних апаратах; ЗН19 – Знання факторів, що призводять до виникнення незворотних процесів у високовольтній ізоляції електричних мереж та систем, обладнання електричних станцій та підстанцій, об'єктів альтернативної енергетики; ЗН21 – Знання методики експериментальних досліджень електрофізичних процесів та явищ, що відбуваються у високовольтній ізоляції електричних мереж та систем, високовольтному електрообладнанні електричних станцій та підстанцій; УМ14 – Уміння визначати основні причини пошкодження внутрішньої високовольтної ізоляції електрообладнання електричних станцій та підстанцій, об'єктів альтернативної енергетики.

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

У відповідності із структурно-логічною схемою навчання, наведеної у освітній програмі, вивчення навчальної дисципліни «Спеціальні питання техніки високих напруг» базується на попередніх знаннях з таких дисциплін: «Теоретичні основи електротехніки», «Електричні мережі та системи», «Електрична частина станцій та підстанцій», «Релейний захист та автоматизація енергосистем». Дисципліна «Спеціальні питання техніки високих напруг» не пов'язана з подальшими дисциплінами освітньої програми.

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліна складається з одного розділу, а саме:

Розділ 1. Грозові перенапруги в електричних мережах високої та надвисокої напруги

Тема 1. Грозові перенапруги в електричних мережах та блискавкозахист повітряних ліній електропередачі.

Тема 2. Обмеження перенапруг в електричних мережах.

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. Agrawal K. C., "Industrial Power Engineering and Applications Handbook", Newnes Power Engineering Series, 2001. – 973 p. ISBN 978-0-7506-7351-8
3. Martinez-Velasco, J. A., ed. "Power system transients: parameter determination", CRC press, 2017. – 632 p. ISBN 978-1-4200-6529-9
4. V. Cooray. Lightning protection. Edited by Vernon Cooray. - The institution of engineering and technology, 2009. – 1070 p. ISBN 978-1-84919-106-7.

Додаткові інформаційні ресурси:

5. Науковий журнал «Енергетика: економіка, технології, екологія». <http://energy.kpi.ua/issue/archive>
6. Науковий журнал «Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського». <http://visnikkrnu.kdu.edu.ua/arhiv.php>
7. Перенапруги та їх обмеження в електричних мережах. Ч. 1: Атмосферні перенапруги і грозозахист [Електронний ресурс] : методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів напряму підготовки 6.050701 «Електротехніка та електротехнології» / НТУУ «КПІ» ; уклад. В. О. Бржезицький, С. А. Соколовський. – Електронні текстові дані (1

файл: 11,4 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2011. – Назва з екрана.
<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/1615>

8. Спеціальні питання техніки високих напруг. Комп'ютерний практикум. [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Електротехнічні пристрої та електротехнологічні комплекси» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Є. О. Троценко, Ю. В. Перетятко. – Електронні текстові дані (1 файл: 716,37 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 43 с. – Назва з екрана.
<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/47790>
9. СОУ-Н ЕЕ 40.12-00100227-47:2011. Обмежувачі перенапруг нелінійні напругою 110-750 кВ. Настанова щодо вибору та застосування. Київ, ДП «НЕК «Укренерго», 2011, с. 1-43.
10. Застосування та вибір обмежувачів перенапруг нелінійних (ОПН) в магістральних і міждержавних електричних мережах. Посібник. Київ, ДП «НЕК «Укренерго», 2014, с. 1-205.

Навчальний контент

5. 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.	<u>Тема 1. Грозові перенапруги в електричних мережах та блискавкозахист повітряних ліній електропередачі.</u> Удар блискавки. Характеристика струму блискавки. Криві розряду блискавки та струму блискавки. Пікове значення струму блискавки. Підйом крутизни струму блискавки. Заряд струму блискавки. Питома енергія. Рівні блискавкозахисту. Література: [1], [4].
2.	Зовнішні перенапруги в електричних мережах. Блискавкозахист повітряних ліній електропередачі без грозозахисних тросів. Імпульсна міцність ізоляції. Вольт-секундні характеристики.. Використання автоматичного повторного ввімкнення. Література: [1], [2], [3], [8].
3.	Питоме число відключень повітряних ліній електропередачі на металевих, залізобетонних та дерев'яних опорах. Використання автоматичного повторного ввімкнення. Багаторазові відбиття хвиль у лініях. Література: [2], [3].
4.	Перенапруги на ненавантажених повітряних лініях електропередачі. Обмеження таких перенапруг. Література: [2], [3], [6].
5.	Блискавкозахист повітряних ліній електропередачі з грозозахисними тросами. Удар блискавки в опору повітряної лінії електропередачі. Література: [2], [3], [4], [6].
6.	Крива небезпечних параметрів блискавки. Вибір гірлянди ізоляторів та кількості ізоляторів у гірлянді. Література: [3], [4].
7.	Блискавкозахист повітряних ліній електропередачі з грозозахисними тросами. Удар блискавки у середину прольоту. Література: [2], [3], [6], [7], [8].
8.	Спеціальні схеми підвищення грозозахисних тросів із заземленням через іскрові проміжки. Надійність блискавкозахисту повітряних ліній електропередачі. Література: [2], [3], [6], [7].
9.	Грозові перенапруги в обмотках трансформаторів. Схема заміщення обмотки при імпульсах перенапруги та система рівнянь. Література: [2], [3].
10.	Початковий розподіл напруги. Власні коливання та максимальні перенапруги. Література: [2], [3], [7].
11.	Перенапруги в обмотках автотрансформаторів трифазних трансформаторів. Особливості їх конструкцій. Література: [2], [3].
12.	Впровадження імпульсного дефектографування при випробуванні трансформаторів на електродинамічну стійкість і під час експлуатації. Література: [2], [3], [4].

13.	Градiєнти на повздожній iзоляції. Ёмнiсний захист обмоток. Принципи дiї i конструктивне виконання внутрiшнього захисту обмоток. Лiтература: [2], [3].
14.	Конструкції обмоток потужних обертових електричних машин, вибiр захисної ёмностi для електричних машин. Схеми блискавкозахисту електричних машин, що пiдключенi безпосередньо до повітряних лiнiй електропередачi. Лiтература: [2], [3], [5], [6].
15.	Тема 2. Обмеження перенапруг в електричних мережах. Грозозахисні розрядники та обмежувачi перенапруг нелiнiйнi (ОПН). Принципи дiї, конструкції,областi використання. Лiтература: [2], [3], [7], [8].
16.	Питання вибору та застосування обмежувачiв перенапруг нелiнiйних в електричних мережах 110-750 кВ. Лiтература: [9], [10].
17.	Вимоги до блискавкозахисту електричних пiдстанцiй. Лiтература: [3], [9], [10].
18.	Вибiр блискавковiдводiв, їх конструкція, захисні зони та розмiщення на елементах електричної пiдстанцiї, приєднання до заземлення. Вибiр iзоляційних промiжкiв на пiдстанцiях. Лiтература: [2], [3], [7], [8].

Практичні (семiнарські) заняття

В навчальному плані практичні (семiнарські) заняття з даного кредитного модуля не передбачені.

Лабораторні роботи (комп'ютерний практикум)

В навчальному плані лабораторні роботи (комп'ютерний практикум) з даного кредитного модуля не передбачені.

6. Самостійна робота студента

№	Назви тем i питань, що виносяться на самостійне опрацювання	Кiлькiсть годин самостійної роботи студента
1	Пiдготовка до лекційних занять	74,0
2	Пiдготовка до модульної контрольної роботи	4,0
3	Пiдготовка до залiку	6,0

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентами:

- правила вiдвiдування занять: вiдповiдно до Наказу 1-273 вiд 14.09.2020 р. заборонено оцiнювати присутнiсть або вiдсутнiсть здобувача на аудиторному заняттi, в тому числi нараховувати заохочувальнi або штрафнi бали. Вiдповiдно до РСО даної дисциплiни бали нараховують за вiдповiднi види навчальної активностi на лекційних та практичних / семiнарських заняттях.
- правила поведiнки на заняттях: студент/аспiрант має можливiсть отримувати бали за вiдповiднi види навчальної активностi на практичних / семiнарських заняттях, передбаченi РСО дисциплiни. Використання засобiв зв'язку для пошуку iнформації на Google-диску викладача, в iнтернетi, в дистанційному курсi на платформi Сiкорський здiйснюється за умови вказiвки викладача;
- полiтика дедлайнiв та перекладань: роботи, які здаються iз порушенням термiнiв без поважних причин, оцiнюються на 60% вiд можливої максимальної кiлькостi балiв за вид діяльностi балiв. Перекладання робiт вiдбувається за наявностi поважних причин (наприклад, хвороба);
- полiтика щодо академiчної доброчесностi: Кодекс честi Нацiонального технiчного унiверситету України «Київський полiтехнiчний iнститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальнi моральнi принципи, правила етичної поведiнки осiб та передбачає полiтику академiчної доброчесностi для осiб, що працюють i навчаються в унiверситетi,

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)

Рейтингова оцінка з кредитного модуля – кількісна оцінка за багатобальною шкалою рівня засвоєння студентом певного кредитного модуля з урахуванням якості навчальної діяльності протягом семестру. Розподіл навчальних годин кредитного модуля здійснюється відповідно до робочих навчальних планів підготовки бакалаврів за спеціальністю 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" (Факультет електроенерготехніки та автоматики).

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він/вона отримує за:

- 1) модульну контрольну роботу;
- 2) письмове завдання.

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

8.1. Модульна контрольна робота.

Ваговий бал: 10. Максимальна кількість балів за одну модульну контрольну роботу: 10 балів.

Критерії оцінювання:

- Повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації): +9...+10 балів;
- Достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності): +8 балів.
- Неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки): +6...+7 балів.
- Незадовільна відповідь (менше 60% потрібної інформації або значні помилки) або відсутність відповіді: 0 балів.

8.1.1. Перелік запитань до модульної контрольної роботи

1. Основні принципи захисту ліній електропередачі від зовнішніх перенапруг.
2. Прямий удар блискавки в опору лінії електропередачі без грозозахисних тросів.
3. Прямий удар блискавки в опору лінії електропередачі з грозозахисними тросами.
4. Прямий удар блискавки в грозозахисні троси в прольоті.
5. Прямий удар блискавки в лінію електропередачі без грозозахисних тросів.
6. Індуковані перенапруги при грозовому розряді поблизу лінії.
7. Основні принципи захисту підстанцій від прямих ударів блискавки.
8. Захист ізоляції обладнання підстанцій від хвиль, що набігають з лінії.
9. Захист лінійних підходів до підстанції.
10. Захист розземленої нейтралі трансформаторів.
11. Захист вільних обмоток трансформаторів.
12. Захист обладнання на відключених лініях.
13. Захист ізоляції обертових машин від хвиль, що приходять з лінії.
14. Захист генераторів від індукованих перенапруг.
15. Захист генераторів при трансформаторному зв'язку з повітряними лініями.

8.2. Письмове завдання.

На заліку студент виконують письмове завдання. Письмове завдання оцінюється у 90 балів за такими критеріями:

- «відмінно», повна відповідь, не менше 95% потрібної інформації (повне, безпомилкове розв'язування завдання) – 86-90 балів;
- «дуже добре», достатньо повна відповідь, не менше 85% потрібної інформації або незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями) – 77-85 балів;

- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями) – 68-76 балів;
 - «задовільно», неповна відповідь, не менше 65% потрібної інформації та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 59-67 балів;
 - «достатньо», неповна відповідь, менше 60% потрібної інформації та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 54-58 балів;
 - «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0-53 балів.
- Загальна сума балів за поточний та семестровий контроль переводиться до залікової оцінки згідно з 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)

Для самостійного вивчення питань схемотехнічного моделювання грозових перенапруг студентам доцільно завантажити з офіційного сайту програму Micro-Cap 12.2.0.5 за посиланням <http://www.spectrum-soft.com/download.shtm>. У 2019 році компанія-розробник Spectrum Software оголосила про закриття бізнесу та зробила на своєму сайті усі професійні версії Micro-Cap вільними для безкоштовного завантаження.

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.)