

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГОТЕХНІКИ ТА АВТОМАТИКИ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова Атестаційної комісії
Факультету електроенергетехніки та автоматики

Декан  Олександр ЯНДУЛЬСЬКИЙ

« 25 » 2021 р.

М.П.

ПРОГРАМА

комплексного фахового випробування

для вступу на освітню програму підготовки магістра
«Електричні системи і мережі»

**за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка**

Програму рекомендовано

кафедрою електричних мереж та систем

Протокол № 0 від «8» лютого 2021 р.

Завідувач кафедри  Валерій КИРИК

Київ – 2021

ВСТУП

Комплексне фахове випробування на підготовку фахівців освітньо-професійних рівнів підготовки магістра спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка за освітньою програмою “Електричні системи і мережі” направлене на виявлення знань та навичок зі спеціалізації для подальшого навчання.

Випробовування проходить у вигляді письмової роботи тривалістю 1 година 30 хвилин. Кожен білет містить три теоретичні питання з основних дисциплін освітньої програми. Після написання роботи комісія перевіряє їх та виставляє оцінки у відповідності з критеріями оцінювання.

ОСНОВНИЙ ВИКЛАД

1. ПЕРЕЛІК НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ, ЯКИЙ ВІНОСИТЬСЯ НА КОМПЛЕКСНЕ ФАХОВЕ ВИПРОБУВАННЯ З ДИСЦИПЛІНИ "ЕЛЕКТРИЧНІ СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖІ"

Розділ 1. Загальні відомості про електричні мережі і системи

Енергетична та електрична системи. Техніко-економічні переваги створення енергосистем та їх об'єднань. Перспективи та основні проблеми розвитку та експлуатації енергосистем України.

Електричні мережі. Класифікація електричних мереж. Види електроустановок та їх номінальні напруги. Магістральні та розподільні електричні мережі. Системотвірні, районні та місцеві електричні мережі, їх місце та роль в електричних системах. Режими роботи нейтралі електричних мереж.

Розділ 2. Конструкції та характеристики устаткування електричних мереж

Повітряні лінії електропередавання (ПЛ). Класифікація ПЛ. Основні типи опор ПЛ. Елементи металевих, залізобетонних та дерев'яних опор. Проводи та троси. Конструкція сталесаломінієвих проводів. Розщеплення проводів. Стандарти на проводи та троси. Розташування проводів та тросів на опорах ПЛ. Ізолятори та лінійна арматура. Прогін та довжина прогону. Анкерований прогін та анкерована ділянка. Стріла провсаня. Кліматичні навантаження та впливи на конструктивні елементи ПЛ. Вплив температури оточуючого середовища на експлуатаційні характеристики ПЛ. Вітрові та ожеледні навантаження на конструктивні елементи ПЛ. Характеристика кліматичних режимів ПЛ.

Кабельні лінії електропередавання (КЛ). Конструкція кабелів. Кабельні муфти та кінцеві розділки. Прокладка КЛ. Нагрівання кабелів робочими струмами. Струмопроводи та шинопроводи.

Розділ 3. Схеми заміщення електричних мереж

Фізичні процеси та явища, які відбуваються під час передавання електричної енергії по лініям електропередавання (ЛЕП). Схеми заміщення повітряних та кабельних ліній електропередавання. Визначення параметрів схем заміщення ЛЕП. Лінії з розщепленими фазними проводами. Розрахунок втрат потужності на корону у ПЛ.

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

Розділ 4. Втрати потужності та енергії в електричних мережах

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. Середня потужність навантаження.

Втрати потужності 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.

Розділ 5. Розрахунки режимів напруги в розімкнених електричних мережах

Векторна діаграма струмів та напруг ЛЕП. Спад та втрата напруги в елементах електричної мережі. Електричний розрахунок спаду напруги в ЛЕП за струмом та потужністю навантаження. Аналіз робочих режимів ЛЕП за допомогою векторних діаграм. Наближені методи визначення втрат напруги в ЛЕП з однією та декількома навантаженнями.

Кругова діаграма потужностей електропередачі. Аналіз робочих режимів електропередач за допомогою кругових діаграм.

Характеристика потужності електропередачі. Пропускна здатність електропередачі.

Розрахунок режиму напруги у вузлах електричної системи за середніми лінійними потужностями, потужностями початків та кінців ділянок мережі.

Розділ 6. Загальні відомості про моделювання та розрахунки режимів електричних систем

Задачі розрахунків параметрів ustalених режимів електроенергетичних систем. Розрахункові схеми електричних систем різних класів номінальної напруги. Зведене та розрахункове навантаження.

Розділ 7. Розрахунки режимів розімкнених електричних мереж

Елементи топології розімкненої мережі. Розрахунок розімкненої мережі за потужностями та струмами навантаження. Наближений метод розрахунку режиму роботи мережі. Ітераційний розрахунок режиму роботи електричної мережі. Критерії збіжності ітераційного розрахунку. Перша матриця з'єднань. Розрахунок режиму розімкненої мережі в матричній формі наближеним методом. Окремі випадки розрахунку місцевих електричних мереж.

Розділ 8. Розрахунки режимів замкнених електричних мереж

Елементи топології замкнених мереж. Матриці з'єднань. Вибір незалежних контурів. Закони Ома та Кірхгофа в матричній формі. Узагальнене рівняння стану електричного кола.

Переваги та недоліки замкнених електричних мереж. Розрахунок ліній з двобічним живленням. Метод контурних рівнянь. Ітераційний розрахунок робочого режиму замкненої електричної мережі «в потужностях». Метод контурних струмів. Метод розрізання контурів. Алгоритм ітераційного розрахунку в методі розрізання контурів. Врахування статичних характеристик навантажень споживачів за напругою в ітераційних розрахунках ustalених режимів електричних систем.

Рівняння вузлових напруг та їхня модифікація. Виведення рівняння в матричній формі. Лінеаризація рівнянь вузлових напруг. Ітераційні методи реалізації вузлової моделі:

метод Зейделя, метод Ньютона-Рафсона. Якобіан системи рівнянь режиму. Збіжність ітераційного процесу.

Розділ 9. Методи аналізу ustalених режимів електричних систем

Спрощені методи розрахунків режимів роботи електричних мереж. Зведення перетинів мережі до базисного. Рознесення навантаження на магістральній ділянці мережі в методі перетворення мережі. Зведення параметрів розрахункових схем до базисної напруги. Застосування методу перетворення до розрахунку складнозамкненої електричної мережі.

Метод накладання та його застосування для розрахунку нормальних та післяаварійних режимів електричної системи.

Коефіцієнти струморозподілу. Розрахунок коефіцієнтів розподілу для електричних мереж, замкнених одно- та багаторазово. Розрахунок режиму роботи мережі методом коефіцієнтів струморозподілу. Неоднорідність електричних мереж.

Опори впливу. Розрахунок опорів впливу для розімкненої та замкненої схем електричної мережі. Ітераційний розрахунок режиму роботи складнозамкненої електричної мережі за допомогою апарату коефіцієнтів струморозподілу та опорів впливу.

Розділ 10. Особливі режими електричних систем

Загальна характеристика особливих режимів роботи електричних систем. Особливості розрахунку несиметричних режимів. Неповнофазні режими роботи ліній. Способи та засоби симетрування режиму електричної системи.

Причини та наслідки несинусоїдальності кривих струму та напруги. Засоби компенсації вищих гармонік в електричних системах.

2. ПЕРЕЛІК НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ, ЯКИЙ ВІНОСИТЬСЯ НА КОМПЛЕКСНЕ ФАХОВЕ ВИПРОБУВАННЯ З ДИСЦИПЛІНИ "РЕГУЛЮВАННЯ РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ"

1. Регулювання напруги в електричних мережах енергосистем

Регулювання напруги та економічні режими мережі електричних систем. Загальні відомості. 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 за рахунок змін рівнів 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 при поперечній компенсації. Повздовжня компенсація як засіб регулювання напруги в мережі. Розрахунок параметрів УПК. Вибір кількості елементів та встановленої потужності УПК. Вибір місця встановлення в мережі компенсуючих пристроїв повздовжньої та поперечної компенсації.

Трансформаторні засоби регулювання напруги в електричних мережах енергосистем. Поняття про зустрічне регулювання напруги. Основні задачі, які вирішуються при регулюванні напруги на силових трансформаторах. Регулювання напруги за допомогою силових автотрансформаторів. Три схеми регулювання напруги за допомогою автотрансформаторів. Регулювання напруги за допомогою автотрансформаторів за умов прямого та реверсивного режиму їх роботи. Застосування ВДТ та ВДАТ для регулювання

напруги в електричних мережах. Повздожне та поперечне регулювання напруги за допомогою ВДТ.

2. Регулювання частоти в енергосистемах

Баланс активної та реактивної потужності та якість електроенергії в системах. Графіки навантажень електричних станцій в енергосистемах. Графік навантаження енергосистеми та його покриття. Баланс та резерв активної потужності в енергосистемах. Баланс реактивної потужності в енергосистемах. Коефіцієнт потужності споживачів. Компенсуючі пристрої – статичні конденсатори та синхронні компенсатори. Показники якості електроенергії.

Регулювання частоти в енергосистемах. Статичні характеристики навантаження у вигляді функції від частоти. Регулятори швидкості турбін. Статичні та астатичні характеристики регуляторів швидкості. Регулювальний ефект навантаження. 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. Розподілення додаткового приросту навантаження між окремими генераторами електростанції. Регулювання частоти в аварійних режимах. Поняття про автоматичне частотне розвантаження та системи частотного автоматичного повторного включення (ЧАПВ). Принципи організації роботи черг АЧР I та АЧР II. АЧР вибіркової дії. Особливості регулювання частоти в об'єднаних енергосистемах.

3. Дальні електропередачі

Протяжні лінії електропередавання надвисокої напруги. Основні технічні та економічні проблеми передачі електроенергії на великі відстані. Шляхи, методи та засоби збільшення пропускної здатності та економічності режимів роботи далеких електропередач.

Хвильові параметри дальніх електропередач (ДЕП). Поняття про натуральну потужність ДЕП. Робота ДЕП з натуральною потужністю. Закономірності розподілу напруги в лінії в залежності від навантаження. Основні рівняння ДЕП. Розв'язок основних рівнянь ДЕП. Теорема Блонделя. Можливості розрахунку режиму ДЕП за спрощеними схемами заміщення. Моделювання режиму ДЕП за допомогою апарату чотириполосників.

Коефіцієнти втрат потужності в ДЕП. Розрахунок режимів роботи в нормальних режимах роботи за умовами початку та кінця. Розрахунок режимів роботи ДЕП за умови фіксації напруги по її кінцях. Графо-аналітичний розрахунок режимів ДЕП за допомогою універсальних діаграм, побудованих за умовами початку та кінця електропередачі та за фіксації модулів напруг по кінцях. Використання кругових діаграм для аналізу режимів роботи ДЕП. Режими синхронізації, неробочого ходу, мінімального та максимального навантаження ДЕП та їх особливості.

Дослідження виникнення перенапруг у лініях. Компенсація зарядної потужності ДЕП. Розстановка шунтувальних реакторів вздовж ДЕП. Особливості експлуатаційного ведення режиму неробочого ходу ДЕП. Забезпечення балансу реактивної потужності на приймальному кінці ДЕП.

Пропускна здатність ДЕП. 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 компенсуючих та настроювальних пристроїв, встановлених у ДЕП з метою підвищення її пропускної здатності.

ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ КОМПЛЕКСНОГО ФАХОВОГО ВИПРОБУВАННЯ

На екзамені студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить три теоретичні запитання. Перше запитання оцінюється у 34 бали, друге та третє – 33 бали.

Система оцінювання першого теоретичного питання:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 32-34 бали;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 25-31 бал;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 20-24 бали;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на 3 бали) – 0 балів.

Система оцінювання другого та третього теоретичного питання:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 31-33 бали;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 24-30 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 19-23 бали;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на 3 бали) – 0 балів.

Сума балів за три запитання переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

Бали	Оцінка
95-100	Відмінно
85-94	Дуже добре
75-84	Добре
65-74	Задовільно
60-64	Достатньо
Менше 60	Незадовільно

Таблиця відповідності оцінок рейтингової системи оцінювання (PCO, 60...100) балам 200-бальної шкали (100...200)

Оцінка PCO	Бали 100...200	Оцінка PCO	Бали 100...200	Оцінка PCO	Бали 100...200	Оцінка PCO	Бали 100...200
60	100,0	70	125,0	80	150,0	90	175,0
61	102,5	71	127,5	81	152,5	91	177,5
62	105,0	72	130,0	82	155,0	92	180,0
63	107,5	73	132,5	83	157,5	93	182,5
64	110,0	74	135,0	84	160,0	94	185,0
65	112,5	75	137,5	85	162,5	95	187,5
66	115,0	76	140,0	86	165,0	96	190,0
67	117,5	77	142,5	87	167,5	97	192,5
68	120,0	78	145,0	88	170,0	98	195,0
69	122,5	79	147,5	89	172,5	99	197,5
						100	200,0

ПРИКЛАД ТИПОВОГО ЗАВДАННЯ ФАХОВОГО ВИПРОБУВАННЯ

1. Схеми заміщення повітряних та кабельних ліній.
2. Метод накладання та його застосування для розрахунку нормальних та післяаварійних режимів електричної системи
3. Регулятори швидкості турбін.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Веников В.А., Рыжов Ю.П. Дальние электропередачи переменного и постоянного тока. Учебн. пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 272 с.

2. Идельчик В.И. Расчеты установившихся режимов энергосистем. – М.: Энергия, 1977. – 192 с.
3. Идельчик В.И. Электрические системы и сети. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 592 с.
4. 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
5. Кацадзе Т. Л. Основи механічних розрахунків повітряних ліній електропередавання: Підручник / Т. Л. Кацадзе. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019 – 333 с.
6. Кирик В.В. Електричні мережі та системи. Режим роботи розімкнених мереж. = Electrical power networks and systems. Operation modes of open networks: навч. посіб. / В. В. Кирик, Т.Б. Маслова. – Київ: НТУУ «КП», 2015. – 256 с.
7. Петренко Л.И. Электрические сети и системы: Учеб пособие для студентов вузов. –Київ: Вища школа, 1981. – 320 с.
8. Сегеда М. С. Електричні мережі та системи: Підручник / М. С. Сегеда. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2007. – 488 с..
9. Сулейманов В. М. Розрахунок і регулювання усталених режимів роботи електричних мереж енергосистем / В. М. Сулейманов. – Київ: НМК ВО, 1992. – 208 с.
10. Сулейманов В.М., Кацадзе Т.Л. Електричні мережі та системи. Підруч. для вузів. – К.: НТУУ «КП», 2007. – 504 с.
11. Холмский В.Г. Расчет и оптимизация режимов электрических сетей (специальные вопросы). – М.: Высшая школа, 1975. – 280 с.
12. Электрические системы и сети: учеб. / Н. В. Буслова, В. Н. Винославский, Г. И. Денисенко, В. С. Перхач; под. ред. Г. И. Денисенко. – Киев: Вища шк., 1986. – 584с.
13. Электрические системы. Режимы работы электрических систем и сетей / Под ред. Веникова В.А. Учебное пособие для электроэнерг. вузов. – М.: Высшая школа, 1975. – 344 с.
14. Электрические системы. Электрические сети: Учеб. для электроэнерг. спец. вузов / В. А. Веников, А. А. Глазунов, Л. А. Жуков и др.; Под ред. В. А. Веникова, В. А. Строева. – Москва: Высш. шк., 1998. – 511 с

Розробник програми:



к.т.н., доц. Теймураз КАЦАДЗЕ