



# ЕЛЕКТРИЧНІ АПАРАТИ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>14 «Електрична інженерія»</i>
Спеціальність	<i>141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»</i>
Освітня програма	<i>Електричні машини і апарати</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>Всього 4 кредити ECTS / 120 годин; аудиторних – 54 години: лекції – 36 годин; практичні заняття – 18 годин; самостійна робота – 66 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік / МКР</i>
Розклад занять	<i>час і місце проведення аудиторних викладені на сайті rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., Гаран Ярослав Олександрович, y.garan@kpi.ua Практичні: к.т.н., Гаран Ярослав Олександрович, y.garan@kpi.ua</i>
Розміщення курсу	<i>Sikorsky Dictance (Google Classroom, код 7b24xm5)</i>

### Програма навчальної дисципліни

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

**Дисципліна «Електричні апарати»** є базою для спеціальних електротехнічних дисциплін, в яких використовують характеристики електричних апаратів, призначених для комутації, захисту, контролю та регулювання параметрів електричних кіл.

**Метою дисципліни** є формування і конкретизація знань з будови та теоретичних розрахунків характеристик типових електричних апаратів з метою застосування отриманої інформації для вирішення професійних завдань в області технічної експлуатації електроенергетичного обладнання та енергетиці.

**Завданнями** вивчення дисципліни є:

- вироблення розвинутих уявлень про будову сучасних електричних апаратів, принцип їх дії, граничні режими роботи електричних апаратів.;

- навчитися застосовувати отримані знання при вивченні спеціальних дисциплін та в подальшій практичній діяльності на виробництві;

- придбання навичок та вміння користуватися термінологією електроапаратобудування, вміння читати відповідні схеми та креслення, використовувати результати експериментальних досліджень для визначення характеристик електричних апаратів.

**Предметом** вивчення дисципліни «Електричні апарати» є улаштування, функціонування, параметри та режими роботи електричних апаратів.

В результаті вивчення дисципліни «Електричні апарати» студент повинен

**знати:**

- базові поняття про конструкцію, типи та електрофізичні процеси, що протікають в електричних апаратах;
- закономірності електромагнітної взаємодії між елементами електричних апаратів;
- закономірності теплових процесів в елементах електричних апаратів;
- закономірності появи та гасіння електричної дуги в електричних апаратах;
- базові поняття про типові механізми, що використовуються в електричних апаратах;
- закономірності поєднання електромагнітної, теплової та механічної взаємодії між елементами електричних апаратів;

**вміти:**

- розраховувати параметри термічної стійкості електричних апаратів;
- розраховувати параметри електродинамічної стійкості електричних апаратів;
- розраховувати параметри ізоляції електричних апаратів;
- розраховувати перенапруги, які виникають під час експлуатації електричних апаратів;

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

Місце дисципліни в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою. Дисципліна «Електричні апарати» є базовою дисципліною в структурі освітньої програми.

Дисципліна «Електричні апарати» входить до циклу дисциплін базової підготовки і безпосередньо пов'язана з іншими дисциплінами навчальних планів вказаного напрямку.

Вивчення дисципліни базується на знаннях, одержаних з курсів загальної фізики (розділи: електричне поле і його характеристики; магнітне поле і його характеристики), теоретичних основ електротехніки (розділи: лінії електричного кола постійного струму; лінії електричного кола однофазного синусоїдного струму; трифазні електричні кола; несинусоїдні періодичні та перехідні процеси в лінійних електричних колах; лінійні електричні кола з розподіленими параметрами; нелінійні електричні і магнітні кола), електротехнічних матеріалів (розділи: діелектрики; провідникові матеріали; магнітні матеріали; напівпровідникові матеріали), технічної механіки (розділи: статика твердого тіла; кінематика матеріальної точки і твердого тіла; динаміка матеріальної точки і твердого тіла; елементи теорії опору матеріалів; загальні відомості про деталі машин), основ метрології та електричних вимірювань (розділи: загальні відомості про метрологію та електричні вимірювання; похибки вимірювань; електровимірювальні прилади; масштабні перетворювачі струму і напруги; вимірювання параметрів електричних кіл).

Дисципліна «Електричні апарати» є базою для дисциплін «Електрична частина станцій та підстанцій», «Основи електроенергетики», «Електропостачання промислових та муніципальних об'єктів», а також для переддипломної практики студента.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

### ***Розділ 1. Загальна теорія електричних апаратів***

#### ***Тема 1.1 Основи теорії електричних апаратів***

*Вступ. Мета, завдання і загальна характеристика дисципліни. Значення електричних апаратів в електроенергетиці. Основні визначення. Основні вимоги до електричних апаратів.*

#### ***Тема 1.2 Основи побудови електричних апаратів***

Основні матеріали, які застосовуються у апаратобудуванні. Провідні частини електричних апаратів. Ізоляція електричних апаратів. Напівпровідникові частини електричних апаратів. Механічні вузли електричних апаратів. Корпуси електричних апаратів. Термінали електричних апаратів.

### **Тема 1.3 Основи розрахунку електродинамічних сил в паралельних провідниках при постійному струмі**

Основи розрахунку електродинамічних сил. Методи розрахунку електродинамічних сил. Електродинамічні сили між паралельними провідниками.

### **Тема 1.4 Основи розрахунку електродинамічних сил в перпендикулярних провідниках при постійному струмі**

Електродинамічні сили між перпендикулярними провідниками. Електродинамічні сили у провідниках змінного перерізу.

### **Тема 1.5 Електродинамічні зусилля при змінному струмі та резонанс**

Електродинамічні сили при змінному струмі. Механічний резонанс. Умови механічної стійкості електричних апаратів.

### **Тема 1.6 Основи теплових розрахунків. Теплові втрати**

Втрати в деталях електричних апаратів. Віддача теплоти нагрітим тілом. Нагрівання й охолодження однорідного провідника в часі при тривалому режимі роботи.

### **Тема 1.7 Процеси нагрівання та охолодження провідників**

Нагрівання й охолодження однорідного провідника при короткочасному та при повторно-короткочасному навантаженні. Нагрівання однорідного провідника при короткому замиканні.

### **Тема 1.8 Термічна стійкість частин електричних апаратів**

Нагрівання провідника змінного перерізу та нагрівання котушок. Припустима температура нагрівання частин апаратів. Термічна стійкість.

### **Тема 1.9 Електричні контакти. Основні поняття**

Основні поняття. Перехідний опір контакту. Температура площадки контактування. Особливості роботи контактів при рідинному охолодженні.

### **Тема 1.10 Типи контактів. Особливості функціонування**

Основні конструкції контактів. Параметри контактних конструкцій. Зношування контактів. Брязкіт контактів і способи боротьби з ним. Робота контактних систем в умовах короткого замикання. Способи компенсації електродинамічних сил у контактах. Матеріали для контактних з'єднань.

### **Тема 1.11 Основи теорії горіння й гасіння електричної дуги**

Процеси в дуговому проміжку. Вольт-амперні характеристики дуги.

### **Тема 1.12 Умови гасіння дуги постійного струму**

Умови гасіння дуги постійного струму. Опір і потужність дуги. Енергія, що виділяється в дузі.

### **Тема 1.13 Умови гасіння дуги змінного струму**

Особливості горіння й гасіння дуги змінного струму. Деякі особливості гасіння дуги змінного струму підвищеної частоти.

### **Тема 1.14 Способи гасіння електричної дуги**

Загальні положення. Гасіння відкритої дуги в магнітному полі. Гасіння дуги в поздовжніх проміжках. Способи збудження магнітного поля дугогасіння. Полум'я дуги й боротьба з ним. Припустима частота відключень апаратів із закритими камерами.

#### **Тема 1.15 Гасіння дуги в дугогасних камерах**

Газодинамічні явища в закритих дугогасильних камерах. Гасіння дуги високим тиском. Гасіння електричної дуги в маслі. Гасіння електричної дуги повітряним дуттям. Гасіння дуги в дугогасильній решітці. Бездугова комутація ланцюгів змінного струму. Потоки плазми й гасіння електричної дуги.

#### **Тема 1.16 Розрахунок магнітних кіл електричних апаратів**

Основні поняття. Елементи магнітного кола. Розрахунок магнітних кіл при постійному та змінному струмі без врахування потоків розсіювання. Розрахунок магнітних кіл з урахуванням потоків розсіювання.

#### **Тема 1.17 Електромагнітні механізми електричних апаратів**

Енергія магнітного поля й індуктивність системи. Робота, виконувана якорем при переміщенні. Обчислення сил і моментів електромагніта. Електромагніти змінного струму. Короткозамкнений виток. Статичні тягові характеристики електромагнітів і механічні характеристики апаратів. Динамічні характеристики електромагнітів. Рівняння руху рухливої системи. Уповільнення й прискорення дії електромагніта. Гальмові пристрої.

#### **Тема 1.18 Напівпровідникові електричні апарати**

Напівпровідникові електричні апарати. Силові транзистори. Тиристори. Статичні та динамічні характеристики силових транзисторів і тиристорів. Послідовне та паралельне з'єднання напівпровідникових елементів, їх характеристики.

### **4. Навчальні матеріали та ресурси**

#### **4.1. Основна література**

1. В.О. Бржезицький, В. Ц. Зелінський, П. Д. Лежнюк, О. Є. Рубаненко Електричні апарати: підручник / [Бржезицький В. О., Зелінський В. Ц., Лежнюк П. Д., Рубаненко О. Є.]. – Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2016. – 602 с.

#### **4.2. Додаткова література**

2. Чунихин А.А. Электрические аппараты: Общий курс. – М.: Энергоиздат, 1988.- 720с.

3. Электрические и электронные аппараты.: учебник для вузов / Под ред. Ю.К. Розанова.- М.: Энергоатомиздат, 1998.

4. Электротехнический справочник [Текст]. Т.1 / Под ред.: П.Г. Грудинского, Г.Н. Петрова, М.М. Соколова и др. – 5-е изд., испр. – М. : Энергия, 1974. – 776 с.

5. Основы теории электрических аппаратов / Под ред. И.С. Таева -М:Высш. школа, 1987.

6. Теория электрических аппаратов / Под ред. Г.Н. Александрова - М: Высш. школа, 1985.

7. Абрамов, В. Б. Приймальні та експлуатаційні випробування електроустаткування: навч. посіб. / В. Б. Абрамов, В. О. Бржезицький, О. Р. Проценко. – К.: НТУУ «КПІ», 2015. – 218 с.

8. Электротехнический справочник: в 4 т. Т.2 Электротехнические изделия и устройства / Под общ. ред. профессором МЭИ В. Г. Герасимова и др. (гл. ред. И. Н. Орлов) – 9-е изд., стер. – М. : Издательство МЭИ, 2003. – 518 с.

9. Таев И.С. Электрические контакты и дугогасительные устройства аппаратов низкого напряжения. -М.: Энергия, 1973.

10. Буткевич Г.В. Дуговые процессы при коммутации электрических цепей. -М.: Энергия, 1973.

11. Холявский Г.Б. Расчет электродинамических усилий в электрических аппаратах. - Л.: Энергия, 1971.
12. Брон О.Б. Электрические аппараты с водяным охлаждением. -Л. Энергия, 1967.
13. Брон О.Б., Сушков Л.К. Потоки плазмы в электрической дуге выключающих аппаратов. -Л.: Энергия, 1975.

### Навчальний контент

#### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

##### Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
<b>Розділ 1</b> <b>ЗАГАЛЬНА ТЕОРІЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ</b>	
1.	<b>Основи теорії електричних апаратів.</b> Вступ. Мета, завдання і загальна характеристика дисципліни. Значення електричних апаратів в електроенергетиці. Основні визначення. Основні вимоги до електричних апаратів. Дидактичні засоби: високовольтні та низьковольтні електричні апарати кафедри.
2.	<b>Основи побудови електричних апаратів.</b> Основні матеріали, які застосовуються у апаратобудуванні. Провідні частини електричних апаратів. Ізоляція електричних апаратів. Напівпровідникові частини електричних апаратів. Механічні вузли електричних апаратів. Корпуси електричних апаратів. Термінали електричних апаратів. Дидактичні засоби: високовольтні та низьковольтні електричні апарати кафедри.
3.	<b>Основи розрахунку електродинамічних сил в паралельних провідниках при постійному струмі.</b> Основи розрахунку електродинамічних сил. Методи розрахунку електродинамічних сил. Електродинамічні сили між паралельними провідниками.
4.	<b>Основи розрахунку електродинамічних сил в перпендикулярних провідниках при постійному струмі.</b> Електродинамічні сили між перпендикулярними провідниками. Електродинамічні сили у провідниках змінного перерізу.
5.	<b>Електродинамічні зусилля при змінному струмі та резонанс.</b> Електродинамічні сили при змінному струмі. Механічний резонанс. Умови механічної стійкості електричних апаратів.
6.	<b>Основи теплових розрахунків. Теплові втрати.</b> Втрати в деталях електричних апаратів. Віддача теплоти нагрітим тілом. Нагрівання й охолодження однорідного провідника в часі при тривалому режимі роботи.
7.	<b>Процеси нагрівання та охолодження провідників.</b> Нагрівання й охолодження однорідного провідника при короткочасному та при повторно-короткочасному навантаженні. Нагрівання однорідного провідника при короткому замиканні.
8.	<b>Термічна стійкість частин електричних апаратів.</b> Процеси нагрівання та охолодження провідників. Нагрівання провідника змінного перерізу та нагрівання котушок. Припустима температура нагрівання частин апаратів. Термічна стійкість.
9.	<b>Електричні контакти. Основні поняття.</b>

	<i>Основні поняття. Перехідний опір контакту. Температура площадки контактування. Особливості роботи контактів при рідинному охолодженні.</i>
<b>10.</b>	<b>Типи контактів. Особливості функціонування.</b> <i>Основні конструкції контактів. Параметри контактних конструкцій. Зношування контактів. Брязкіт контактів і способи боротьби з ним. Робота контактних систем в умовах короткого замикання. Способи компенсації електродинамічних сил у контактах. Матеріали для контактних з'єднань.</i>
<b>11.</b>	<b>Основи теорії горіння й гасіння електричної дуги.</b> <i>Процеси в дуговому проміжку. Вольт-амперні характеристики дуги.</i>
<b>12.</b>	<b>Умови гасіння дуги постійного струму.</b> <i>Умови гасіння дуги постійного струму. Опір і потужність дуги. Енергія, виділювана в дузі.</i>
<b>13.</b>	<b>Умови гасіння дуги змінного струму.</b> <i>Особливості горіння й гасіння дуги змінного струму. Деякі особливості гасіння дуги змінного струму підвищеної частоти.</i>
<b>14.</b>	<b>Способи гасіння електричної дуги.</b> <i>Загальні положення. Гасіння відкритої дуги в магнітному полі. Гасіння дуги в поздовжніх проміжках. Способи збудження магнітного поля дугогасіння. Полум'я дуги й боротьба з ним. Припустима частота відключень апаратів із закритими камерами.</i>
<b>15.</b>	<b>Гасіння дуги в дугогасних камерах.</b> <i>Газодинамічні явища в закритих дугогасильних камерах. Гасіння дуги високим тиском. Гасіння електричної дуги в маслі. Гасіння електричної дуги повітряним дуттям. Гасіння дуги в дугогасильній решітці. Бездугова комутація ланцюгів змінного струму. Потoki плазми й гасіння електричної дуги.</i>
<b>16.</b>	<b>Розрахунок магнітних кіл електричних апаратів.</b> <i>Основні поняття. Елементи магнітного кола. Розрахунок магнітних кіл при постійному та змінному струмі без врахування потоків розсіювання. Розрахунок магнітних кіл з урахуванням потоків розсіювання.</i>
<b>17.</b>	<b>Електромагнітні механізми електричних апаратів.</b> <i>Енергія магнітного поля й індуктивність системи. Робота, вироблена якорем при переміщенні. Обчислення сил і моментів електромагніта. Електромагніти змінного струму. Короткозамкнений виток. Статичні тягові характеристики електромагнітів і механічні характеристики апаратів. Динамічні характеристики електромагнітів. Рівняння руху рухливої системи. Уповільнення й прискорення дії електромагніта. Гальмові пристрої.</i>
<b>18.</b>	<b>Напівпровідникові електричні апарати.</b> <i>Напівпровідникові електричні апарати. Силові транзистори. Тиристоры. Статичні та динамічні характеристики силових транзисторів і тиристорів. Послідовне та паралельне з'єднання напівпровідникових елементів, їх характеристики.</i>

### Практичні заняття

№ п/п	Тема практичного заняття	Кількість ауд.год
<b>Розділ 1</b>		
<b>ЗАГАЛЬНА ТЕОРІЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ</b>		
1	Розрахунок сили електродинамічної взаємодії мідних шин прямокутного перерізу	2
2	Визначення сили електродинамічної взаємодії перпендикулярних ділянок проводу круглого перерізу	2

3	Розрахунок системи шин прямокутного перерізу на умову резонансу	4
4	Визначення миттєвого значення температури нагріву мідного проводу круглого перерізу за відомими значеннями температури у характерних точках графіку нагріву	2
5	Визначення допустимого перерізу круглого проводу для відомого значення тривалого струму та допустимої температури його нагрівання	2
6	Розрахунок ustalenoї температури нагріву мідної шини прямокутного перерізу	2
7	Розрахунок утримуючого зусилля поляризованого електромагніту	2
8	Визначення швидкості руху електричної дуги між паралельними ділянками шин	2

## 6. Самостійна робота студента

№з/п	Вид самостійної роботи
1	Підготовка до практичних занять та проведення розрахунків у відповідності до завдання
2	Підготовка до МКР
3	Підготовка до заліку

## 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 види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях;
- **обов'язковою умовою допуску до заліку** є відпрацювання всіх практичних занять;
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях, передбачених 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;
- політика дедлайнів та перескладань:
  - несвоєчасне виконання практичних робіт передбачає зменшення максимального балу, зазначеного у РСО за відповідний контрольний захід, до 75 %. Мінімальний бал не змінюється;
- 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 результатами участі у кафедральних, факультетських, інститутських та всеукраїнських науково-дослідних роботах з тематики дисципліни;
- 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 «Електричні апарати»; 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.

## 8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

**Поточний контроль:** практичні заняття, МКР

**Календарний контроль:** провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

**Семестровий контроль:** залік

**Умови допуску до семестрового контролю:** зарахування усіх практичних робіт та стартовий рейтинг не менше 40 балів.

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

- виконання розрахунків за 9 практичними заняттями;
- виконання модульної контрольної роботи.

Практичні заняття	МКР
72	28

### Виконання практичних робіт

Ваговий бал – 8.

Максимальна кількість балів за всі практичні роботи – 8 балів \* 9 = 72 балів.

Критерії оцінювання:

- правильно виконані та оформлені розрахунки – 7-8 балів;
- правильно виконані розрахунки з низькою точністю або помилки в оформленні розрахунків – 5-6 балів;
- неправильні розрахунки або відповідь надана без оформлення рішення (або з неправильним рішенням чи підтасовані результати) – 0 балів.

### Модульна контрольна робота

Ваговий бал – 28.

Модульна контрольна робота є письмовою контрольною роботою за тематикою теоретичних питань, розглянутих на лекційних заняттях на момент проведення МКР. МКР складається з 2 теоретичних питань за темою лекційних занять. Ваговий бал кожного теоретичного питання – 14 балів.

Максимальна кількість балів за МКР – 14 балів \* 2 = 28 балів.

Критерії оцінювання кожного теоретичного питання МКР:

- повна відповідь (не менше 95% потрібної інформації) – 13-14 балів;
- достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 11-12 балів;
- неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі суттєві помилки) – 9-10 балів;
- незадовільна відповідь – 0 балів.

Календарний контроль базується на поточній рейтинговій оцінці. Умовою позитивної атестації є значення поточного рейтингу студента не менше 50% від максимально можливого на час атестації.



### Форма семестрового контролю – залік

– На заліку студенти виконують письмову контрольну роботу за тематикою кредитного модуля. Залікові питання завдання визначаються викладачем і відповідають переліку питань, наведеному у Додатку 1 до силабусу.

– За умови набрання студентом на момент семестрового контролю 60 або більше балів стартового рейтингу і виконання умов допуску до заліку студент має право отримати підсумкову оцінку на основі балів стартового рейтингу.

– Якщо студент виконав умови допуску до заліку та отримав від 40 до 60 балів стартового рейтингу, або хоче підвищити оцінку за умови набрання більше 60 балів, він зобов'язаний писати залікову контрольну роботу, при цьому його стартовий рейтинг скасовується, а оцінка за залікову контрольну роботу є остаточною.

**Залікове завдання** містить 3 залікових питання. Перше залікове питання оцінюється максимально у 34 бали, друге та третє залікові питання оцінюються максимально у 33 бали кожне.

Критерії оцінювання **першого** залікового питання:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 95% потрібної інформації) – 32-34 балів;
- «дуже добре», майже повна відповідь на питання у обсязі не менш, ніж 85% потрібної інформації, або незначні неточності – 29-33 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 25-28 балів;
- «задовільно», неповна відповідь у обсязі не менш ніж 65% потрібної інформації та деякі несуттєві помилки – 22-24 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі суттєві помилки) – 20-21 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

Критерії оцінювання **другого та третього** залікових питань:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 95% потрібної інформації) – 32-33 балів;
- «дуже добре», майже повна відповідь на питання у обсязі не менш, ніж 85% потрібної інформації, або незначні неточності – 29-31 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 25-28 балів;
- «задовільно», неповна відповідь у обсязі не менш ніж 65% потрібної інформації та деякі несуттєві помилки – 22-24 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі суттєві помилки) – 20-21 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

Остаточний рейтинг студента складає сума балів отриманих за виконання всіх завдань, передбачених РСО, або за виконання залікового завдання.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно

64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

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

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль (як додаток 1 до силабусу)

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

**Складено:** асистент кафедри теоретичної електротехніки, к.т.н, Гаран Ярослав Олександрович

**Ухвалено** кафедрою теоретичної електротехніки (протокол № 11 від 29.06.2021 р.)

**Погоджено** Методичною комісією факультету (протокол № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_)

## ПЕРЕЛІК ЗАЛІКОВИХ ПИТАНЬ з кредитного модуля

<b>рівень вищої освіти</b>	перший (бакалаврський)
<b>спеціальності</b>	Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка – 141
<b>освітня програма</b>	Електричні машини і апарати
<b>форма навчання</b>	денна

### *Перелік залікових питань, які виносяться на семестровий контроль*

1. Електричні апарати. Визначення.
2. Комутаційні електричні апарати. Призначення, приклади.
3. Захисні електричні апарати. Призначення, приклади.
4. Обмежувальні електричні апарати. Призначення, приклади.
5. Пускорегулювальні електричні апарати. Призначення, приклади.
6. Контролюючі електричні апарати. Призначення, приклади.
7. Регулювальні електричні апарати. Призначення, приклади.
8. Вимірювальні електричні апарати. Призначення, приклади.
9. Контактні та безконтактні електричні апарати. Приклади.
10. Автоматичні та неавтоматичні електричні апарати. Приклади.
11. Низьковольтні та високовольтні електричні апарати. Приклади.
12. Термічна стійкість електричних апаратів.
13. Електродинамічна стійкість електричних апаратів.
14. Комутаційна стійкість електричних апаратів.
15. Стійкість до перенапруг електричних апаратів.
16. Виконання захисних оболонок електричних апаратів за міждержавним ГОСТ 14254.
17. Розрахунок електродинамічних сил взаємодії двох контурів на основі закону Біо-Савара-Лапласа.
18. Розрахунок електродинамічних сил між паралельними провідниками.
19. Електродинамічні сили між взаємно перпендикулярними провідниками.
20. Електродинамічні сили в кільцевому витку.
21. Електродинамічні сили в провідниках змінного перерізу.
22. Електродинамічні сили між двома паралельними провідниками зі змінним струмом.
23. Електродинамічні сили між провідниками в трифазній мережі.
24. Механічний резонанс.
25. Втрати потужності у провідниках на постійному та змінному струмі.
26. Передача тепла за теплопровідністю.
27. Передача тепла конвекцією.
28. Передача тепла випромінюванням.
29. Рівняння нагріву провідника у часі.
30. Рішення рівняння нагріву провідника.
31. Охолодження провідника.
32. Повторно-короткочасне нагрівання провідника.
33. Нагрівання провідника в адіабатичному режимі.
34. Нагрівання провідника змінного перерізу.
35. Нагрівання катушок.
36. Електричний розряд. Електрична дуга. Визначення.

37. Коефіцієнт перевантаження при повторно-короткочасному нагріванні провідника.

38. Визначення перенапруги при перериванні струму і вимикачем в колі з індуктивністю  $L$  та ємністю на контактах вимикача  $C$ .

39. Процеси іонізації та деіонізації в електричній дузі.

40. Характерні значення катодного та анодного падінь потенціалів та напруженості електричного поля  $E_d$  в стовпі дуги.

41. Статичні характеристики електричної дуги ( $H_2$ , повітря, пари ртуті).

42. Залежність електричної напруженості стовпа від швидкості дуги.

43. Рівняння Еленбаса-Геллера.

44. Вольт-амперні характеристики дуги в динамічних режимах.

45. Рівняння Майра.

46. Залежність опору динамічної дуги при синусоїдальному струмі.

47. Теплова стала часу дуги та питома потужність для низьковольтних та високовольтних апаратів.

48. Послідовність процесів при погашенні дуги в вимикачах.

49. Визначення ПВН.

50. Спосіб гасіння електричної дуги швидким збільшенням відстані між електродами.

51. Спосіб гасіння електричної дуги розділенням стовпа дуги на окремі проміжки.

52. Спосіб гасіння електричної дуги охолодженням стовпа у вузькому проміжку.

53. Спосіб гасіння електричної дуги дуттям газу.

54. Спосіб гасіння електричної дуги охолодженням стовпа в рідині.

55. Спосіб гасіння електричної дуги під впливом магнітного поля.

56. Спосіб гасіння електричної дуги підвищенням тиску.

57. Спосіб гасіння електричної дуги зниженням тиску.

58. Спосіб гасіння електричної дуги багаторазовим розривом електричного кола.

59. Спосіб гасіння електричної дуги уведенням в електричне коло додаткового опору.

60. Спосіб гасіння електричної дуги підсиленням процесів деіонізації.

61. Електричний контакт. Визначення.

62. Розбірні контакти.

63. Комутуючі контакти.

64. Ковзні контакти.

65. Класифікація контактних з'єднань за формою контактування.

66. Визначення площі контактування.

67. Перехідний опір електричного контакту та його залежність від сили натиску.

68. Залежність перехідного опору від температури.

69. Порівняння характеристик контактів на основі міді та срібла.

70. Явище зварювання контактів.

71. Умова відсутності зварювання контактів.

72. Види виконання контактів.

73. Головні та дугогасні контакти.

74. Матеріали контактів.

75. Розрахунок магнітних кіл при постійному та змінному струмі без врахування потоків розсіювання.

76. Основні відмінності між електромагнітами постійного та змінного струмів.

77. Обчислення сил і моментів електромагніта.

78. Принцип дії короткозамкнутого витка.

79. Статичні тягові характеристики електромагнітів і механічні характеристики апаратів.

80. Динамічні характеристики електромагнітів.

81. Принцип дії напівпровідникових електричних апаратів.

82. Типи напівпровідникових електричних апаратів.

83. *Переваги та недоліки напівпровідникових електричних апаратів.*
84. *Застосування напівпровідникових електричних апаратів в електроенергетиці.*

Перелік залікових питань склав:

\_\_\_\_\_ Ярослав ГАРАН

Ухвалено на засіданні кафедри ТЕ  
Протокол від 29.06.2021 року № 11

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Микола ОСТРОВЕРХОВ