



# Релейний захист та автоматизація енергосистем

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістр ОНП)</i>
Галузь знань	<i>14 «Електрична інженерія»</i>
Спеціальність	<i>141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»</i>
Освітня програма	<i>Електроенергетика та електромеханіка</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова, ПВЗ</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>150 годин / 5 кредити ECTS/54 годин лекцій/36 годин лабораторних/ 60 годин СРС</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік / Лаб / МКР</i>
Розклад занять	<i><a href="http://rozklad.kpi.ua/">http://rozklad.kpi.ua/</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: доцент Дмитренко Олександр Олексійович Лабораторний практикум: доцент Дмитренко Олександр Олексійович, ас. Заколюдажний Володимир Васильович, 0505959933</i>
Розміщення курсу	<i><a href="https://do.ipu.kpi.ua/course/view.php?id=3869">https://do.ipu.kpi.ua/course/view.php?id=3869</a></i>

### Програма навчальної дисципліни

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

Програма навчальної дисципліни «Релейний захист та автоматизація енергосистем» складена відповідно до освітньо-наукової програми підготовки магістрів з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньо-наукова програма "Електроенергетика та електромеханіка".

**Метою навчальної дисципліни** є підсилення у студентів наступних компетентностей:

*ЗК05. Здатність приймати обґрунтовані рішення.*

*ЗК07. Здатність виявляти та оцінювати ризики*

*ЗК08. Здатність працювати автономно та в команді.*

*ФК4. Здатність розробляти та впроваджувати заходи з підвищення надійності, ефективності та безпеки при проектуванні та експлуатації обладнання та об'єктів електроенергетики, електротехніки та електромеханіки*

*ФК11. Здатність оцінювати показники надійності та ефективності функціонування електроенергетичних, електротехнічних та електро-механічних об'єктів та систем*

*ФК16. Здатність до моделювання, розрахунку та аналізу параметрів перехідних електромеханічних процесів в електроенергетичних системах*

**Предмет навчальної дисципліни** – принципи побудови та алгоритми функціонування пристроїв автоматики відновлення живлення та протиаварійної автоматики енергосистем, а саме: пристроїв автоматичного повторного ввімкнення, автоматичного ввімкнення резервного живлення, автоматичного увімкнення генераторів в мережу, автоматичного

частотного розвантаження, автоматичної ліквідації асинхронного режиму, автоматичного регулювання напруги.

**Програмні результати навчання, на покращення яких спрямована дисципліна:**

ПРН02. Відтворювати процеси в електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах при їх комп'ютерному моделюванні.

ПРН03. Опанувати нові версії або нове програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електро-механічних системах.

ПРН04. Окреслювати план заходів з підвищення надійності, безпеки експлуатації та продовження ресурсу електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання і відповідних комплексів і систем.

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

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти: теоретичною базою дисциплін електроенергетичного напрямку. Компетенції, знання та уміння, одержані в процесі вивчення дисципліни є необхідними для подальшого якісного виконання досліджень за темою магістерської дисертації.

**3. Зміст навчальної дисципліни**

Дисципліну структурно розподілено на **3 розділи**, а саме:

**1.** Автоматичне управління елементами електричних систем, в якому розглядаються: загальні відомості про автоматизацію управління в електроенергетиці, нормативні вимоги, алгоритми побудови та принципи функціонування пристроїв автоматичного повторного ввімкнення обладнання, автоматичного ввімкнення резервного живлення, автоматичного ввімкнення на паралельну роботу генераторів.

**2.** Протиаварійна автоматика, в якому розглядаються: алгоритми побудови та принципи функціонування пристроїв автоматичного частотного розвантаження та частотного ввімкнення споживачів, автоматики ліквідації асинхронного режиму, автоматики запобігання порушень стійкості передачі, обмеження напруги, частоти.

**3.** Автоматичне регулювання режимом енергетичної системи, в якому розглядаються: алгоритми побудови та принципи функціонування пристроїв автоматичного регулювання збудження синхронних машин, автоматичного регулювання частоти і активної потужності, автоматичного регулювання напруги і реактивної потужності.

**4. Навчальні матеріали та ресурси**

Основні інформаційні ресурси:

1. Автоматика протиаварійного управління електроенергетичних систем: Підручник для студентів зі спеціальності електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / Є.І.Сокол, Г.А. Сендерович, О.Г. Гриб та ін.-Харків: ФОП Бровін О.В., 2020.- 216 с.

2. Системна автоматика. Електромеханічні та мікроелектронні пристрої системної автоматики. Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : Навчальний посібник призначено для здобувачів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. : О. О. Дмитренко, В. В. Заколюдажний, В. М. Хлистов. – Електронні текстові дані (1 файл: 5,5 Мбайт). - Київ :КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 47 с. - Назва з екрана. Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 6 від 24.06.2022 р.) за поданням Вченої ради факультету електроенерготехніки та автоматики (протокол 9 від 17.05.2022 р.). <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48959>

3. Системна автоматика. Розрахунок параметрів пристроїв АПВ, АВР. Збірник задач і вправ [Електронний ресурс] : Навчальний посібник призначено для здобувачів спеціальності 141

«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім.Ігоря Сікорського ; уклад. : О. О. Дмитренко. – Електронні текстові данні (1 файл: 1.1 МБ). –Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 21 с. – Назва з екрана. Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 6 від 24.06.2022 р.) за поданням Вченої ради Факультету електроенерготехніки та автоматики (протокол 9 від 17.05.2022 р.). <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48956>

#### Додаткова література

4. Правила улаштування електроустановок : 2017. – Офіц. вид. – К. :Форт : Мінпаливенерго України. 2017.

### 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)
	<b>Розділ 1. Автоматичне управління елементами електричних систем.</b>
1	<b>Тема 1.1.</b> Вступ. Побудова системи управління виробництвом та розподілом електричної енергії. Класифікація пристроїв системної автоматики. Призначення АПВ. Вимоги до пристроїв АПВ. Способи пуску АПВ. Класифікація пристроїв АПВ. Схема однократного АПВ лінії з оливним вимикачем. (4 години) Літературні джерела: [1, 2,3]
2.	<b>Тема 1.2.</b> Узгодження дії пристроїв АПВ та релейного захисту. Прискорення дії захисту до АПВ, принцип дії, схемне виконання, переваги та недоліки. Прискорення дії захисту після АПВ, принцип дії, схемне виконання, переваги та недоліки. АПВ з наростаючою кратністю, принцип дії, переваги та недоліки. Схема двократного АПВ. (4 години) Літературні джерела: [1, 2,3]
3.	<b>Тема 1.3.</b> Трифазне АПВ мережі електропередачі з одностороннім живленням. Принципи виконання трифазного АПВ на логічних елементах. Розрахунок параметрів трифазного АПВ мережі електропередачі з одностороннім живленням. Блок-схема алгоритму мікропроцесорного двократного АПВ. (2 години) Літературні джерела: [1, 2]
4.	<b>Тема 1.4.</b> Пристрої АПВ електропередачі з двостороннім живленням, принципи виконання, вибір параметрів. Несинхронне АПВ, принципи виконання, вибір параметрів. Швидкодіюче АПВ, принципи виконання, вибір параметрів. АПВ з очікуванням синхронізму, принципи виконання, схема, вибір параметрів. Однофазне АПВ (ОАПВ), переваги, недоліки, область застосування, вибір параметрів. (4 години) Літературні джерела: [1, 2]
5.	<b>Тема 1.5.</b> Автоматичне ввімкнення резервного живлення (АВР). Загальні відомості, схеми з одно- й двостороннім живленням, переваги та недоліки. Вимоги до виконання пристроїв АВР. Класифікація пристроїв АВР. Схеми АВР силових трансформаторів двотрансформаторної підстанції. (2 години) Літературні джерела: [1, 2,3]
6.	<b>Тема 1.6.</b> Автоматичне ввімкнення резервного живлення (АВР). Схеми з одно- й двостороннім живленням, переваги та недоліки. Вимоги до виконання схем АВР. Схема АВР силових трансформаторів власних потреб електричних станцій. (2 години) Літературні джерела: [1, 2, 3]

7.	<p><b>Тема 1.7.</b> Принцип виконання пристроїв АВР на постійному оперативному струмі. Принцип виконання пристроїв АВР на змінному оперативному струмі. Вибір параметрів пристроїв АВР. Мережеве резервування. Особливості АВР підстанцій з синхронним навантаженням. (2 години)</p> <p>Літературні джерела: [1, 2]</p>
8.	<p><b>Тема 1.8.</b> Автоматизація ввімкнення на паралельну роботу синхронних машин. Самосинхронізація і точна синхронізація, переваги та недоліки. Моменти, що діють на ротор синхронного генератора в разі вмикання його на паралельну роботу. Процес пуску і вмикання на паралельну роботу генераторів Принцип побудови пристроїв точної автоматичної синхронізації, структурна схема. Синхронізатор з постійним кутом випередження, принцип дії, схемна реалізація. Мікропроцесорний пристрій контролю синхронізму. (4 години)</p> <p>Літературні джерела: [1, 2]</p>
9.	<p><b>Тема 1.9.</b> Самосинхронізація, умови застосування. Пристрій автоматичної самосинхронізації генератора, принцип дії, схемна реалізація. Індукційне реле різниці частот. (2 години)</p> <p>Літературні джерела: [1, 2]</p>
<p><b>Розділ 2. Протиаварійна автоматика.</b></p>	
10.	<p><b>Тема 2.1.</b> Призначення і види протиаварійної автоматики. Вимоги до систем протиаварійної автоматики. Нормативні матеріали. Автоматичне частотне розвантаження (АЧР). Загальні відомості, характеристики навантаження, коефіцієнт регулюючого ефекту, баланс та резерв потужності. Наслідки аварійного зниження частоти в енергосистемі. Заходи відновлення частоти в енергосистемах. (4 години)</p> <p>Літературні джерела: [1, 2,7]</p>
11.	<p><b>Тема 2.2.</b> Призначення, результат дії, вимоги до систем АЧР. Принципи виконання АЧР. Розрахунок параметрів спрацювання АЧР I і АЧР II. Навантаження енергосистеми. Розрахунок потужності розвантаження для АЧР. Напівпровідникове реле зниження частоти (2 години)</p> <p>Літературні джерела: [1, 2]</p>
12.	<p><b>Тема 2.3.</b> Причини і робота АЧР при короткочасних зниженнях частоти. Автоматичне вмикання споживачів після відновлення частоти (ЧАПВ). Схема АЧР з ЧАПВ. (2 години)</p> <p>Літературні джерела: [1, 2]</p>
13.	<p><b>Тема 2.4.</b> Автоматика запобігання порушень стійкості передачі (АЗПС), обмеження напруги (АОН), частоти (АОЧ). Принципи дії і способи виконання пристроїв протиаварійної автоматики. (2 години)</p> <p>Літературні джерела: [1, 2]</p>
14.	<p><b>Тема 2.5.</b> Автоматика ліквідації асинхронного режиму (АЛАР). Признаки асинхронного режиму та способи його ліквідації. Принципи виконання, структурна схема, виявний орган. (4 години)</p> <p>Літературні джерела: [1, 2]</p>
<p><b>Розділ 3. Автоматичне регулювання режимом енергосистеми.</b></p>	
15.	<p><b>Тема 3.1.</b> Автоматичне регулювання збудження синхронних машин (АРЗ). Призначення та основні функції. Основні типи систем збудження і способи регулювання. Пристрої АРЗ. Автоматичне форсування збудження генератора, принцип дії, схемне виконання. Електромагнітний коректор напруги (4 години)</p> <p>Літературні джерела: [1, 2]</p>

16.	<b>Тема 3.2.</b> Автоматичне регулювання частоти і активної потужності. Вимоги до регулювання частоти і активної потужності. Умови найбільш вигідного розподілу активних навантажень. Методи регулювання частоти і активної потужності. Регулятори частоти обертання турбін. Первинні групові регулятори частоти і активної потужності. Вимірювальні органи частоти і активної потужності вторинних регуляторів. (4 години) Літературні джерела: [1, 2]
17.	<b>Тема 3.3.</b> Автоматичне регулювання напруги і реактивної потужності. Призначення і способи регулювання. Автоматичне регулювання коефіцієнтів трансформації силових трансформаторів (АРНТ). Автоматичне регулювання реактивної потужності БСК (4 години) Літературні джерела: [1, 2]
18.	МКР (2 години)

#### Лабораторні заняття

№ з/п	Назва лабораторної роботи	Кількість ауд. годин
1	Дослідження індукційних вимірювальних органів пристрою автоматичного частотного розвантаження. Літературні джерела: [1,4]	4
2	Дослідження системи напівавтоматичної самосинхронізації генераторів. Літературні джерела: [1,4]	4
3	Дослідження пристроїв автоматичного повторного вмикання в енергосистемах (2 год.). Літературні джерела: [1,4]	4
4	Лабораторна робота №4 Дослідження синхронізатора точної синхронізації зі сталим кутом випередження. Літературні джерела: [1,4]	8
5	Дослідження схеми автоматичного вмикання резерву двотрансформаторної підстанції. Літературні джерела: [1,4]	4
6	Дослідження електромагнітного коректора напруги генератора Літературні джерела: [1,4]	4
7	Дослідження автоматичного вимикача конденсаторів типу ВАКО (2 год.). Літературні джерела: [1,4]	4
8	Дослідження електронного вимірювального органу пристрою автоматичного частотного розвантаження. Літературні джерела: [1,4]	4
	<b>ЗАГАЛОМ</b>	<b>36</b>

#### 6. Самостійна робота здобувача

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять	10
2	Підготовка до лабораторних занять	18
3	Підготовка до МКР	2
4	Підготовка до заліку	6

5	Самостійне опрацювання літератури	24
	Загалом	60

### **Модульна контрольна робота**

- Метою модульної контрольної роботи є закріплення та перевірка теоретичних знань із освітнього компоненту, набуття студентами практичних навичок самостійного аналізу та розуміння принципів роботи схем та пристроїв автоматичного повторного ввімкнення устаткування, автоматичного ввімкнення резервного живлення, автоматичного частотного розвантаження.
- Модульна контрольна робота (МКР) виконується після вивчення розділів 1- 3 на останньому лекційному занятті. Кожний студент отримує індивідуальне завдання, відповідно до якого необхідно розв'язати 3 (три) задачі.

## **Політика та контроль**

### **7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- 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 заходи (МКР);
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних 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 призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали. Заохочувальні бали нараховують за участь у факультетських та інститутських олімпіадах та наукових конференціях (вони можуть компенсувати зменшення балів за МКР).
- Якщо студент не з'явиться на МКР, його результат оцінюється у 0 балів і йому надається можливість написати МКР в інший час (за погодженням). Перескладання результатів МКР не передбачено;
- 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 цієї дисципліни.
- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц.мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

### **7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

Система вимог, які викладач ставить перед здобувачем:

- 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 PCO даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях.

- правила поведінки на заняттях: здобувач має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях, передбачені PCO 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;

- політика дедлайнів та перескладань: якщо здобувач не проходив або не з'явиться на МКР (без поважної причини), його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання результатів МКР не передбачено;

- 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 соцмережах 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)

**Поточний контроль:** МКР, виконання та захист лабораторних робіт.

**Календарний контроль:** провадиться два рази в семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Умовою позитивного першого та другого календарного контролів є отримання не менше 50 % максимально можливого на момент відповідного календарного контролю рейтингу.

**Семестровий контроль:** залік

**Умови допуску до семестрового контролю:** виконані та захищені всі лабораторні роботи, семестровий рейтинг більше 40 балів.

Загальна рейтингова оцінка студента після завершення семестру складається з балів, отриманих за:

- виконання та захист лабораторних робіт;
- виконання модульної контрольної роботи (МКР).

Виконання та захист лабораторних робіт	МКР	R
40	60	100

Якщо наприкінці семестру після проходження всіх контрольних заходів з дисципліни студент отримав не менше ніж 60 рейтингових балів, а також виконав умови допуску до семестрового контролю, він отримує позитивну оцінку відповідно набраних протягом семестру рейтингових балів.

У разі, якщо сума рейтингових балів менше ніж 60, але виконані умови допуску до семестрової контролю з дисципліни, студент виконує залікову контрольну роботу. Також за бажанням, студент має право на участь у заліковій контрольній роботі з метою підвищення попередньої оцінки

### **Виконання та захист лабораторних робіт**

Для допуску до поточної лабораторної роботи кожному студенту необхідно мати протокол, оформлений відповідно до норм оформлення технічної документації, який має містити всі необхідні пункти, відповідно до навчального посібника з лабораторного практикуму [4].

Лабораторні роботи виконуються побригадно, розрахунок та аналіз отриманих результатів проводяться індивідуально.

Ваговий бал – 5,0.

Максимальна кількість балів на всіх лабораторних заняттях – 5.0 бали \* 8 = 40 балів.

#### Критерії оцінювання

- лабораторна робота не виконана або протокол не представлений – повертається на відпрацювання або доопрацювання - 0 балів.
- виконання лабораторної роботи, самостійне виконання обчислень, оформлення протоколу досліджень, відповідь на питання до захисту надана повністю помилково – 3,0 балів;
- виконання лабораторної роботи, самостійне виконання обчислень, оформлення протоколу досліджень, відповідь на питання до захисту надана з суттєвими помилками – 3,1 - 3,4 балів;
- виконання лабораторної роботи, самостійне виконання обчислень, оформлення протоколу досліджень, відповідь на питання до захисту надана з несуттєвими помилками – 3,5 - 3,9 балів;
- виконання лабораторної роботи, самостійне виконання обчислень, оформлення протоколу досліджень, відповідь на питання до захисту має ряд неточностей – 4,0 - 4,4 балів;
- виконання лабораторної роботи, самостійне виконання обчислень, оформлення протоколу досліджень, відповідь на питання до захисту має одну неточність – 4,5 - 4,9 балів;
- виконання лабораторної роботи, самостійне виконання обчислень, оформлення протоколу досліджень, повна відповідь на питання за темою лабораторної роботи – 5 балів.

#### Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота складається з трьох практичних задач.

Ваговий бал задач №№ 1, 2, 3 – 20.

Максимальний бал за МКР – 60.

#### Критерії оцінювання

- правильне розв'язання задачі – 100% від кількості балів за задачу;
- часткове розв'язання задачі, наявність незначних помилок – 60-95% від кількості балів за задачу;
- часткове розв'язання задачі, наявність значних помилок – 10-55% від кількості балів за задачу;
- відсутність відповіді – 0 балів.

#### Форма семестрового контролю – залік

Залікова робота складається з двох теоретичних запитань та двох практичних завдань (задач).

#### Критерії оцінювання залікової роботи

Ваговий бал кожної задачі – 30.

Ваговий бал кожного теоретичного питання – 20.

Максимальний бал за залікову роботу – 100.

#### Критерії оцінювання задачі

- правильне розв'язання задачі – 100% від кількості балів за задачу;
- часткове розв'язання задачі, наявність незначних помилок – 60-95% від кількості балів за задачу;
- часткове розв'язання задачі, наявність значних помилок – 10-55% від кількості балів за задачу;
- відсутність відповіді – 0 балів.

#### Критерії оцінювання теоретичного питання

- студент дав вичерпну відповідь на питання, дає чіткі визначення всіх понять і величин, відповіді логічні і послідовні – 18-20 балів;
- майже вичерпна відповідь, наявність незначних неточностей – 15-17 балів;
- часткова відповідь, показує знання, але недостатньо розуміє суть процесів, наявність незначних неточностей – 12-14 балів;
- часткова відповідь, недостатнє розуміння суті процесів, наявність значних помилок – 1-11 балів;
- відсутність відповіді – 0 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:



<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
<i>100-95</i>	<i>Відмінно</i>
<i>94-85</i>	<i>Дуже добре</i>
<i>84-75</i>	<i>Добре</i>
<i>74-65</i>	<i>Задовільно</i>
<i>64-60</i>	<i>Достатньо</i>
<i>Менше 60</i>	<i>Незадовільно</i>
<i>Не виконані умови допуску</i>	<i>Не допущено</i>

#### **9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)**

*Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у Наказі № НОН/157/2023 від 09.05.2023 р. Положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті /*

*На час дії правового режиму воєнного стану діють особливості визнання результатів навчання ([https://document.kpi.ua/2022\\_НОН-164](https://document.kpi.ua/2022_НОН-164)).*

#### **Робочу програму навчальної дисципліни (силабус)**

*складено доцентом кафедри автоматизації енергосистем Дмитренко О.О.*

*Ухвалено кафедрою автоматизації енергосистем ФЕА (протокол № 8 від 20.06.2023р.)*

*Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 22.06.2023 р.)*

**Індивідуальні завдання на модульну контрольну роботу****Завдання №1.**

## 1.1 Схема АПВ з МВ.

Вихідний стан: вимикач В – вимкнений.

Вказати послідовність спрацювання елементів схеми, якщо відбулись наступні події : увімкнення вимикача вручну → робота лінії  $\Delta t=1\text{хв.}$  → нестійке к.з. ?

АПВ успішне, неуспішне ? Призначення реле KL1 ?

## 1.2 Схема АПВ з МВ.

Вихідний стан: вимикач В – вимкнений.

Вказати послідовність спрацювання елементів схеми, якщо відбулись наступні події : увімкнення вимикача вручну → робота лінії  $\Delta t=30\text{ хв.}$  → стійке к.з. ?

АПВ успішне, неуспішне ? Як працює блокування від багатократного увімкнення на к.з.?

## 1.3 Схема АПВ з МВ.

Вихідний стан: вимикач В – вимкнений.

Вказати послідовність спрацювання елементів схеми, якщо відбулись наступні події : увімкнення вимикача вручну → робота лінії  $\Delta t= 5\text{ с}$  → стійке к.з. ?

АПВ спрацює чи ні ? Як в схемі реалізована однократність дії АПВ?

Вказати елементи ланцюга автоматичного увімкнення, ланцюга невідповідності ?

## 1.4 Схема АПВ з МВ.

Вихідний стан: вимикач В – вимкнений.

Вказати послідовність спрацювання елементів схеми, якщо відбулись наступні події : увімкнення вимикача вручну → робота лінії  $\Delta t= 1\text{ год.}$  → нестійке к.з. ?

Призначення реле KQT, KQC ?

Вказати елементи ланцюга ручного вимкнення, увімкнення ?

## 1.5 Схема АПВ з МВ.

Вихідний стан : вимикач В – увімкнений.

Вказати послідовність спрацювання елементів схеми, якщо відбулись наступні події : робота лінії  $\Delta t= 1\text{ год}$  → стійке к.з. ?

АПВ успішне, неуспішне ? Пояснити, чому при вимкненні В персоналом АПВ діє, не діє ?

Вказати елементи ланцюга запуску АПВ ?

## 1.6 Схема АПВ з МВ.

Вихідний стан : вимикач В – увімкнений.

Вказати послідовність спрацювання елементів схеми, якщо сигнал на вимкнення поданий : а) персоналом; б) захистом . Вказати елементи ланцюга невідповідності ?

## 1.7 Схема АПВ телемеханізованої підстанції.

Вихідний стан: вимикач В – вимкнений.

Вказати послідовність спрацювання елементів схеми, якщо відбулись наступні події : увімкнення вимикача вручну → робота лінії  $\Delta t=1\text{ год.}$  → нестійке к.з. ?

АПВ успішне, неуспішне ? Призначення реле KQ? Як фіксуються команди управління?

## 1.8 Схема АПВ телемеханізованої підстанції.

Вихідний стан: вимикач В – вимкнений.

Вказати послідовність спрацювання елементів схеми, якщо відбулись наступні події : увімкнення вимикача вручну → робота лінії  $\Delta t=30\text{ хв.}$  → стійке к.з. ?

АПВ успішне, неуспішне ? Призначення реле KBS? Як в схемі блокується багатократне увімкнення на к.з.? Назвати дві причини багатократного увімкнення на к.з.?

1.9 Схема АПВ телемеханізованої підстанції.

Вихідний стан: вимикач В – увімкнений.

Вказати послідовність спрацювання елементів схеми, якщо сигнал на вимкнення вимикача поданий : а) ключом управління; б) каналом телеуправління; в) захистом ?  
Чому при ТУ не запускається, запускається АПВ ?

1.10 Схема АПВ телемеханізованої підстанції.

Вихідний стан: вимикач В – увімкнений.

Вказати послідовність спрацювання елементів схеми, якщо :

а) виникло нестійке к.з. ; б) поданий сигнал на вимкнення В командою телеуправління.

Спрацює, не спрацює АПВ ? Чому ?

1.11 Схема АПВ з повітряним вимикачем.

Вихідний стан: вимикач В – вимкнений.

Вказати послідовність спрацювання елементів схеми, якщо відбулись наступні події : увімкнення вимикача вручну → робота лінії  $\Delta t=1$  год. → нестійке к.з. ?

АПВ успішне, неуспішне ? Чи контролюється в схемі тиск повітря вимикача ?

Призначення реле КН ?

1.12 Схема АПВ з повітряним вимикачем.

Вихідний стан: вимикач В – вимкнений.

Вказати послідовність спрацювання елементів схеми, якщо відбулись наступні події : увімкнення вимикача вручну → робота лінії  $\Delta t=1$  год. → стійке к.з. ?

АПВ успішне, неуспішне ?

Призначення реле KBS ?

1.13 Схема прискорення захисту після АПВ.

Вказати послідовність спрацювання елементів схеми при стійкому к.з. на лінії ?

Призначення КН1, КН2 ? Де увімкнена котушка реле КЛ2 ? Назвати елементи ланцюга прискорення ? Пояснити термін «прискорення після АПВ» ?

1.14 Схема прискорення захисту до АПВ.

Вказати послідовність спрацювання елементів схеми при стійкому к.з. на лінії ?

Призначення КН1, КН2 ? Назвати елементи ланцюга прискорення ?

Пояснити термін «прискорення до АПВ» ?

1.15 Схема двократного АПВ.

Вихідний стан: вимикач В – вимкнений.

Вказати послідовність спрацювання елементів схеми, якщо відбулись наступні події : увімкнення вимикача вручну → тривала робота лінії → стійке к.з. → запуск 2-х циклів АПВ ?

АПВ успішне, неуспішне ? Призначення реле КQT, КQC, КН 1,2,3 ?

1.16 Схема двократного АПВ.

Вихідний стан: вимикач В – вимкнений.

Вказати послідовність спрацювання елементів схеми, якщо відбулись наступні події : увімкнення вимикача вручну → тривала робота лінії → нестійке к.з. (к.з. зникає після 1-го циклу АПВ) → запуск АПВ ?

АПВ успішне, неуспішне ? Вказати елементи ланцюга запуску АПВ ?

Призначення реле КСС, КСТ? Які спрацюють вказівні реле ?

1.17 Схема двократного АПВ.

Вихідний стан: вимикач В – вимкнений.

Вказати послідовність спрацювання елементів схеми, якщо відбулись наступні події : увімкнення вимикача вручну → тривала робота лінії → нестійке к.з. (к.з. зникає після 2-го циклу АПВ) → запуск 2-х циклів АПВ ?

АПВ успішне, неуспішне ? Вказати елементи ланцюга запуску АПВ ?

Які спрацюють вказівні реле ? Що зміниться в роботі схеми, якщо к.з. виникає через 3 сек. після увімкнення В ?

1.18 Схема АПВ з очікуванням синхронізму.

Вихідний стан : вимикач В – вимкнений (сторона з контролем відсутності напруги).

Вказати послідовність спрацювання елементів схеми, якщо відбулись наступні події : увімкнення вимикача вручну, тривала робота лінії, вимкнення вимикача захистом з причини нестійкого к.з. ?

Призначення реле КQ, КСС, КСТ ?

1.19 Схема АПВ з очікуванням синхронізму.

Вихідний стан : вимикач В – увімкнений (сторона з контролем синхронізму).

Вказати послідовність спрацювання елементів схеми, якщо відбулись наступні події : вимкнення вимикача захистом з причини нестійкого к.з. на лінії з двостороннім живленням? В якому випадку АПВ буде успішним ( $t_{\delta} \geq t_{АПВ}$ ,  $t_{\delta} < t_{АПВ}$ ) ? Чому ?

Призначення реле КQ, КСС, КСТ ?

1.20 Схема АПВ з очікуванням синхронізму.

Вихідний стан : вимикач В – увімкнений (сторона з контролем відсутності напруги).

Вказати послідовність спрацювання елементів схеми у випадках вимкнення вимикача захистом з причин стійкого та нестійкого к.з. ?

Призначення реле КBS ?

1.21 Схема АПВ з очікуванням синхронізму.

Вихідний стан : вимикачі В1, В2 – увімкнені

Вказати послідовність спрацювання елементів схеми у випадку вимкнення лінії захистом з причини нестійкого к.з. для двох сторін : з контролем відсутності напруги, з контролем синхронізму ? Призначення реле КQТ, КQС ?

1.22 Схема АПВ з очікуванням синхронізму.

Вихідний стан : вимикачі В1, В2 – увімкнені

Вказати послідовність спрацювання елементів схеми у випадку вимкнення лінії захистом з причини нестійкого к.з. для двох сторін : з контролем відсутності напруги, з контролем синхронізму ? Призначення SX2, С ?

Визначити напругу спрацювання реле контролю синхронізму (KSS), якщо кут  $\beta_{СП} = 40^\circ$ , номінальна вторинна напруга ТН  $U_{2НОМ} = 100$  В.

1.23 Функціональна схема та часова діаграма АПВ цифрового захисту.

Вказати послідовність проходження сигналів при запуску та спрацюванні блоків АПВ (1-й, 2-й цикли АПВ) у випадку нестійкого та стійкого к.з. на лінії ?

Призначення  $T_{бл.1}$  - ? Як в схемі блокується АПВ при увімкненні вимикача на к.з. ?

1.24 Схема РЗ трансформатора.

Які захисти та реле спрацюють в кожному з наступних подій :

- міжфазне к.з. в трансформаторі;
- міжфазне к.з. на шинах НН підстанції;
- самозапуск в.в. двигунів;
- перевантаження трансформатора.

1.25 Схема РЗ трансформатора.

Призначення реле : КAW1, КAW2; КА1, КА2, КА3; KV1, KVZ1 ?

У якого реле часу КТ1, КТ3 витримка часу  $t_1$ ,  $t_3$  більше ?

Яку інформацію сповіщає факт спрацювання реле КН1, КН2, КН4 ?

Вказати міжнародні коди дифзахисту трансформатора, мсз з пуском за напругою ?

## Завдання №2.

### 2.1 Схема АВР двотрансформаторної підстанції.

Навести послідовність спрацювання елементів схеми при вимкненні вимикача Q1?  
Чи буде введений в дію резервний трансформатор T2 ?

### 2.2 Схема АВР двотрансформаторної підстанції.

Навести послідовність спрацювання елементів схеми при вимкненні вимикача Q2?  
Чи буде введений в дію резервний трансформатор T2 ?

### 2.3 Схема АВР двотрансформаторної підстанції. Уставка спрацювання реле КТ – 0,8 с .

Вказати послідовність роботи елементів схеми у випадках :

- зникнення напруги на шинах Б ( $U_B=0$ ) на час  $t=1,1$  с та наявність напруги на шинах А ( $U_A=U_{НОМ}$ );
- $U_B=0$  ,  $U_A=U_{НОМ}$  ,  $t=0,5$  с;
- $U_B=0$  ,  $U_A=0$  ,  $t=1,1$  с.

Чи спрацює пусковий орган мінімальної напруги, увімкнеться, вимкнеться робочий, резервний трансформатори?

### 2.4 Схема АВР двотрансформаторної підстанції.

Уставки спрацювання реле: КТ – 1,0 с , КV1, КV2 –  $0,25U_{НОМ}$  , КV3 –  $0,9U_{НОМ}$  .

Вказати послідовність роботи схеми у випадках пониження напруги на шинах на час  $t > 1$ с:

- $U_B=0,1U_{НОМ}$  ,  $U_A=0,95U_{НОМ}$  ;
- $U_B=0,5U_{НОМ}$  ,  $U_A=0,95U_{НОМ}$  ;
- $U_B=0,1U_{НОМ}$  ,  $U_A=0,5U_{НОМ}$

Чи спрацює пусковий орган мінімальної напруги, увімкнеться, вимкнеться робочий, резервний трансформатори? До чого призведе зміна часу -  $t=0,5$ с ?

### 2.5 Схема АВР двотрансформаторної підстанції.

Вказати послідовність роботи схеми у випадку нестійкого к.з. на шинах В ?

Увімкнеться резервний трансформатор? АВР успішне чи ні ?

Як в схемі забезпечується однократність дії АВР ?

### 2.6 Схема АВР двотрансформаторної підстанції.

Вказати послідовність роботи схеми у випадку стійкого к.з. на шинах В ?

Увімкнеться резервний трансформатор ? АВР успішне чи ні ?

Як в схемі забезпечується однократність дії АВР ?

### 2.7 Навести схему пускового органу АВР з контролем струму, напруги, частоти.

Вказати послідовність роботи елементів схеми при зникненні напруги на шинах споживача?  
Призначення реле струму, напруги, частоти?

### 2.8 Схема АВР двотрансформаторної підстанції.

Вказати призначення реле КL1, КТ, КV1, КV3?

Розрахувати уставки спрацювання реле мінімальної напруги і часу:  $U_{сп}$ ,  $t_{сп}$ ?

Вихідні дані:  $U_{ост} = 0,5U_{НОМ}$  ,  $U_{зап} = 0,6U_{НОМ}$  ,  $K_n = 1,25$  ,  $K_U = 10000/100$  ,  $t_{р3max} = 1,0$  с ,  $\Delta t = 0,4$  с.

### 2.9 Схема АВР секційного вимикача на змінному оперативному струмі.

Початковий стан: силові трансформатори в роботі, СВ вимкнений.

Вказати послідовність роботи схеми при зникненні напруги на лінії W1?

Увімкнеться, вимкнеться СВ? Як забезпечується однократність дії АВР?

2.10 Схема АВР секційного вимикача на змінному оперативному струмі.

Початковий стан: на лінії W1 відсутня напруга, вимикач Q1 вимкнений, силовий трансформатор T2 в роботі, СВ увімкнений.

Вказати послідовність роботи схеми при відновленні напруги на лінії W1?

Увімкнуться, вимкнуться вимикачі Q1, Q3?

2.11 Схема АВР секційного вимикача на змінному оперативному струмі.

Початковий стан: вимикачі Q1, Q2 увімкнуті, СВ вимкнений.

Вказати послідовність роботи схеми при зникненні напруги на 1-й секції?

Увімкнуться, вимкнуться вимикачі Q1, СВ? Як забезпечується однократність дії АВР?

2.12 Схема АВР секційного вимикача на змінному оперативному струмі.

Проаналізувати, коли всі контакти в ланцюзі відключення вимикача Q3 будуть замкнуті?

При цьому зазначити положення вимикачів Q1, Q2, наявність, відсутність напруги на лініях W1, W2.

2.13 Схема АВР двотрансформаторної підстанції.

Проаналізувати: коли всі контакти в ланцюзі пускового органу мінімальної напруги будуть замкнуті? Вказати послідовність спрацювання елементів схеми при подачі живлення на реле КТ?

Вимкнуться, увімкнуться Q1, Q3, Q4?

2.14 Схема мережевого АВР.

Вказати послідовність роботи схеми при зникненні напруги на шинах Б?

Проаналізуйте, яким реле забезпечується однократність дії схеми?

2.15 Схема АВР 0,4 кВ.

Початковий стан: нормальний режим - ввід 1 в роботі (QF1, QF2, КМ1- увімкнені), ввід 2 в резерві (QF3, QF4 - увімкнені, КМ2 - вимкнений).

Вказати послідовність роботи схеми при зникненні напруги на вводі 1?

Пояснити, чому схема АВР двосторонньої дії?

2.16 Схема синхронізатора з постійним кутом випередження.

Вказати послідовність роботи схеми при  $\omega_s = \omega_{ст.в.}$  ?

Синхронізатор подасть імпульс на увімкнення генератора або заблокує увімкнення?

Які реле в схемі контролюють ковзання?

2.17 Схема синхронізатора з постійним кутом випередження.

Вказати послідовність роботи схеми при  $\omega_s > \omega_{ст.в.}$  ?

Синхронізатор подасть імпульс на увімкнення генератора або заблокує увімкнення?

Які реле в схемі контролюють ковзання?

2.18 Схема синхронізатора з постійним кутом випередження.

Вказати послідовність роботи схеми при  $\omega_s < \omega_{ст.в.}$  ?

Синхронізатор подасть імпульс на увімкнення генератора або заблокує увімкнення?

Які реле в схемі контролюють ковзання?

2.19 Схема пристрою напівавтоматичної самосинхронізації.

Основні етапи увімкнення генератора методом самосинхронізації?

Послідовність спрацювання елементів схеми при успішному увімкненні генератора в мережу?

Чому неприпустимо під'єднання обмотки I реле КF до TV2, а обмотки II - до TV1?

Пояснити призначення контактів реле KL3 ?

2.20 Схема пристрою напівавтоматичної самосинхронізації.

Навести стан контактів схеми при недопустимій різниці частот генератора і мережі.

Навести послідовність спрацювання елементів схеми при допустимій різниці частот генератора і мережі.

Чи має значення до яких трансформаторів напруг підключаються обмотки I і II реле різниці частот? Пояснити призначення контактів реле KV ?

2.21 Схема АВР двотрансформаторної підстанції. Уставка спрацювання реле КТ – 0,8 с .

Вказати послідовність роботи елементів схеми у випадках :

- а) зникнення напруги на шинах Б ( $U_B=0$ ) на час  $t=1,1$  с та наявність напруги на шинах А ( $U_A=U_{НОМ}$ );
- б)  $U_B=0$  ,  $U_A=U_{НОМ}$  ,  $t=0,5$  с;
- в)  $U_B=0$  ,  $U_A=0$  ,  $t=1,1$  с.

Чи спрацює пусковий орган мінімальної напруги, увімкнеться, вимкнеться робочий, резервний трансформатори?

2.22 Схема АВР двотрансформаторної підстанції.

Уставки спрацювання реле: КТ – 1,0 с , KV1, KV2 –  $0,25U_{НОМ}$  , KV3 –  $0,9U_{НОМ}$  .

Вказати послідовність роботи схеми у випадках пониження напруги на шинах на час  $t > 1$  с :

- а)  $U_B=0,1U_{НОМ}$  ,  $U_A=0,95U_{НОМ}$  ;
- б)  $U_B=0,5U_{НОМ}$  ,  $U_A=0,95U_{НОМ}$  ;
- в)  $U_B=0,1U_{НОМ}$  ,  $U_A=0,5U_{НОМ}$

Чи спрацює пусковий орган мінімальної напруги, увімкнеться, вимкнеться робочий, резервний трансформатори? До чого призведе зміна часу -  $t=0,5$  с ?

2.23 Схема АВР двотрансформаторної підстанції.

Навести послідовність спрацювання елементів схеми при вимкненні вимикача Q1?

Чи буде введений в дію резервний трансформатор Т2 ?

2.24 Схема АВР двотрансформаторної підстанції.

Вказати призначення реле КЛ1, КТ, KV1, KV3?

Розрахувати уставки спрацювання реле мінімальної напруги і часу:  $U_{сп}$ ,  $t_{сп}$ ?

Вихідні дані:  $U_{ост} = 0,5U_{НОМ}$ ,  $U_{зап} = 0,6U_{НОМ}$ ,  $K_H = 1,25$ ,  $K_U = 10000/100$ ,  $t_{р3max} = 1,0$  с,  $\Delta t = 0,4$  с.

2.25 Схема АВР секційного вимикача на змінному оперативному струмі.

Початковий стан: вимикачі Q1, Q2 увімкнуті, СВ вимкнений.

Вказати послідовність роботи схеми при зникненні напруги на 1-й секції?

Увімкнуться, вимкнуться вимикачі Q1, СВ? Як забезпечується однократність дії АВР?

### Завдання №3.

3.1 Схема суміщених АЧР1, АЧР2.

Уставки спрацювання : 1 і 2 реле частоти –  $f_1=48,5$  Гц,  $f_2=48,8$  Гц, реле часу  $t_1 = 5$  с.

Вказати послідовність роботи елементів схеми при наступній зміні частоти мережі:

$\Delta t=1$ с                      1с                      1с                      2с                      2с                      1с                      1с                      1с

$f_c=50$  Гц →  $f_{c1}=49,5$  Гц → 49,0 → 48,5 → 48,0 → 48,0 → 48,5 → 49,0 → 50 Гц

Проаналізувати, чи спрацюють АЧР1, АЧР2 на вимкнення навантаження?

Для спрощення прийняти для реле частоти коефіцієнт повернення -  $K_{п} = 1$ .

3.2 Схема суміщених АЧР1, АЧР2.

Уставки спрацювання : 1 і 2 реле частоти –  $f_1=48,5$  Гц,  $f_2=48,8$  Гц, реле часу  $t_1 = 5$  с.

Вказати послідовність роботи елементів схеми при наступній зміні частоти мережі:

$\Delta t=1$ с                      1с                      1с                      2с                      2с                      1с                      1с

$f_c=50$  Гц →  $f_{c1}=49$  Гц → 48,8 → 48,6 → 48,6 → 48,7 → 48,8 → 50 Гц

Проаналізувати, чи спрацюють АЧР1, АЧР2 на вимкнення навантаження?

Для спрощення прийняти для реле частоти коефіцієнт повернення -  $K_{п} = 1$ .

### 3.3 Схема суміщених АЧР1, АЧР2.

Уставки спрацювання : 1 и 2 реле частоти –  $f_1=48,5$  Гц,  $f_2=48,8$  Гц, реле часу  $t_1 = 5$  с.

Вказати послідовність роботи елементів схеми при наступній зміні частоти мережі:

$\Delta t=1$ с                      1с                      1с                      1с                      2с                      1с                      1с                      1с  
 $f_c=50$  Гц →  $f_{c1}=49,5$  Гц → 49,0 → 48,5 → 48,0 → 48,0 → 48,5 → 49,0 → 50 Гц

Проаналізувати, чи спрацюють АЧР1, АЧР2 на вимкнення навантаження?  
Для спрощення прийняти для реле частоти коефіцієнт повернення -  $K_{\Pi} = 1$ .

### 3.4 Схема суміщених АЧР1, АЧР2.

Уставки спрацювання : 1 и 2 реле частоти –  $f_1=48,5$  Гц,  $f_2=48,8$  Гц, реле часу  $t_1 = 5$  с.

Вказати послідовність роботи елементів схеми при наступній зміні частоти мережі:

$\Delta t=1$ с                      1с                      2с                      1с                      1с  
 $f_c=50$  Гц →  $f_{c1}=49$  Гц → 48,0 → 48,0 → 49,0 → 50 Гц

Проаналізувати, чи спрацюють АЧР1, АЧР2 на вимкнення навантаження?  
Для спрощення прийняти для реле частоти коефіцієнт повернення -  $K_{\Pi} = 1$ .

### 3.5 Схема суміщених АЧР1, АЧР2.

Уставки спрацювання : 1 и 2 реле частоти –  $f_1=48,5$  Гц,  $f_2=48,8$  Гц, реле часу  $t_1 = 5$  с.

Вказати послідовність роботи елементів схеми при наступній зміні частоти мережі:

$\Delta t=1$ с                      1с                      1с                      2с                      1с                      1с                      1с                      1с  
 $f_c=50$  Гц →  $f_{c1}=49$  Гц → 48,7 → 48,6 → 48,6 → 48,7 → 48,8 → 49,0 → 50 Гц

Проаналізувати, чи спрацюють АЧР1, АЧР2 на вимкнення навантаження?  
Для спрощення прийняти для реле частоти коефіцієнт повернення -  $K_{\Pi} = 1$ .

### 3.6 Схема суміщених АЧР1, АЧР2.

Уставки спрацювання : 1 и 2 реле частоти –  $f_1=48,5$  Гц,  $f_2=48,8$  Гц, реле часу  $t_1 = 5$  с.

Вказати послідовність роботи елементів схеми при наступній зміні частоти мережі:

$\Delta t=1$ с                      1с                      1с                      2с                      1с                      1с                      1с                      1с  
 $f_c=50$  Гц →  $f_{c1}=49$  Гц → 48,6 → 48,5 → 48,5 → 48,7 → 48,8 → 49,0 → 50 Гц

Проаналізувати, чи спрацюють АЧР1, АЧР2 на вимкнення навантаження?  
Для спрощення прийняти для реле частоти коефіцієнт повернення -  $K_{\Pi} = 1$ .

### 3.7 Схема АЧР з ЧАПВ.

Уставки спрацювання : АЧР –  $f_2=48,8$  Гц, ЧАПВ –  $f_4=49,5$  Гц, КТ1, КТ2 –  $t_1 = 5$  с,  $t_2 = 10$  с.

Вказати послідовність роботи елементів схеми при наступній зміні частоти мережі:

$\Delta t=1$ с                      1с                      2с                      2с                      1с                      1с                      1с  
 $f_c=50$  Гц →  $f_{c1}=49$  Гц → 48,0 → 48,0 → 48,0 → 48,8 → 49,5 → 50 Гц

Проаналізувати, чи спрацюють АЧР, ЧАПВ на вимкнення, увімкнення навантаження?

### 3.8 Схема АЧР з ЧАПВ.

Уставки спрацювання : АЧР –  $f_2=48,8$  Гц, ЧАПВ –  $f_4=49,5$  Гц, КТ1, КТ2 –  $t_1 = 5$  с,  $t_2 = 10$  с.

Вказати послідовність роботи елементів схеми при наступній зміні частоти мережі:

$\Delta t=1$ с                      1с                      1с                      1с                      1с                      1с                      1с  
 $f_c=50$  Гц →  $f_{c1}=49$  Гц → 48,0 → 48,0 → 48,0 → 48,8 → 49,5 → 50 Гц

Проаналізувати, чи спрацюють АЧР, ЧАПВ на вимкнення, увімкнення навантаження?

### 3.9 Схема АЧР з ЧАПВ.

Уставки спрацювання : АЧР –  $f_2=48,8$  Гц, ЧАПВ –  $f_4=49,5$  Гц, КТ1, КТ2 –  $t_1 = 5$  с,  $t_2 = 10$  с.

Вказати послідовність роботи елементів схеми при наступній зміні частоти мережі:

$\Delta t=1$ с                      1с                      2с                      2с                      1с                      1с                      1с  
 $f_c=50$  Гц →  $f_{c1}=49$  Гц → 48,5 → 48,0 → 48,0 → 48,5 → 49,0 → 50 Гц

Проаналізувати, чи спрацюють АЧР, ЧАПВ на вимкнення, увімкнення навантаження?



3.10 Навести структурну схему реле частоти (РЧ-1) та векторні діаграми для випадків :  
 $f_M > f_{СП}$  ,  $f_M = f_{СП}$  ,  $f_M < f_{СП}$  .

Чому при зниженні частоти реле спрацьовує ?

3.11 Навести структурну схему реле частоти (РЧ-1) та векторні діаграми для випадків :  
 $f_M > f_{СП}$  ,  $f_M < f_{СП}$  .

Чому при зниженні частоти реле спрацьовує ?

3.12 Навести структурну схему реле частоти (РЧ-1). Пояснити принцип дії реле.  
Навести векторні та часові діаграми для випадку :  $f_M = 49,0$  Гц,  $f_{СП} = 49,2$  Гц.  
Чому реле спрацює, не спрацює ?

3.13 Навести структурну схему реле частоти (РЧ-1). Пояснити принцип дії реле.  
Навести векторні та часові для випадку :  $f_M = 49,2$  Гц,  $f_{СП} = 49,0$  Гц.  
Чому реле спрацює, не спрацює ?

3.14 Схема АЧП ГГ.

Уставки спрацювання реле частоти та часу :  $K_F = 49,5$  Гц ,  $K_{T1} = 1$ с,  $K_{T2} = 5$ с.

Вказати послідовність роботи елементів схеми за наступною зміною частоти мережі :

$\Delta t = 1$ с      1с      1с      1с      1с      1с      1с      1с      1с

$f_C = 50$  Гц  $\rightarrow f_{C1} = 49,8$  Гц  $\rightarrow 49,5 \rightarrow 49,3 \rightarrow 49,1 \rightarrow 49,0 \rightarrow 49,0 \rightarrow 49,1 \rightarrow 49,3 \rightarrow 50$  Гц

Чи буде поданий імпульс на пуск генераторів 1-ї, 2-ї черги і набір навантаження ?

Для спрощення прийняти для реле частоти коефіцієнт повернення -  $K_{П} = 1$ .

3.15 Схема АЧП ГГ.

Уставки спрацювання реле частоти та часу :  $K_F = 49,5$  Гц ,  $K_{T1} = 1$ с,  $K_{T2} = 5$ с.

Вказати послідовність роботи елементів схеми за наступною зміною частоти мережі :

$\Delta t = 1$ с      1с      1с      1с      1с      1с

$f_C = 50$  Гц  $\rightarrow f_{C1} = 49,5$  Гц  $\rightarrow 49,3 \rightarrow 49,3 \rightarrow 49,5 \rightarrow 49,8 \rightarrow 50$  Гц

Чи буде поданий імпульс на пуск генераторів 1-ї, 2-ї черги і набір навантаження ?

Для спрощення прийняти для реле частоти коефіцієнт повернення -  $K_{П} = 1$ .

3.16 Схема АЧП ГГ.

Уставки спрацювання реле частоти та часу :  $K_F = 49,4$  Гц ,  $K_{T1} = 1$ с,  $K_{T2} = 5$ с.

Вказати послідовність роботи елементів схеми за наступною зміною частоти мережі :

$\Delta t = 1$ с      1с      3с      3с      1с      2с      1с

$f_C = 50$  Гц  $\rightarrow f_{C1} = 49,5$  Гц  $\rightarrow 49,4 \rightarrow 49,3 \rightarrow 49,2 \rightarrow 49,2 \rightarrow 49,5 \rightarrow 50$  Гц

Чи буде поданий імпульс на пуск генераторів 1-ї, 2-ї черги і набір навантаження ?

Для спрощення прийняти для реле частоти коефіцієнт повернення -  $K_{П} = 1$ .

3.17 Навести структурну схему реле частоти (РЧ-1).

Навести векторні та часові для випадку :  $f_M = 49,0$  Гц,  $f_{СП} = 49,0$  Гц.

Чому реле спрацьовує, не спрацьовує ?

3.18 Схема АЧП ГГ.

Уставки спрацювання реле частоти та часу :  $K_F = 49,5$  Гц ,  $K_{T1} = 1$ с,  $K_{T2} = 10$ с.

Вказати послідовність роботи елементів схеми за наступною зміною частоти мережі :

$\Delta t = 1$ с      1с      3с      3с      1с      2с      1с

$f_C = 50$  Гц  $\rightarrow f_{C1} = 49,5$  Гц  $\rightarrow 49,4 \rightarrow 49,3 \rightarrow 49,2 \rightarrow 49,2 \rightarrow 49,5 \rightarrow 50$  Гц

Чи буде поданий імпульс на пуск генераторів 1-ї, 2-ї черги і набір навантаження ?

Для спрощення для реле частоти прийняти коефіцієнт повернення -  $K_{П} = 1$ .

### 3.19 Схема АЧП ГГ.

Уставки спрацювання реле частоти та часу :  $K_F = 49,5$  Гц ,  $K_{T1} = 2$ с,  $K_{T2} = 6$ с.

Вказати послідовність роботи елементів схеми за наступною зміною частоти мережі :

$\Delta t = 1$ с                      1с                      2с                      2с                      1с                      2с                      1с

$f_C = 50$  Гц  $\rightarrow f_{C1} = 49,5$  Гц  $\rightarrow 49,4 \rightarrow 49,3 \rightarrow 49,2 \rightarrow 49,2 \rightarrow 49,5 \rightarrow 50$  Гц

Чи буде поданий імпульс на пуск генераторів 1-ї, 2-ї черги і набір навантаження ?

Для спрощення для реле частоти прийняти коефіцієнт повернення -  $K_{\Pi} = 1$ .

### 3.20 Схема суміщених АЧР1, АЧР2.

Уставки спрацювання : 1 и 2 реле частоти –  $f_1 = 48,5$  Гц,  $f_2 = 48,8$  Гц, реле часу  $t_1 = 5$  с.

Вказати послідовність роботи елементів схеми при наступній зміні частоти мережі:

$\Delta t = 1$ с                      1с                      1с                      2с                      2с                      1с                      1с                      1с

$f_C = 50$  Гц  $\rightarrow f_{C1} = 49,5$  Гц  $\rightarrow 49,0 \rightarrow 48,5 \rightarrow 48,0 \rightarrow 48,0 \rightarrow 48,0 \rightarrow 48,5 \rightarrow 49,0 \rightarrow 50$  Гц

Проаналізувати, чи спрацюють АЧР1, АЧР2 на вимкнення навантаження?

Для спрощення прийняти для реле частоти коефіцієнт повернення -  $K_{\Pi} = 1$ .

### 3.21 Схема АЧР з ЧАПВ.

Уставки спрацювання : АЧР –  $f_2 = 49,0$  Гц, ЧАПВ –  $f_4 = 49,8$  Гц,  $K_{T1}, K_{T2} - t_1 = 5$  с,  $t_2 = 10$  с.

Вказати послідовність роботи елементів схеми при наступній зміні частоти мережі:

$\Delta t = 1$ с                      1с                      2с                      2с                      5с                      5с                      5с

$f_C = 50$  Гц  $\rightarrow f_{C1} = 49$  Гц  $\rightarrow 48,5 \rightarrow 48,0 \rightarrow 48,0 \rightarrow 48,5 \rightarrow 49,0 \rightarrow 50$  Гц

Проаналізувати, чи спрацюють АЧР, ЧАПВ на вимкнення, увімкнення навантаження?

### 3.22 Схема суміщених АЧР1, АЧР2.

Уставки спрацювання : 1 и 2 реле частоти –  $f_1 = 48,5$  Гц,  $f_2 = 48,8$  Гц, реле часу  $t_1 = 5$  с.

Вказати послідовність роботи елементів схеми при наступній зміні частоти мережі:

$\Delta t = 1$ с                      1с                      1с                      2с                      2с                      1с                      1с                      1с

$f_C = 50$  Гц  $\rightarrow f_{C1} = 49,5$  Гц  $\rightarrow 49,0 \rightarrow 48,5 \rightarrow 48,0 \rightarrow 48,0 \rightarrow 48,0 \rightarrow 48,5 \rightarrow 49,0 \rightarrow 50$  Гц

Проаналізувати, чи спрацюють АЧР1, АЧР2 на вимкнення навантаження?

Для спрощення прийняти для реле частоти коефіцієнт повернення -  $K_{\Pi} = 1$ .

### 3.23 Схема суміщених АЧР1, АЧР2.

Уставки спрацювання : 1 и 2 реле частоти –  $f_1 = 48,5$  Гц,  $f_2 = 48,8$  Гц, реле часу  $t_1 = 5$  с.

Вказати послідовність роботи елементів схеми при наступній зміні частоти мережі:

$\Delta t = 1$ с                      1с                      1с                      1с                      2с                      1с                      1с                      1с

$f_C = 50$  Гц  $\rightarrow f_{C1} = 49,5$  Гц  $\rightarrow 49,0 \rightarrow 48,5 \rightarrow 48,0 \rightarrow 48,0 \rightarrow 48,0 \rightarrow 48,5 \rightarrow 49,0 \rightarrow 50$  Гц

Проаналізувати, чи спрацюють АЧР1, АЧР2 на вимкнення навантаження?

Для спрощення прийняти для реле частоти коефіцієнт повернення -  $K_{\Pi} = 1$ .

### 3.24 Схема АЧП ГГ.

Уставки спрацювання реле частоти та часу :  $K_F = 49,5$  Гц ,  $K_{T1} = 1$ с,  $K_{T2} = 10$ с.

Вказати послідовність роботи елементів схеми за наступною зміною частоти мережі :

$\Delta t = 1$ с                      1с                      3с                      3с                      1с                      2с                      1с

$f_C = 50$  Гц  $\rightarrow f_{C1} = 49,5$  Гц  $\rightarrow 49,4 \rightarrow 49,3 \rightarrow 49,2 \rightarrow 49,2 \rightarrow 49,5 \rightarrow 50$  Гц

Чи буде поданий імпульс на пуск генераторів 1-ї, 2-ї черги і набір навантаження ?

Для спрощення для реле частоти прийняти коефіцієнт повернення -  $K_{\Pi} = 1$ .

### 3.25 Схема суміщених АЧР1, АЧР2.

Уставки спрацювання : 1 и 2 реле частоти –  $f_1 = 48,5$  Гц,  $f_2 = 48,8$  Гц, реле часу  $t_1 = 5$  с.

Вказати послідовність роботи елементів схеми при наступній зміні частоти мережі:

$\Delta t = 1$ с                      1с                      1с                      2с                      2с                      1с                      1с                      1с

$f_C = 50$  Гц  $\rightarrow f_{C1} = 49,5$  Гц  $\rightarrow 49,0 \rightarrow 48,5 \rightarrow 48,0 \rightarrow 48,0 \rightarrow 48,0 \rightarrow 48,5 \rightarrow 49,0 \rightarrow 50$  Гц

Проаналізувати, чи спрацюють АЧР1, АЧР2 на вимкнення навантаження?

Для спрощення прийняти для реле частоти коефіцієнт повернення -  $K_{\Pi} = 1$ .