

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

ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою Факультету електроенерготехніки та  
автоматики

Протокол № 7 » 2020 р.

Голова вченої ради О.С. Яндульський



## ПРОГРАМА

### додаткового випробування

для вступу на освітню програму підготовки магістра  
«Управління, захист та автоматизація енергосистем»

*за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та  
електромеханіка*

Програму рекомендовано кафедрою

Автоматизації енергосистем

Протокол № 7 від « 5 » « лютого » 2020 р.

В.о. зав. кафедри О.І. Толочко

## ВСТУП

Комплексне фахове випробування для вступу на освітню програму підготовки магістра «Управління, захист та автоматизація енергосистем» спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка направлене на виявлення знань та навичок із спеціальності для подальшого навчання.

Випробування проходить у вигляді письмової роботи тривалістю 1 година 30 хвилин. Кожен білет містить три теоретичні запитання з основних дисциплін спеціальності. Під час написання роботи забороняється користуватися будь-якими допоміжними джерелами інформації. Після написання роботи комісія перевіряє їх та виставляє оцінки у відповідності з критерієм оцінювання.

## ОСНОВНИЙ ВКЛАД

### ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ

**РОЗДІЛ 1.** Лінійні електричні кола постійного струму.

**РОЗДІЛ 2.** Лінійні електричні кола однофазного синусоїдного струму.

**РОЗДІЛ 3.** Лінійні електричні кола періодичного змінного струму.

**РОЗДІЛ 4.** Розрахунок перехідних процесів в лінійних електричних колах.

### ОСНОВИ МЕТРОЛОГІЇ ТА ЕЛЕКТРИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

**Розділ 1.** Загальні відомості про метрологію та електричні вимірювання

Метрологія і її завдання, система одиниць СІ, види вимірювань, класифікація засобів вимірювальної техніки.

**Розділ 2.** Похибки вимірювань

Нормування класу точності засобів вимірювання (ЗВ). Знаходження похибки прямих одноразових вимірювань. Знаходження результату прямих багаторазових вимірювань. Знаходження результату опосередкованих одноразових вимірювань.

**Розділ 3.** Масштабні перетворювачі струму і напруги.

Вимірювальні трансформатори напруги – призначення, схеми ввімкнення приладів у однофазне та трифазне коло через вимірювальні трансформатори напруги (ВТН). Вимірювальні трансформатори струму – призначення, схеми ввімкнення приладів у однофазне та трифазне коло через вимірювальні трансформатори струму (ВТС).

**Розділ 4.** Вимірювання параметрів електричних сигналів.

Аналогові засоби вимірювання (ЗВ) – загальна структура, моменти, що діють у вимірювальному механізмі, рівняння перетворення. Повірка засобів вимірювання (ЗВ).

**Розділ 5.** Електровимірювальні прилади.

Конструкція та принцип дії індукційних лічильників енергії. Похибки індукційного лічильника енергії. Підключення індукційного лічильника енергії – в однофазне коло, у трифазне коло, окремо, через вимірювальні трансформатори напруги (ВТН) та вимірювальні трансформатори струму (ВТС). Електронно-променевий осцилограф – будова та принцип дії. Вимірювання кута зсуву фаз між сигналами методом фігур Ліссажу (методом еліпса). Вимірювання частоти сигналів методом фігур Ліссажу. Цифрові електровимірювальні прилади – визначення, загальна структура, дискретизація та квантування.

**Розділ 6.** Вимірювання параметрів електричних кіл.

Мостові вимірювальні схеми – загальна будова та принцип дії. Методи одного ватметра для вимірювання активної та реактивної потужності у трифазному колі. Методи двох ватметрів для вимірювання активної потужності у трифазному колі. Методи двох ватметрів для вимірювання виключно реактивної потужності у трифазному колі. Методи трьох ватметрів для вимірювання активної та реактивної потужності у трифазному колі.

# ОСНОВИ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ ЕНЕРГОСИСТЕМ

## **Розділ 1. Загальні відомості про релейний захист. Структура, завдання та зміст курсу**

Місце релейного захисту в загальній системі керування виробництвом та розподілом електричної енергії. Призначення релейного захисту. Основні вимоги до РЗ. Види пошкоджень та ненормальних режимів електричних систем.

## **Розділ 2. Структура систем релейного захисту**

Загальна структура релейного захисту. Інформація, яка використовується в системах релейного захисту. Датчики інформації в системах релейного захисту. Вимірювальні трансформатори струму, їх параметри. Схеми з'єднання трансформаторів струму в трьохфазних системах змінного струму, особливості їх роботи, коефіцієнт схеми. Вимірювальні трансформатори напруги, їх параметри, схеми з'єднання. Фільтри симетричних складових.

## **Розділ 3. Захисти ліній електропередач**

Типи схем РЗА: структурні, функціональні, принципові сумісні та принципові рознесені схеми. Максимальний захист за струмом (МЗС). Принцип дії, розрахунок параметрів спрацювання, побудова карти селективності. Схеми реалізації, переваги та недоліки, область використання. Відсічка за струмом, принцип дії, відмінності від МЗС, призначення. Схеми реалізації, переваги та недоліки, область використання.

Направлені максимальні захисти за струмом (МНЗС). Принципи дії, забезпечення селективності. Характеристики реле направлення потужності. Схеми реалізації, переваги та недоліки, область використання.

Захисти за струмом мереж (ліній) від замикання на землю в мережах з заземленою та ізольованою нейтраллями. Схеми реалізації, переваги та недоліки, область використання.

Дистанційні захисти. Принцип дії. Розрахунок параметрів спрацювання, побудова карти селективності. Схеми реалізації, переваги та недоліки, область використання.

Диференційні захисти. Принцип дії. Повздовжні та поперечні диференційні захисти за струмом. Схеми реалізації, переваги та недоліки, область використання.

## **Розділ 4. Релейний захист силових трансформаторів і автотрансформаторів**

Види пошкоджень і ненормальних режимів роботи силових трансформаторів і автотрансформаторів. Особливості захисту силових трансформаторів. Відсічка за струмом для захисту силових трансформаторів. Принцип дії. Схеми реалізації, переваги та недоліки, область використання. Газовий захист. Принцип дії. Переваги та недоліки, область використання.

Повздовжний диференційний захист для захисту силових трансформаторів. Схеми реалізації, переваги та недоліки, область використання. Стрибок струму намагнічування і його вплив на роботу диференційного захисту і відсічки. Захист силового трансформатору від замикання на землю та зовнішніх замикань.

## **Розділ 5. Релейний захист синхронних генераторів і блоків генератор-трансформатор**

Види пошкоджень і ненормальні режими роботи синхронних генераторів (СГ). Основні захисти СГ: повздовжний диференційний, поперечний диференційний, захист від замикання обмотки статора на землю. Резервні захисти.

## **Розділ 6. Релейний захист електродвигунів**

Пошкодження і ненормальні режими роботи електродвигунів. Особливості захисту синхронних електродвигунів. Особливості захисту асинхронних електродвигунів.

## ОСНОВНІ ПИТАННЯ

### ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ

1. Визначення основних понять теорії електричних кіл: електричного струму, напруги, потенціалу, енергії, потужності.
2. Пасивні і активні елементи електричного кола і їх параметри.
3. Закони Кірхгофа для напруг і струмів.
4. Залежність між струмами і напругами гілок електричного кола (закон Ома).
5. Метод контурних струмів.
6. Метод вузлових потенціалів.
7. Принцип накладання (суперпозиції).
8. Еквівалентні перетворення в електричних колах.
9. Потужність у колі синусоїдного струму. Коефіцієнт потужності.
10. Потужність у комплексній формі. Баланс комплексних потужностей.
11. Параметри індуктивно-зв'язаних елементів. Коефіцієнт магнітного зв'язку. Однйменні полюси індуктивно-зв'язаних елементів.
12. Резонансний стан електричного кола. Загальна умова резонансу.
13. Резонанс напруг.
14. Резонанс струмів.
15. Симетричні трифазні системи ЕРС прямої, зворотної і нульової послідовності.
16. Потужність трифазного кола і її вимірювання.
17. Початкові умови і закони комутації.
18. Перехідний, усталений і вільний процеси.
19. Класичний метод розрахунку перехідних процесів.
20. Перехідні процеси в колах  $R, L$  і  $R, C$ .

### ОСНОВИ МЕТРОЛОГІЇ ТА ЕЛЕКТРИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

1. Метрологія і її завдання, система одиниць СІ, види вимірювань, класифікація засобів вимірювальної техніки.
2. Нормування класу точності засобів вимірювання (ЗВ). Знаходження похибки прямих одноразових вимірювань.
3. Знаходження результату прямих багаторазових вимірюваннях.
4. Знаходження результату опосередкованих одноразових вимірювань.
5. Повірка засобів вимірювання (ЗВ).
6. Аналогові засоби вимірювання (ЗВ)– загальна структура, моменти, що діють у вимірювальному механізмі, рівняння перетворення.
7. Конструкція та принцип дії індукційних лічильників енергії.
8. Похибки індукційного лічильника енергії.
9. Підключення індукційного лічильника енергії – в однофазне коло, у трифазне коло, окремо, через вимірювальні трансформатори напруги (ВТН) та вимірювальні трансформатори струму (ВТС).
10. Електронно-променевий осцилограф – будова та принцип дії.
11. Вимірювання кута зсуву фаз між сигналами методом фігур Ліссажу (методом еліпса).
12. Вимірювання частоти сигналів методом фігур Ліссажу.
13. Цифрові електровимірювальні прилади – визначення, загальна структура, дискретизація та квантування.
14. Мостові вимірювальні схеми – загальна будова та принцип дії.
15. Методи одного ватметра для вимірювання активної та реактивної потужності у трифазному колі.
16. Методи двох ватметрів для вимірювання активної потужності у трифазному колі.
17. Методи двох ватметрів для вимірювання виключно реактивної потужності у трифазному колі.

18. Методи трьох ватметрів для вимірювання активної та реактивної потужності у трифазному колі.
19. Вимірювальні трансформатори напруги – призначення, схеми ввімкнення приладів у однофазне та трифазне коло через трансформатори напруги (ВТН).
20. Вимірювальні трансформатори струму – призначення, схеми ввімкнення приладів у однофазне та трифазне коло через вимірювальні трансформатори струму (ВТС).

## **ОСНОВИ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ ЕНЕРГОСИСТЕМ**

1. Призначення релейного захисту. Вимоги до релейного захисту.
2. Види пошкоджень (причини виникнення, векторні діаграми, наслідки). Види ненормальних режимів роботи електричних мереж (причини виникнення, наслідки).
3. Порівняльний аналіз схем з'єднання трансформаторів струму «повна зірка» та «трикутник» (схеми виконання, переваги, недоліки, область використання)
4. Порівняльний аналіз схем з'єднання трансформаторів струму «неповна зірка» та «трикутник» (схеми виконання, переваги, недоліки, область використання)
5. Порівняльний аналіз схем з'єднання трансформаторів струму «неповна зірка» та «різниця струмів» (схеми виконання, переваги, недоліки, область використання)
6. Порівняльний аналіз схем з'єднання трансформаторів струму «повна зірка» та «неповна зірка» (схеми виконання, переваги, недоліки, область використання)
7. Порівняльний аналіз схем з'єднання трансформаторів струму «різниця струмів» та «трикутник» (схеми виконання, переваги, недоліки, область використання)
8. Порівняльний аналіз схем з'єднання трансформаторів струму «різниця струмів» та «фільтр струмів нульової послідовності» (схеми виконання, переваги, недоліки, область використання)
9. Максимальний захист за струмом з витримкою часу (принцип дії та схеми виконання (суміщена схема) з використанням схеми з'єднання трансформаторів струму «повна зірка», розрахунок струму та часу спрацювання, чутливість, переваги, недоліки, область використання).
10. Відсічка за струмом (принцип дії та схеми виконання (суміщена схема, постійного та змінного струмів) з використанням схеми з'єднання трансформаторів струму «різниця струмів», розрахунок струму спрацювання, чутливість, переваги, недоліки, область використання).
11. Максимальний напрямлений захист за струмом (принцип дії та схеми виконання (суміщена схема) з використанням схеми з'єднання трансформаторів струму «повна зірка» та 90-градусною схемою включення, розрахунок струму та часу спрацювання, чутливість.)
12. Дистанційний принцип релейного захисту (принцип дії та структурна схема виконання 3-ступеневого дистанційного захисту, розрахунок уставок спрацювання, переваги, недоліки, область використання).
13. Повздовжний диференційний захист коротких ліній з одним реле (принцип дії, струморозподіл при КЗ в зоні, струморозподіл при зовнішньому КЗ, струми небалансу та шляхи їх зменшення, розрахунок струму спрацювання, переваги, недоліки, область використання).
14. Види пошкоджень і ненормальних режимів роботи силових трансформаторів. Захисти силових трансформаторів згідно ПУЕ. Газовий захист силового трансформатору (принцип дії, конструкція, переваги, недоліки, область використання).
15. Струми намагнічування силових трансформаторів та способи відбудови від них в релейному захисті. Струмова відсічка для захисту силового трансформатору (принцип дії, схемна реалізація, розрахунок струму спрацювання, чутливість, переваги, недоліки, область використання).
16. Диференційний захист силового трансформатору (принцип дії, струморозподіл при КЗ в зоні, струморозподіл при зовнішньому КЗ, схемна реалізація для 2-обмоточного силового трансформатору зі з'єднанням обмоток «зірка-зірка», схемна реалізація для 2-обмоточного силового трансформатору зі з'єднанням обмоток «зірка-трикутник», переваги, недоліки, область використання).
17. Захист 2-обмоточного силового трансформатору від зовнішніх КЗ, перевантажень та

- замикань на землю (принцип дії, схемна реалізація, розрахунок уставок спрацювання).
18. Види пошкоджень і ненормальних режимів роботи синхронних генераторів. Захисти синхронних генераторів згідно ПУЕ. Повздовжний диференційний захист від міжфазних КЗ в обмотці статора генератора (принцип дії, схема виконання, розрахунок уставок спрацювання, особливості).
  19. Захист генератора від пошкоджень обмотки статора на землю (принцип дії, схема виконання, переваги, недоліки, область використання). Захист генератора від зовнішніх пошкоджень та симетричних перевантажень (принцип дії, схема виконання, розрахунок уставок).
  20. Види пошкоджень і ненормальних режимів роботи електродвигунів. Захисти електродвигунів згідно ПУЕ. Захист від міжфазних КЗ в обмотці статора (принцип дії, схема виконання, розрахунок уставок, чутливість, особливості).

## ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ

### КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ДОДАТКОВОГО 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 95% потрібної інформації) – 32-34 бали;
- «дуже добре», достатньо повна відповідь (не менше 85% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 29-31 бал;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації) з наявними неточностями – 26-28 бал;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 65% потрібної інформації), або незначні помилки – 22-25 бали;
- «достатньо», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 20-21 бали;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (менше 60% потрібної інформації), або містить значні помилки – 0 балів.

*Система оцінювання другого та третього теоретичного питання:*

- «відмінно», повна відповідь (не менше 95% потрібної інформації) – 32-33 бали;
- «дуже добре», достатньо повна відповідь (не менше 85% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 29-31 бал;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації) з наявними неточностями – 25-28 бал;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 65% потрібної інформації), або незначні помилки – 22-24 бали;
- «достатньо», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 20-21 бали;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (менше 60% потрібної інформації), або містить значні помилки – 0 балів.

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

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

## **ПРИКЛАД ТИПОВОГО ЗАВДАННЯ ДОДАТКОВОГО ФАХОВОГО ВИПРОБУВАННЯ**

1. Визначення основних понять теорії електричних кіл: електричного струму, напруги, потенціалу, енергії, потужності.
2. Конструкція та принцип дії індукційних лічильників енергії.
3. Максимальний захист за струмом з витримкою часу (принцип дії та схеми виконання (суміщена схема) з використанням схеми з'єднання трансформаторів струму «повна зірка», розрахунок струму та часу спрацювання, чутливість, переваги, недоліки, область використання).

### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

#### **ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ**

1. Основы теории цепей: Учебник для вузов (Г.И. Зевеке, П.А. Ионкин, А.В. Нетушил, С.В. Страхов.) – 5-е издание., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
2. Зевеке Г.В., Ионкин П.А. і ін. “Основы теории кіл”. – М.: Енергія, 1989. – 528 с. – Рос.
3. “ Теоретичні основи електротехніки. Т.1” Під редакцією І.М. Чиженка, В.С. Бойка.– К.:”Політехніка”, 2004.

#### **ОСНОВИ МЕТРОЛОГІЇ ТА ЕЛЕКТРИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ**

1. Основы метрологии и электрические измерения / Под ред. Е.М. Душина.- Л.: Энергоатомиздат, 1987. – 480 с.
2. Измерение электрических и неэлектрических величин / Под ред. Н.И. Евтихеева. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 352 с.
3. Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. – Л.: Энергоатомиздат, 1991.
4. Электрические измерения / Под ред. В.Н. Малиновского. – М: Энергоатомиздат, 1985. – 450 с.
5. Тартаковский Д.Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений. – М.: Высш. шк., 2002. – 205 с.

#### **ОСНОВИ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ ЕНЕРГОСИСТЕМ**

1. Федосеев А.М. Релейная защита электрических систем. – М. Энергия. 1984.
2. Чернобровов Н.В. Релейная защита. – М. Энергоатомиздат. 1971.

Розробник програми:

к.т.н., ст. викл. Лавренова Д.Л.