

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Затверджую



Голова Приймальної комісії
Ректор

Михайло
ЗГУРОВСЬКИЙ

28.04.2023

дата

Факультет електроенерготехніки та автоматики

ПРОГРАМА
комплексного фахового випробування
для вступу на освітньо-професійну програму підготовки магістра
«Електричні системи і мережі»

за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Програму ухвалено:

Вченою Радою факультету електроенерготехніки та
автоматики

Протокол № 9 від «27» березня 2023 р.

Голова Вченої Ради

Олександр ЯНДУЛЬСЬКИЙ

ВСТУП

Комплексне фахове випробування на підготовку здобувачів освітньо-професійного рівня магістра спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка за освітньою програмою «Електричні системи і мережі» спрямоване на перевірку відповідності знань та навичок рівню, необхідному для навчання на другому (магістерському) рівні вищої освіти.

Програма комплексного фахового випробування визначає форму організації, зміст та особливості проведення вступного випробування на підготовку здобувачів за освітньо-професійною програмою «Електричні системи і мережі» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» другого (магістерського) рівня вищої освіти.

Комплексне фахове випробування проводиться в очній або дистанційній формі з використанням технологій дистанційного навчання «Google» та сервісу відеотелефонного зв'язку «GoogleMeet» із обов'язковою відеофіксацією процесу проведення іспиту.

Порядок проведення екзамену відповідає «Положенню про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського» (<https://osvita.kpi.ua/node/32>) та «Регламентам проведення семестрового контролю та захистів кваліфікаційних робіт та атестаційних екзаменів в дистанційному режимі» (<https://osvita.kpi.ua/node/148>).

I ОСНОВНИЙ ВИКЛАД

1.1 Перелік освітніх компонентів, розділи яких входять до програми

До програми комплексного фахового випробування включено теоретичні питання з таких освітніх компонентів бакалаврської освітньої програми:

1. Електричні системи та мережі.
2. Надійність електроенергетичних систем.
3. Регулювання режимів електричних систем.

1.2 Зміст програми

1.2.1 Тематика, яка виносить на комплексне фахове випробування з дисципліни «Електричні системи та мережі»

Техніко-економічні переваги створення енергосистем та їх об'єднань. Електричні мережі. Класифікація електричних мереж. Магістральні та розподільні електричні мережі. Системотвірні, районні та місцеві електричні мережі, їх місце та роль в електричних системах. Графік навантаження енергосистеми та його покриття. Графіки навантажень електричних станцій енергосистем. Режими роботи нейтралі електричних мереж.

Конструктивне виконання та особливості експлуатації повітряних ліній електропередавання (ПЛ). Прогін та довжина прогону. Анкерований прогін та анкерована ділянка. Стріла провисання. Конструкція сталеалюмінієвих проводів. Розщеплення фазних проводів повітряної лінії. Радіус еквівалентного проводу пучка розщепленої фази. Розташування проводів та тросів на опорах ПЛ. Ізолятори та лінійна арматура ПЛ.

Конструктивне виконання та особливості експлуатації кабельних ліній електропередавання. Нагрівання кабелів робочими струмами.

Фізичні процеси та явища, які відбуваються під час передавання електричної енергії по лініям електропередавання (ЛЕП). Заступні схеми повітряних та кабельних ліній електропередавання. Визначення параметрів заступних схем ЛЕП.

Фізичні процеси та явища, які відбуваються в силових трансформаторах під час передавання електричної енергії. Заступні схеми дво- та триобмоткових трансформаторів та автотрансформаторів. Трансформатори з розщепленими обмотками. Силові трансформатори із скороченими обмотками. Визначення параметрів заступних схем трансформаторів за каталожними даними.

Втрати потужності та енергії в елементах електричних мереж. Графіки навантаження вузлів електроенергетичних систем. Кількість годин використання максимальної та встановленої потужності. Коефіцієнти участі в максимумі навантаження, коефіцієнт одночасності, коефіцієнт використання встановленої потужності. Втрати потужності в ЛЕП.

Втрати потужності в трансформаторах різних типів. Втрати енергії в лініях та трансформаторах та їх визначення за графіками навантаження. Середньоквадратична потужність навантаження та час максимальних втрат енергії.

Векторна діаграма струмів та напруги ЛЕП. Спад та втрата напруги в елементах електричної мережі. Електричний розрахунок спаду напруги в ЛЕП. Аналіз робочих режимів ЛЕП за допомогою векторних діаграм.

Характеристика задач розрахунків параметрів ustalених режимів електроенергетичних систем. Розрахункові схеми електричних систем різних класів номінальної напруги. Зведене та розрахункове навантаження. Опорний за напругою та балансуєчий пункт розрахункової схеми електричної мережі. Статичні характеристики навантаження за напругою.

Розрахунок розімкненої електричної мережі. Ітераційний розрахунок режиму електричної мережі. Критерії збіжності ітераційного розрахунку. Розрахунок ліній з двобічним живленням. Метод контурних рівнянь. Метод розрізання контурів. Алгоритм ітераційного розрахунку в методі розрізання контурів. Рівняння вузлових напруг та їхня модифікація. Лінеаризація рівнянь вузлових напруг. Ітераційні методи реалізації вузлової моделі: метод Зейделя, метод Ньютона-Рафсона.

Спрощені методи розрахунків режимів роботи електричних мереж. Зведення перерізів мережі до базисного. Еквівалентне перенесення навантаження на магістральній ділянці мережі. Еквівалентне зведення параметрів розрахункових схем до базисної напруги.

Метод накладання та його застосування для розрахунку нормальних та післяаварійних режимів електричної системи. Коефіцієнти струморозподілу. Розрахунок режиму мережі методом коефіцієнтів струморозподілу. Розрахунок опорів впливу для розімкненої та замкненої схем. Ітераційний розрахунок режиму складнозамкненої електричної мережі за допомогою апарату коефіцієнтів струморозподілу та опорів впливу. Неоднорідність електричних мереж.

Особливості розрахунку несиметричних режимів електричних систем. Неповнофазні режими ліній електропередавання. Способи та засоби симетрування режиму електричної системи. Причини та наслідки несинусоїдності кривих струму та напруги. Засоби компенсації вищих гармонік в електричних системах.

1.2.2 Тематика, яка виноситья на комплексне фахове випробування з дисципліни «Надійність електроенергетичних систем»

Причини та наслідки порушень електропостачання споживачів. Загальна характеристика відмов електроенергетичних систем (ЕЕС). Складові поняття надійності ЕЕС. Забезпечення та керування надійністю ЕЕС. Структурна, режимна, балансова та перехідна надійність.

Життєвий цикл об'єкту з погляду надійності. Несправності та відмови об'єктів. Безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність та довговічність об'єктів ЕЕС.

Імовірнісні показники надійності ЕЕС. Закони розподілу випадкових подій та випадкових величин в ЕЕС. Математичне сподівання випадкової величини. Застосування методів математичної статистики в задачах аналізу надійності ЕЕС.

Показники надійності. Інтенсивність відмов. Імовірність безвідмовної роботи. Імовірність відмови. Середнє напрацювання на відмову. Параметр потоку відмов. Ресурс та термін служби. Імовірність відновлення. Інтенсивність відновлення. Готовність та коефіцієнт готовності (неготовності).

Резервування як спосіб забезпечення надійності ЕЕС. Типи та способи резервування.

Розрахунок надійності систем із невідновлюваних елементів. Показники надійності систем із невідновлюваних елементів. Розрахунок необхідної кількості запасних елементів.

Розрахунок надійності систем із відновлюваних елементів. Показники надійності систем із відновлюваних елементів.

Розрахунок показників надійності систем із паралельно-послідовним з'єднанням елементів. Метод мінімальних перерізів. Метод прямого обчислення показників структурної надійності схем електричних мереж. Непараметричне оцінювання надійності ЕЕС.

1.2.3 Тематика, яка виносить на комплексне фахове випробування з дисципліни «Регулювання режимів електричних систем»

Регулювання напруги та економічні режими мережі електричних систем. Якість електричної енергії та її характеристики. Відхилення та коливання напруги, причини їх виникнення, граничні величини, їхній вплив на роботу електроприймачів. Поняття про допустиму втрату напруги в електричній мережі.

Засоби та способи регулювання напруги в електричних мережах енергосистем. Регулювання напруги в мережі шляхом зміни напруги на шинах генераторів, активного та реактивного опору ліній, перерозподілу потоків реактивної потужності в мережі системи. Переваги та недоліки синхронних компенсаторів та батарей статичних конденсаторів. Поперечна компенсація як засіб регулювання напруги в мережі. Режим роботи БСК для поперечної компенсації. Розрахунок параметрів компенсуючих пристроїв поперечної компенсації. Поздовжня компенсація як засіб регулювання напруги в мережі. Розрахунок параметрів УПК. Вибір місця встановлення в мережі компенсуючих пристроїв поздовжньої та поперечної компенсації.

Трансформаторні засоби регулювання напруги в електричних мережах енергосистеми. Поняття про зустрічне регулювання напруги. Основні задачі, які вирішуються при регулюванні напруги на силових трансформаторах. Схеми регулювання напруги за допомогою автотрансформаторів. Регулювання напруги за допомогою автотрансформаторів в прямому та реверсивному режимах. Застосування ВДТ та ВДАТ для регулювання напруги в електричних мережах. Поздовжнє та поперечне регулювання напруги за допомогою ВДТ.

Баланс активної та реактивної потужності та якість електроенергії в системах. Статичні характеристики навантаження у вигляді функції від частоти. Регулятори швидкості турбін. Статичні та астатичні характеристики регуляторів швидкості. Регулювальний ефект навантаження за частотою. Первинне регулювання частоти, недоліки первинного регулювання. Вторинне регулювання частоти. Регулювання частоти в системі за допомогою блоку нерегулюючих та частоторегулюючої станції. Експериментальне визначення навантажувальної, генеруючої та суміщеної статичних частотних характеристик системи. Розподіл додаткового приросту навантаження між окремими генераторами електростанції. Регулювання частоти в аварійних режимах. Автоматичне частотне розвантаження та система частотного автоматичного повторного включення (ЧАПВ). Принципи організації роботи черг АЧР I та АЧР II. АЧР вибіркової дії. Особливості регулювання частоти в об'єднаних енергосистемах.

Дальні електропередачі змінного струму. Основні технічні та економічні проблеми передачі електроенергії на великі відстані. Шляхи, методи та засоби збільшення пропускної здатності та економічності режимів роботи дальніх електропередач.

Хвильові параметри дальніх електропередач (ДЕП). Зарядна потужність та натуральна потужність ДЕП. Розподіл напруги вздовж ДЕП. Основні рівняння ДЕП. Розв'язок основних рівнянь ДЕП. Моделювання режиму ДЕП за допомогою апарату чотириполісників.

Компоненти втрат потужності в ДЕП. Розрахунок режимів ДЕП за умовами початку та кінця. Розрахунок режимів ДЕП за умови фіксації напруги по її кінцях. Графоаналітичний розрахунок режимів ДЕП за допомогою універсальних діаграм. Використання кругових діаграм потужності для аналізу режимів ДЕП. Загальна характеристика типових режимів ДЕП та їх особливості.

Компенсація зарядної потужності ДЕП. Розстановка шунтувальних реакторів вздовж ДЕП. Забезпечення балансу реактивної потужності на кінцевих підстанціях ДЕП.

Пропускна здатність ДЕП. Характеристика потужності електропередачі та її пропускна здатність. Залежність пропускної здатності ДЕП від довжини та хвильових параметрів лінії. Штучні заходи з підвищення пропускної здатності та дальності електропередачі енергії змінним струмом. Передача енергії чвертю хвилі на напівхвилею. Компенсація параметрів та налагодження ДЕП. Розрахунок параметрів пристроїв компенсації та налагодження для збільшення пропускної здатності ДЕП.

1.3 Допоміжні матеріали для складання комплексного фахового випробування

Під час складання комплексного фахового випробування заборонено використання допоміжної літератури та інших допоміжних матеріалів та засобів.

1.4 Опис завдання комплексного фахового випробування

На комплексному фаховому випробуванні вступники виконують письмову екзаменаційну роботу за індивідуальними варіантами.

Кожен варіант завдання містить три теоретичні питання за матеріалами освітніх компонентів, зазначених в п. 1.1.

1.5 Критерії оцінювання комплексного фахового випробування

Рейтингову систему оцінювання комплексного атестаційного екзамену складено відповідно до вимог чинної редакції «Положення про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського» (<https://osvita.kpi.ua/node/37>).

У письмовій відповіді на теоретичні питання комплексного фахового випробування вступник має продемонструвати знання теорії дисципліни, понятійно-категоріального апарату, термінології, принципів предметної області дисципліни. Відповіді вступник повинен викладати чітко, логічно та послідовно.

У відповідях на теоретичні завдання екзаменаційного білета оцінюють:

- повноту розкриття питання;
- уміння чітко формулювати визначення понять/термінів та пояснювати їх;
- здатність аргументувати відповідь;
- аналітичні міркування, порівняння, формулювання висновків;
- акуратність оформлення письмової роботи.

Відповідь на питання №1 екзаменаційного білету оцінюється максимально у 34 бали, на питання №2 та питання № 3 – максимально у 33 бали. Критерії оцінювання відповіді на питання екзаменаційного білету є такими:

- повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 31...33 (34) бали;
- достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 24...30 балів;
- неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 19...23 бали;
- незадовільна відповідь (не відповідає вищезазначеним вимогам) – 0 балів.

Загальний бал вступника за комплексне фахове випробування визначається як сума балів, отриманих вступником за відповідь на кожне з питань екзаменаційного білету.

З метою обчислення конкурсного балу вступника в Єдиній державній електронній базі з питань освіти сумарний бал, отриманий вступником за РСО (60...100 балів), має бути переведений на бали шкали ЄДЕБО (100...200 балів) згідно з Таблицею відповідності:

Таблиця відповідності оцінок PCO (60...100 балів)
оцінкам 200-бальної шкали (100...200 балів)

шкала PCO	шкала 100...200	шкала PCO	шкала 100...200	шкала PCO	шкала 100...200	шкала PCO	шкала 100...200
60	100	70	140	80	160	90	180
61	105	71	142	81	162	91	182
62	110	72	144	82	164	92	184
63	115	73	146	83	166	93	186
64	120	74	148	84	168	94	188
65	125	75	150	85	170	95	190
66	128	76	152	86	172	96	192
67	131	77	154	87	174	97	194
68	134	78	156	88	176	98	196
69	137	79	158	89	178	99	198
						100	200

1.6 Приклад типового завдання комплексного фахового випробування

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) рівень
Спеціальність – 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма – «Електричні системи і мережі»

*Комплексне фахове випробування для вступу на освітньо-професійну програму
підготовки магістра*

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 1

1. Метод накладання та його застосування для розрахунку нормальних та післяаварійних режимів електричної системи (максимальна оцінка – 34 бали).
2. Типи та способи резервування елементів електроенергетичних систем (максимальна оцінка – 33 бали).
3. Регулювання частоти в аварійних режимах (максимальна оцінка – 33 бали).

Затверджено на засіданні кафедри електричних мереж та систем
Протокол № 9 від «13» березня 2023 р.

Завідувач кафедри
_____ Валерій КИРИК

II ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ

Порядок проведення комплексного фахового випробування

Комплексне фахове випробування проводиться в очній або дистанційній формі з використанням технологій дистанційного навчання «Google» та сервісу відеотелефонного зв'язку «GoogleMeet» із обов'язковою відеофіксацією процесу проведення іспиту.

Порядок проведення екзамену відповідає «Положенню про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського» (<https://osvita.kpi.ua/node/32>) та «Регламентам проведення семестрового контролю та захистів кваліфікаційних робіт та атестаційних екзаменів в дистанційному режимі» (<https://osvita.kpi.ua/node/148>).

Фахове випробування складається вступниками згідно із затвердженим розкладом. Відхилення від розкладу випробувань неприпустимо.

У разі проведення випробування в дистанційній формі посилення на відеоконференцію для проведення комплексного фахового випробування створюється попередні та розсилається всім учасникам (екзаменаторам та вступникам) через відповідні інформаційні канали – електронну пошту, мережі «Viber», «Telegram».

Екзаменаційна комісія зобов'язана забезпечити надійну ідентифікацію (встановлення особи) вступника. В іншому разі, вступник вважається таким, що не з'явився на фахове випробування. Ідентифікація вступника може здійснюватися, наприклад, шляхом демонстрації екзаменаторові через засоби відеозв'язку свого паспорту або іншого документу, що посвідчує особу.

На комплексному фаховому випробуванні вступники виконують письмову контрольну роботу. Номери індивідуальних екзаменаційних білетів розподіляються між вступниками в через сервер випадкових чисел і оголошуються за списком вступників через засоби відеозв'язку.

Для уникнення завчасної підготовки відповідей вступниками порядок проведення комплексного фахового випробування передбачає написання на кожному аркуші екзаменаційної роботи певного кодового слова, яке вступникам повідомляють під час проведення випробування.

Загальний час, який виділяється на рукописне виконання завдань екзаменаційного білету, складає 90 хвилин. Час початку та час завершення випробування оголошується екзаменатором. Протягом всього часу підготовки відповідей на питання екзаменаційного білету у здобувача має бути постійно увімкнена камера пристрою, за допомогою якого здійснюється відеозв'язок із екзаменатором.

За 3...5 хвилин до закінчення випробування вступник повинен підписати кожний аркуш своєї екзаменаційної роботи, зробити їх фотокопію та переслати її до встановленого часу на електронну пошту екзаменаційної комісії або в інший встановлений екзаменаційною комісією спосіб (мережі «Viber», «Telegram»).

Після отримання всіх фотокопій письмових робіт екзаменаційна комісія розпочинає їх перевірку. Оцінювання робіт здійснюється відповідно до рейтингової системи оцінювання (п. 1.5).

ЛІТЕРАТУРА

1. Журахівський А. В. Надійність електроенергетичних систем і електричних мереж: підручник / А. В. Журахівський, С. В. Казанський, Ю. П. Матеєнко, О. Р. Пастух. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2017. – 456 с.
2. Кирик В. В. Електричні мережі та системи : підручник / В. В. Кирик. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2021. – 324 с.
3. Кацадзе Т. Л. Електричні системи і мережі. Розрахунок та аналіз усталених режимів електроенергетичних систем: Навчальний посібник / Т. Л. Кацадзе, В. В. Кирик. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 212 с.
4. Сулейманов В. М. Регулювання режимів електричних систем: навч. посіб. / В. М. Сулейманов, Т. Л. Кацадзе, В. В. Чижевський. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 80 с.
5. Сулейманов В. М., Кацадзе Т.Л. Електричні мережі та системи. Підруч. для вузів. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 504 с.

Розробник програми:

Доцент кафедри
електричних мереж та систем

Теймураз КАЦАДЗЕ

Програму рекомендовано:

кафедрою електричних мереж та систем

Протокол № 9 від «13» березня 2023 р.

Завідувач кафедри

Валерій КИРИК