



ЕЛЕКТРОНІКА І МІКРОСХЕМОТЕХНІКА

Силабус освітнього компоненту

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>G-Інженерія, виробництво та будівництво</i>
Спеціальність	<i>G3-Електрична інженерія</i>
Освітня програма	<i>Електротехнічні пристрої та електротехнологічні комплекси</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>Всього 5 кредитів ECTS / 150 годин; лекції – 30 годин; практичні заняття – 16 годин; лабораторні роботи – 14 годин; самостійна робота – 90 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен/МКР/РГР/ захист лабораторних робіт/опитування на лекціях та практичних заняттях.</i>
Розклад занять	<i>1 лекція (2 години) 1 раз на тиждень; 1 лабораторна робота 1 раз на 2 тижні, практичне заняття 1 раз на 2 тижні. http://roz.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>Святненко Вадим Анатолійович, +380953469998, vadiksv@gmail.com</i> Практичні заняття: <i>Святненко Вадим Анатолійович, +380953469998, vadiksv@gmail.com</i> Лабораторні: <i>Шкардун Олександр Володимирович, +380938440448</i>
Розміщення курсу	https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=200 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=201 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=205

Програма навчальної дисципліни

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

Силабус освітнього компонента «Електроніка і мікросхемотехніка» складено відповідно до освітньої програми підготовки бакалаврів з галузі знань G «Інженерія, виробництво та будівництво» за спеціальністю G3 «Електрична інженерія», освітньо-професійної програми «Електротехнічні пристрої та електротехнологічні комплекси»

Мета навчальної дисципліни є формування та закріплення у студентів наступних **фахових компетентностей**:

(ФК07) Здатність розробляти проекти електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування із дотриманням вимог законодавства, стандартів і технічного завдання.

(ФК12) Здатність розробляти проекти автоматизованих систем керування технологічними процесами на базі мікропроцесорної техніки.

(ФК13) Здатність використовувати методи сучасної теорії керування складними об'єктами, оцінювання стану та їх параметрів, адаптивного настроювання

параметрів цифрових регуляторів для створення автоматизованих систем керування технологічними процесами на основі мікропроцесорних контролерів.

Предмет навчальної дисципліни – конструкція, принципи роботи, фізичні явища та процеси в електронних пристроях; типові математичні методи дослідження, моделювання електронних пристроїв; основні характеристики та параметри.

Програмні результати навчання, на формування та покращення яких спрямована дисципліна:

(ПРН06) Застосовувати прикладне програмне забезпечення, мікроконтролери та мікропроцесорну техніку для вирішення практичних проблем у професійній діяльності;

(ПРН10) Знаходити необхідну інформацію в науково-технічній літературі, базах даних та інших джерелах інформації, оцінювати її релевантність та достовірність;

(ПРН24) Знати і розуміти принципи роботи силової перетворювальної техніки для динамічного та статичного трансформування електричної енергії в електротехнологічних установках..

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

Місце дисципліни визначається структурно-логічною схемою освітньої програми. Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти: теоретичною базою дисциплін:

«Основи метрології та електричних вимірювань», «Теоретичні основи електротехніки». Вивчення дисципліни передуює дисципліні, «Теорія автоматичного керування»

Зміст навчальної дисципліни

Дисципліну структурно розподілено на **4 розділи**:

- 1. Елементна база:** Напівпровідникові діоди; Біполярні і польові транзистори; Тиристори і біполярні транзистори з ізольованим затвором (BTI3) (IGBT).
- 2. Перетворювальні пристрої:** Випрямлячі однофазного струму, Трифазні випрямлячі, Автономні інвертори,
- 3. Елементи цифрових систем керування перетворювальних пристроїв:** Основи булевої алгебри, логічні елементи, послідовнісні та комбінаційні пристрої.
- 4. Побудова та програмування мікропроцесора.**

2. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Промислова електроніка. Конспект лекцій [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: К. В. Трубіцин, К.К. Победаш. – Електронні текстові дані (1 файл: 4,11 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 233 с. – Реєстр. № НП 21/22-459.).
<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48007>
2. Силова перетворювальна техніка. Конспект лекцій [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В. І. Сенько, К. В. Трубіцин, В. І. Чибеліс. – Електронні текстові дані (1 файл: 5,02 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 241 с. – Реєстр. № НП 21/22-445.
<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/47885>.

3. Промислова електроніка. Лабораторні роботи [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: К. В. Трубіцин, К.К. Победаш. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,38 Мбайт).– Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. –109 с. – Реєстр. № НП 21/22-460. Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 5 від 26.05. 2022 р.) за поданням Вченої ради Факультету електроенерготехніки та автоматики (протокол № 9 від 17.05. 2022 р). <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/51295>
4. Силова перетворювальна техніка. Лабораторні роботи [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: К. В. Трубіцин, К.К. Победаш, Д. К. Зіменков.. – Електронні текстові дані (1 файл: 4,18 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 89 с. – Реєстр. № НП 21/22-445. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48005>
5. Мікропроцесори та цифрова електроніка [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою 141 - "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка", спеціалізації «Електротехнічні пристрої та електротехнологічні комплекси» / К. К. Победаш, В. А. Святненко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,2 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 121 с. . <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/45666>
6. Мікропроцесори та цифрова електроніка: Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 141 - «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», спеціалізації «Електротехнічні пристрої та електротехнологічні комплекси» / К. К. Победаш, В. А. Святненко, К. В. Трубіцин ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,34 Мбайт).–Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019.–78с. <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/27616>

Додаткові:

7. К. К. Победаш, В. В. Михайленко, К. В Трубіцин, В. А. Святненко ЕЛЕКТРОНІКА ТА МІКРОСХЕМОТЕХНІКА Керовані випрямлячі РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА Електронні текстові дані (1 файл: 1,76 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 55 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/23383>
 8. Методичні вказівки до проведення практичних занять з дисципліни «Електроніка і мікросхемотехніка» / НТУУ «КПІ» ; уклад. В. І. Сенько, К. К. Победаш, В. А. Святненко [та ін.]. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 62 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/15804>
 9. Електроніка та мікросхемотехніка [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.050702 "Електромеханіка"/ А.А. Щерба, К.К. Победаш, В.А. Святненко: - Київ: НТУУ "КПІ", 2013. - 360 с. Режим доступу: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/3569>
 10. Програмування мікроконтролерів AVR : [навчальний посібник] / С. М. Цирульник, О. Д. Азаров, Л. В. Крупельницький, Т. І. Трояновська. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 111 с. URL : http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/IRVC/2021/Tsirulnik_2018_111.pdf
1. Державні стандарти
 11. ДСТУ 2843-94. Електротехніка. Основні поняття. Терміни та визначення.
 12. ДСТУ 3323:2003.ДСТУ ГОСТ 2.702:2013.Єдина система конструкторської документації. Правила виконання електричних схем.
 13. ДСТУ 2815-94 Електричні та магнітні кола та пристрої.
 14. ДСТУ 3120-95 Електротехніка. Літерні позначення основних величин.

4. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
1	Розділ 1. Елементна база. Вступ. Основні напрямки розвитку електроніки. Розділи дисципліни та особливості їх вивчення. Тема 1.1. Напівпровідникові діоди: випрямні, імпульсні, стабілітрони. Література: 1, с. 17-30; 2, с.28-32.
2	Тема 1.2. Біполярні транзистори (БТ). Класифікація і принцип дії БТ. Схеми вмикання, основні параметри і статичні характеристики БТ. Література: 1, с. 31-41; 2, с.34-44.
3	Тема 1.3. Польові транзистори. Польові транзистори з р-п переходами. Польові транзистори з ізольованим затвором. Література: 1, с. 42-49; 2, с.45-53. IGBT транзистори. Тиристори. Параметри і характеристики. Література: 1, с. 51-61; 2, с.54-61
4	Тема 1. 5. Операційні підсилювачі. Література: 1, с. 134-144.
5	Розділ 2. Перетворювальні пристрої. Тема 2.1. Випрямлячі однофазного струму Випрямлячі, їх класифікація, параметри і характеристики. Однофазний мостовий випрямляч. Робота випрямлячів на активне і індуктивне навантаження. Література: 3, с. 7-19; 4, с.88-99.
6	Тема 2.2. Керовані випрямлячі Однофазні керовані випрямлячі. Робота випрямлячів на активне та індуктивне навантаження. Література: 3, с. 20-30; 4, с.100-110.
7	Тема 2.4. Згладжувальні фільтри. Індуктивний L-фільтр, ємнісний С-фільтр, Г-подібний LC-фільтр Література: 1, с. 204-209;
8	Тема 2.4. Трифазні випрямлячі. 2.4.1. Трифазний випрямляч з нульовим виводом. Робота на активне та індуктивне навантаження. 2.4.2. Трифазний мостовий випрямляч. Робота на активне та індуктивне навантаження. Література: 3, с. 31-48; 4, с.111-126.
9	Тема 2.5. Автономні інвертори. 2.5.1. Загальні відомості. 2.5.2 Автономні інвертори напруги. Література: 3, с. 81-95; 5, с.41-53
10	Розділ 3. Елементи цифрових систем керування перетворювальних пристроїв Тема 3.1. Системи числення. Двійкова арифметика. Основні аксіоми і закони алгебри логіки. Логічні елементи. Класифікація логічних елементів. Логічні елементи І, АБО, НЕ, АБО-НЕ, І-НЕ, алгоритми їх дії. Література: Л.7, с. 9-16
11	Тема 3.2. Послідовнісні цифрові пристрої. Асинхронний RS-тригер. Синхронний RS-тригер. Т-тригер. D-тригер. JK-тригер. Література: Л.7, с.47-62

12	Тема 3.3. Двійкові лічильники. Різновиди лічильників. Додаючі лічильники. Віднімаючі лічильники. Реверсивні лічильники. Лічильники з довільним коефіцієнтом лічби. Література: Л.7, с.62-70 Регістри. Регістри пам'яті. Зсувні регістри. Література: Л.7, с.70-77
13	Тема 3.5. Комбінаційні логічні пристрої. Побудова комбінаційних пристроїв за заданими функціями у відповідних базисах. Мультиплексори, демультиплексори. Шифратори, дешифратори. Кодоперетворювачі Література: Л.7, с. 80-92
14	Розділ 4. Мікропроцесори та мікроконтролери. Тема 4.1. Структурна схема мікропроцесора. Призначення основних функціональних вузлів мікропроцесора. Інтерфейси мікропроцесорних систем Література: Л.7, с.111-116
15	Тема 4.2. Програмне забезпечення мікроконтролерів. Системне, інструментальне та прикладне програмні забезпечення. Література: Л.11

Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
Розділ 1. Елементна база.	
1.	Тема 1.1. Напівпровідникові діоди. Вибір діода за розрахунками Завдання на СРС: характеристики та параметри діодів за довідниками
2.	Тема 1.2. Біполярні транзистори. Побудова динамічного режиму роботи транзистора Завдання на СРС: ознайомлення з індивідуальним завданням
Розділ 2. Перетворювальні пристрої.	
3.	Тема 2.1. Керовані випрямлячі Розрахунок діапазону регулювання однофазного керованого випрямляча. Завдання на СРС: Підготовка до МКР 1-1
4.	Тема 2.2. Керовані випрямлячі Розрахунок елементів схеми випрямляча. МКР 1-1 Завдання на СРС: РГР- розрахунок елементів схеми випрямляча
5.	Тема 2.3. Керовані випрямлячі Побудова системи керування керованого випрямляча Завдання на СРС: РГР- вибір елементів випрямляча
6.	Тема 2.2. Керовані випрямлячі Побудова системи керування керованого випрямляча. Завдання на СРС: Підготовка до МКР 1-2
7.	Тема 2.4. Згладжувальні фільтри Розрахунок згладжувального фільтра МКР 1-2 Завдання на СРС: оформлення РГР

Розділ 3. Елементи цифрових систем керування перетворювальних пристроїв.

8.

Тема 3.1.Логічні елементи. Побудова логічних схем.

Завдання на СРС: побудова логічних схем у різних базисах

№ з/п	Лабораторні роботи
1	Розділ 1. Елементна база. <i>Лабораторна робота № 1</i> <i>Ознайомлення з контрольно-вимірювальною апаратурою</i> <i>Тривалість роботи: 2 години.</i> <i>Література: 3, с.9</i>
2	<i>Лабораторна робота № 2</i> <i>Підсилювальні каскади на біполярних транзисторах.</i> <i>Тривалість роботи: 2 години.</i> <i>Література: 3,с.34</i>
3	<i>Лабораторна робота № 3</i> <i>Дослідження розв'язуючих підсилювачів</i> <i>Тривалість роботи: 2 години.</i> <i>Література: 3,с.46</i>
4	Розділ 2. Перетворювальні пристрої.. <i>Лабораторна робота № 4</i> <i>Дослідження однофазних випрямлячів.</i> <i>Тривалість роботи: 2 години.</i> <i>Література: 4, с. 20.</i>
5	<i>Лабораторна робота № 5</i> <i>Дослідження згладжувальних фільтрів.</i> <i>Тривалість роботи: 2 години.</i> <i>Література: 4, с. 34</i>
6	Розділ 3. Елементи цифрових систем керування перетворювальних пристроїв. <i>Лабораторна робота № 6</i> <i>Дослідження логічних елементів</i> <i>Тривалість роботи: 2 години.</i> <i>Література: 6, с. 17.</i>
7	<i>Лабораторна робота № 7</i> <i>Дослідження тригерів</i> <i>Мета роботи: ознайомитися з принципом побудови та логікою роботи тригерів.</i> <i>Тривалість роботи: 2 години.</i> <i>Література: 6, с. 25.</i>

Розрахунково-графічна робота РГР

В якості індивідуального завдання студенти виконують розрахунково-графічну роботу (РГР). Метою РГР є закріплення теоретичних знань із дисципліни, набуття студентами практичних навичок самостійного вирішення задач із розрахунку електронних пристроїв. Тематика та завдання на РГР наведені у Додатку 3 до силабусу.

4. Самостійна робота студента/аспіранта

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять. Запитання для самоконтролю.	30
2	Проведення розрахунків за первинними даними, отриманими на лабораторних заняттях	14
3	Виконання РГР	10
4	Підготовка до МКР	6
5	Підготовка до екзамену	30
Всього		90

Політика та контроль

5. 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. Відпрацювання лабораторних робіт з дисципліни є обов'язковою умовою допуску до екзамену;
- 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 захисту лабораторних робіт: допускається як індивідуальний захист лабораторних робіт, так і колективний (у складі бригади, склад якої визначають на першому лабораторному занятті). В обох випадках оцінюють індивідуальні відповіді кожного студента.
- 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, участь у факультетських та інститутських наукових конференціях. Штрафні бали нараховують за несвоєчасний захист лабораторних робіт та РГР.
- політика дедлайнів та перескладань: несвоєчасний захист лабораторних робіт передбачають нарахування штрафних балів. Якщо студент не приходив або не з'явився на МКР, його результат оцінюється у 0 балів.

Перескладання захисту лабораторних робіт та 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 «Електроніка та мікросхемотехніка»;
- 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

Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: експрес-опитування, МКР, захист лабораторних робіт та РГР.

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

Семестровий контроль: екзамен

Умови допуску до семестрового контролю: зарахування усіх лабораторних робіт, виконання та захист розрахунково-графічної роботи.

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

- відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях/практиках;
- виконання та захист лабораторних робіт;
- виконання модульної контрольної роботи (МКР);
- виконання та захист розрахунково-графічної роботи;
- відповіді на екзамені

Експрес-опитування	Лаб. роботи	РГР	МКР	Екз	Всього
4	28	8	10	50	100

Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях/практичних заняттях

Ваговий бал – 1.

Максимальна кількість балів на всіх лекціях/практиках – 1 бали $\times$ 4 = 4 балів.

Мінімальна кількість балів на всіх лекціях – 1 бали $\times$ 4 $\times$ 0,6 = 2,4 балів

Критерії оцінювання

- правильні відповіді на окремі питання з місця – 1 бали;
- студент припускається окремих помилок – 0.8 бали;
- студент частково відповідає на питання – 0.6 бали.

Виконання та захист лабораторних робіт

Ваговий бал – 4.

Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює 4 бали $\times$ 7 = 28 балів.

Мінімальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює 4 бали $\times$ 8 $\times$ 0.6 = 16,8 бали

Критерії оцінювання

- повне виконання експериментальної частини роботи, точна обробка експериментальних даних, якісне оформлення протоколу і повна відповідь при захисті роботи – 3,6..... 4 балів;
- обробка експериментальних даних з незначними помилками або неякісне оформлення протоколу – 3..... 3,5 балів;

- суттєві помилки в експериментальних даних але повне розуміння теми і матеріалу лабораторної роботи – 2,4... 2.9 балів;
- неповна або неточна відповідь при захисті роботи і погане оформлення протоколу – 0 балів;

Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота складається з 2х частин:

МКР1-1: Елементна база та однофазні випрямлячі,

МКР1-2: Трифазні випрямлячі, Елементи цифрових систем керування перетворювальних пристроїв

Ваговий бал кожної частини МКР – 5 балів.

Максимальний бал за МКР – $2 \times 5 = 10$ балів.

Мінімальний бал за МКР – $2 \times 5 \times 0.6 = 6$ балів

Критерії оцінювання

- вичерпні відповіді на питання, дає чіткі визначення всіх понять і величин, відповіді логічні і послідовні – 4.5...5 балів;
- відповідаючи на питання, студент припускається окремих помилок, але може їх виправити за допомогою викладача; знає визначення основних понять і величин дисципліни -4...4.4 балів;
- частково відповідає на питання, показує знання, але відповіді непослідовні і нечіткі- 3....3.9 балів;
- неготовність до лабораторної роботи, пасивна участь у виконання досліджень, неякісна обробка результатів, невірні відповіді на контрольні питання за темою роботи – 0 балів.

Індивідуальне семестрове завдання (РГР)

- Згідно з робочою навчальною програмою кожен студент виконує розрахунково-графічну роботу.
- Максимальна кількість балів за виконання РГР – 8 балів.
- Мінімальна кількість балів за виконання РГР – 4.8 балів.

Критерії оцінювання

- вибір оптимального методу розрахунку, правильне виконання розрахунків з повним поясненням, перевірка результатів розв'язку, побудова вказаних в умові діаграм; вільне володіння теорією за темою РГР під час захисту – $(0,9..1) \times 8$ балів;
- правильне складання системи рівнянь та її розв'язок, перевірка отриманих результатів, відсутність вказаних в умові діаграм; незначні помилки чи неточності при відповіді на теоретичні питання за темою РГР під час захисту – $(0,89..0,75) \times 8$ балів;
- правильне складання системи рівнянь та її розв'язок, відсутність перевірки отриманих результатів та вказаних в умові діаграм; часткове володіння теорією за темою РГР під час захисту – $(0,74..0,6) \times 8$ балів;
- розв'язання задачі з принциповими помилками – 0 балів.

УВАГА!!! Допуск до наступної лабораторної роботи надається виключно за умови відпрацювання та захисту попередньої лабораторної роботи!

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 – екзамен

Необхідною умовою допуску до екзамену є виконання всіх лабораторних робіт та захист РГР.

УВАГА! Студенти, що на момент консультації перед екзаменом не виконали всі лабораторні роботи і не захистили РГР, не допускаються до основної сесії та готуються до перескладання під час додаткової сесії.

Екзаменаційна контрольна робота.

Екзаменаційна контрольна робота складається з чотирьох питань різних розділів курсу. Перелік питань надається у додатках до силабусу

Рейтинг екзаменаційної контрольної роботи 47 – 50 балів – студент правильно виконав завдання та здійснив якісне їх оформлення, дав чіткі визначення всіх понять і величин та вичерпні теоретичні обґрунтування аналізів заданих електричних кіл, відповіді логічні і послідовні.

Рейтинг екзаменаційної контрольної роботи 43 – 46 балів – студент правильно виконав завдання та здійснив якісне їх оформлення, дав чіткі визначення всіх понять і величин та неповне теоретичні обґрунтування, відповіді логічні і послідовні.

Рейтинг екзаменаційної контрольної 38 – 42 балів – відповідаючи на питання, студент припускається окремих помилок, але може їх виправити за допомогою викладача; дав чіткі визначення всіх понять і величин та часткове теоретичне обґрунтування аналізу схем, відповіді логічні і послідовні.

Рейтинг екзаменаційної контрольної 34 – 37 балів – студент частково відповідає на питання, знає визначення основних понять і величин дисципліни, в цілому розуміє суть аналізу схем

Рейтинг екзаменаційної контрольної 30 – 33 балів – студент частково відповідає на питання, показує знання основних понять і величин дисципліни, але недостатньо розуміє суть порядку аналізу заданих схем. Відповіді непослідовні і нечіткі.

Рейтинг екзаменаційної контрольної роботи 0 – у відповіді студент припускається суттєвих помилок, проявляє незрозуміння фізичної суті електромагнітних процесів, не може виправити помилки за допомогою викладача. Відповіді некоректні, а в деяких випадках не відповідають суті поставленого питання.

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

6. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

У разі дистанційного навчання студент несе повну відповідальність за наявність у нього технічних засобів комунікації (інтернет, е-пошта, комп'ютер, веб-камера, відповідне програмне забезпечення тощо), необхідних для вивчення дисципліни.

Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у НАКАЗІ № 7-177 ВІД 01.10.2020 ПРО ЗАТВЕРДЖЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ПРО ВИЗНАННЯ В КПІ ІМ. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ, НАБУТИХ У НЕФОРМАЛЬНІЙ/ІНФОРМАЛЬНІЙ ОСВІТІ

Силабус освітнього компонента:

Складено: старшим викладачем теоретичної електротехніки, Святненком Вадимом Анатолійовичем

Ухвалено: кафедрою ТЕ (протокол № 14 від 24.06.2026)

Погоджено: навчально-методичною комісією ФЕА (протокол № 10 від 24.06.2026)

вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни «Електроніка та мікросхемотехніка»;

- 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

Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: експрес-опитування, МКР, захист лабораторних робіт та РГР.

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

Семестровий контроль: екзамен

Умови допуску до семестрового контролю: зарахування усіх лабораторних робіт, виконання та захист розрахунково-графічної роботи.

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

- відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях/практиках;
- виконання та захист лабораторних робіт;
- виконання модульної контрольної роботи (МКР);
- виконання та захист розрахунково-графічної роботи;
- відповіді на екзамені

Експрес-опитування	Лаб. роботи	РГР	МКР	Екз	Всього
4	28	8	10	50	100

Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях/практичних заняттях

Ваговий бал – 1.

Максимальна кількість балів на всіх лекціях/практиках – 1 бали $\times$ 4 = 4 балів.

Мінімальна кількість балів на всіх лекціях – 1 бали $\times$ 4 $\times$ 0,6 = 2,4 балів

Критерії оцінювання

- правильні відповіді на окремі питання з місця – 1 бали;
- студент припускається окремих помилок – 0,8 бали;
- студент частково відповідає на питання – 0,6 бали.

Виконання та захист лабораторних робіт

Ваговий бал – 4.

Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює 4 бали $\times$ 7 = 28 балів.

Мінімальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює 4 бали $\times$ 8 $\times$ 0,6 = 16,8 бали

Критерії оцінювання

- повне виконання експериментальної частини роботи, точна обробка експериментальних даних, якісне оформлення протоколу і повна відповідь при захисті роботи – 3,6..... 4 балів;
- обробка експериментальних даних з незначними помилками або неякісне оформлення протоколу – 3.... 3,5 балів;
- суттєві помилки в експериментальних даних але повне розуміння теми і матеріалу лабораторної роботи – 2,4... 2,9 балів;
- неповна або неточна відповідь при захисті роботи і погане оформлення протоколу – 0 балів;

Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота складається з 2х частин:

МКР1-1: Елементна база.

МКР1-2:Перетворювальні пристрої. Елементи цифрових систем керування перетворювальних пристроїв.

Ваговий бал кожної частини МКР – 5 балів.

Максимальний бал за МКР – $2 \times 5 = 10$ балів.

Мінімальний бал за МКР – $2 \times 5 \times 0.6 = 6$ балів

Критерії оцінювання

- вичерпні відповіді на питання, дає чіткі визначення всіх понять і величин, відповіді логічні і послідовні – 4.5...5 балів;
- відповідаючи на питання, студент припускається окремих помилок, але може їх виправити за допомогою викладача; знає визначення основних понять і величин дисципліни -4...4.4 балів;
- частково відповідає на питання, показує знання, але відповіді непослідовні і нечіткі- 3....3.9 балів;
- неготовність до лабораторної роботи, пасивна участь у виконання досліджень, неякісна обробка результатів, невірні відповіді на контрольні питання за темою роботи – 0 балів. Перелік питань до МКР наданий у додатку 1.

-

Індивідуальне семестрове завдання (РГР)

- Згідно з робочою навчальною програмою кожен студент виконує розрахунково-графічну роботу.
- Максимальна кількість балів за виконання РГР – 8 балів.
- Мінімальна кількість балів за виконання РГР – 4.8 балів.

Критерії оцінювання

- вибір оптимального методу розрахунку, правильне виконання розрахунків з повним поясненням, перевірка результатів розв'язку, побудова вказаних в умові діаграм; вільне володіння теорією за темою РГР під час захисту – $(0,9..1) \times 8$ балів;
- правильне складання системи рівнянь та її розв'язок, перевірка отриманих результатів, відсутність вказаних в умові діаграм; незначні помилки чи неточності при відповіді на теоретичні питання за темою РГР під час захисту – $(0,89..0,75) \times 8$ балів;
- правильне складання системи рівнянь та її розв'язок, відсутність перевірки отриманих результатів та вказаних в умові діаграм; часткове володіння теорією за темою РГР під час захисту – $(0,74..0,6) \times 8$ балів;
- розв'язання задачі з принциповими помилками – 0 балів.

УВАГА!!! Допуск до наступної лабораторної роботи надається виключно за умови відпрацювання та захисту попередньої лабораторної роботи!

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 – екзамен

Необхідною умовою допуску до екзамену є виконання всіх лабораторних робіт та захист РГР.

УВАГА! Студенти, що на момент консультації перед екзаменом не виконали всі лабораторні роботи і не захистили РГР, не допускаються до основної сесії та готуються до перескладання під час додаткової сесії.

Екзаменаційна контрольна робота.

Екзаменаційна контрольна робота складається з чотирьох питань різних розділів курсу. Перелік питань надається у додатку 1 до силабусу

Рейтинг екзаменаційної контрольної роботи 47 – 50 балів –студент правильно

виконав завдання та здійснив якісне їх оформлення, дав чіткі визначення всіх понять і величин та вичерпні теоретичні обґрунтування аналізів заданих електричних кіл, відповіді логічні і послідовні.

Рейтинг екзаменаційної контрольної роботи 43 – 46 балів – студент правильно виконав завдання та здійснив якісне їх оформлення, дав чіткі визначення всіх понять і величин та неповне теоретичні обґрунтування, відповіді логічні і послідовні.

Рейтинг екзаменаційної контрольної 38 – 42 балів – відповідаючи на питання, студент припускається окремих помилок, але може їх виправити за допомогою викладача; дав чіткі визначення всіх понять і величин та часткове теоретичне обґрунтування аналізу схем, відповіді логічні і послідовні.

Рейтинг екзаменаційної контрольної 34 – 37 балів – студент частково відповідає на питання, знає визначення основних понять і величин дисципліни, в цілому розуміє суть аналізу схем

Рейтинг екзаменаційної контрольної 30 – 33 балів – студент частково відповідає на питання, показує знання основних понять і величин дисципліни, але недостатньо розуміє суть порядку аналізу заданих схем. Відповіді непослідовні і нечіткі.

Рейтинг екзаменаційної контрольної роботи 0 – у відповіді студент припускається суттєвих помилок, проявляє незрозуміння фізичної суті електромагнітних процесів, не може виправити помилки за допомогою викладача. Відповіді некоректні, а в деяких випадках не відповідають суті поставленого питання.

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

7. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

У разі дистанційного навчання студент несе повну відповідальність за наявність у нього технічних засобів комунікації (інтернет, е-пошта, комп'ютер, веб-камера, відповідне програмне забезпечення тощо), необхідних для вивчення дисципліни.

Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у НАКАЗІ № 7-177 ВІД 01.10.2020 ПРО ЗАТВЕРДЖЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ПРО ВИЗНАННЯ В КПІ ІМ. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ, НАБУТИХ У НЕФОРМАЛЬНІЙ/ІНФОРМАЛЬНІЙ ОСВІТІ

Силабус освітнього компонента:

Складено: старшим викладачем теоретичної електротехніки, Святненком Вадимом Анатолійовичем

Ухвалено: кафедрою ТЕ (протокол № 14 від 24.06.2026)

Погоджено: навчально-методичною комісією ФЕА (протокол № 10 від 24.06.2026)

Перелік питань, які виносяться на МКР**МКР1-1**

1. Поясніть, чому напівпровідники при температурі абсолютного нуля не проводять струм.
2. Поясніть властивості напівпровідників n-типу і р-типу. Які носії електричних зарядів у них є основними, а які – неосновними?
3. Що таке напівпровідники. Чим вони відрізняються від провідників і діелектриків.
4. Що називають електронно-дірковим (р-п) переходом. Поясніть структуру й основні властивості цього переходу.
5. Що таке пряме та зворотне включення електронно-діркового переходу.
6. Поясніть, що являє собою електричний та тепловий пробіи р-п-переходу.
7. Нарисуйте і поясніть вольт-амперну характеристику р-п- переходу.
8. Поясніть залежність прямої і зворотної гілок вольт-амперної характеристики р-п- переходу від температури.
9. Що таке напівпровідниковий діод. Наведіть класифікацію та умовні позначення напівпровідникових діодів.
10. Що таке випрямний діод. Накресліть його умовне позначення і вольт-амперну характеристику. Де застосовуються випрямні діоди.
11. Що таке напівпровідниковий стабілітрон. Накресліть його умовне позначення і вольт-амперну характеристику. Де застосовуються напівпровідникові стабілітрони.
12. Поясніть сутність температурного коефіцієнта напруги (ТКН) стабілітрона. Від чого залежить його величина і знак (полярність).
13. Поясніть, що таке оптрон, наведіть схемні зображення оптронів.
14. Наведіть класифікацію та умовні позначення транзисторів.
15. Накресліть структуру та умовне позначення біполярних транзисторів р-п-р і n-р-п- типів.
16. Поясніть роботу біполярного транзистора.
17. Наведіть зв'язки між емітерним, колекторним і базовим струмами транзистора.
18. Поясніть будову і принцип дії біполярного транзистора.
19. Наведіть схеми включення біполярного транзистора.
20. Поясніть, чому коефіцієнт підсилення за струмом залежить від способу включення транзистора.
21. Поясніть, чому коефіцієнт підсилення за напругою транзистора залежить від способу його включення.
22. Поясніть, при якій схемі включення транзистор буде мати найбільший коефіцієнт підсилення за потужністю.
23. Зобразіть вхідну і вихідну вольт-амперні статичні характеристики біполярного транзистора, включеного за схемою зі спільним емітером.
24. Що являють собою h-параметри біполярного транзистора. Дайте фізичне тлумачення h-параметрів.
25. Наведіть фізичну Т-подібну модель транзистора. Дайте тлумачення фізичного змісту елементів схеми.
26. Поясніть сутність динамічного режиму транзистора. В яких режимах може працювати транзистор.
27. Наведіть умовні позначення польових транзисторів та їх статичні характеристики.
28. Якими параметрами характеризуються польові транзистори.
29. Наведіть класифікацію польових транзисторів з ізольованим затвором.
30. Поясніть принцип роботи польового транзистора з ізольованим затвором і вбудованим каналом.
31. Накресліть графіки вольт-амперних характеристик ПТ з вбудованим каналом.
32. Поясніть принцип роботи і статичні характеристики польового транзистора з ізольованим затвором і індукованим каналом.

33. Накресліть графіки вольт-амперних характеристик ПТ з індукованим каналом.
34. Наведіть переваги польових транзисторів.
35. Наведіть умовні позначення IGBT транзисторів та їх статичні характеристики.
36. Наведіть структуру і поясніть принцип роботи тиристора.
37. Приведіть вольт-амперну характеристику тиристора і пояснить її характерні ділянки. На якій з ділянок тиристор має від'ємний опір? .
38. Що таке струм вмикання I_{BM} і струм утримання I_{UT} тиристора?
39. Назвіть основні параметри тиристора.
40. Чому після включення тиристора відпадає необхідність в струмі керуючого електрода.

МКР1-2

1. Наведіть схему, часові діаграми напруг і струму та поясніть принцип дії однофазного випрямляча.
Наведіть схему, часові діаграми напруг і струму та поясніть принцип дії однофазного випрямляча.
2. Охарактеризуйте основні типи некерованих випрямлячів однофазного змінного струму. Накресліть їх схеми.
3. Наведіть схему, часові діаграми напруг і струму та поясніть принцип дії двопівперіодного однофазного випрямляча з нульовим виводом.
4. Наведіть схему, часові діаграми напруг і струму та поясніть принцип дії однофазного мостового випрямляча при роботі на активне навантаження.
5. Наведіть схему, часові діаграми напруг і струму та поясніть принцип дії однофазного мостового випрямляча.
6. Наведіть схему, часові діаграми напруг і струму та поясніть принцип дії однофазного мостового випрямляча при роботі на індуктивне навантаження.
7. Наведіть переваги і недоліки однофазних випрямлячів: з нульовим виводом і мостового.
8. Що таке коефіцієнт пульсації випрямленої напруги. Чому дорівнює коефіцієнт пульсації однофазних двотактних підсилювачів.
9. Поясніть, що таке кут керування керованого випрямляча. Поясніть залежність випрямленої напруги від величини кута керування.
10. Нарисуйте схему і поясніть роботу однофазного керованого випрямляча з нульовим виводом на активне навантаження.
11. Нарисуйте схему і поясніть роботу однофазного мостового керованого випрямляча на активне навантаження.
12. Що таке максимальний кут керування і чому він дорівнює у керованого випрямляча з нульовим виводом при роботі на активне навантаження?
13. Нарисуйте схему і поясніть роботу керованого випрямляча з нульовим виводом при роботі на індуктивне навантаження.
14. Нарисуйте схему і поясніть роботу керованого випрямляча з нульовим виводом при роботі на індуктивне навантаження.
15. Нарисуйте схему і поясніть роботу мостового керованого випрямляча при роботі на індуктивне навантаження.
16. Чому дорівнює максимальний кут керування мостового керованого випрямляча при роботі на індуктивне навантаження.
17. Нарисуйте регульовальні характеристики однофазних двотактних керованих випрямлячів при роботі на активне і індуктивне навантаження.
18. Поясніть залежність зовнішньої характеристики від величини кута керування.
19. З якою метою включають нульовий діод на виході керованого випрямляча, що працює на індуктивне навантаження.
20. Поясніть, в яких випадках застосовують трифазні випрямлячі.
21. Наведіть схему некерованого випрямляча за схемою з нульовим виводом і поясніть принцип її роботи.
22. Наведіть схему трифазного мостового випрямляча і поясніть принцип її роботи.
23. Поясніть переваги і недоліки випрямлячів за схемами Міткевича і Ларіонова.
24. Поясніть зовнішню характеристику випрямляча.
25. Поясніть, як визначається середнє значення випрямленої напруги в схемі Міткевича.
26. Поясніть, як визначити які діоди анодної і катодної групи в трифазному мостовому випрямлячі одночасно проводять струм.
27. Поясніть вплив на комутацію вентилів випрямляча індуктивностей розсіювання обмоток трансформатора і індуктивності мережі живлення.
28. Поясніть роботу трифазного некерованого випрямляча за схемою Міткевича на індуктивне навантаження.
29. Системи числення.
30. Двійкова арифметика.

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль

1. Випрямні діоди. Основні параметри, вольт-амперних характеристики, умовні позначення.
2. Стабілітрони. Особливості їх параметрів, вольт-амперних характеристик, умовні позначення.
3. Біполярні транзистори (БТ). Класифікація і принцип дії БТ.
4. Біполярні транзистори (БТ). Основні параметри і статичні характеристики БТ.
5. Схеми вмикання, основні параметри і статичні характеристики БТ.
6. Транзистори з ізольованим затвором (МДН (МОН) – транзистори, MOSFET). Класифікація, умовні позначення на електричних схемах, принцип дії, характеристики і параметри.
7. Біполярні транзистори з ізольованим затвором (IGBT), умовні позначення на електричних схемах, характеристики і параметри.
8. Тиристори. Класифікація, умовні позначення на електричних схемах, характеристики і параметри.
9. Двоопераційні тиристори (GTO). Класифікація, умовні позначення на електричних схемах, характеристики і параметри. Тиристорні оптопари.
10. Випрямлячі, їх класифікація, параметри і характеристики.
11. Однофазний мостовий випрямляч. Робота схеми на активне навантаження.
12. Однофазний мостовий випрямляч. Робота схеми на індуктивне навантаження.
13. Однофазний мостовий випрямляч. Робота схеми на ємнісний фільтр.
14. Однофазний керований випрямляч. Робота (схема мостова симетрична) на індуктивне навантаження.
15. Однофазний керований випрямляч. Робота (схема мостова симетрична) на активне навантаження.
16. Однофазний керований випрямляч. Робота (схема мостова симетрична) на індуктивне навантаження з нульовим діодом.
17. Трифазний випрямляч з нульовим виводом трансформатора. Робота на активне навантаження.
18. Трифазний випрямляч з нульовим виводом трансформатора. Робота на індуктивне навантаження.
19. Трифазний мостовий випрямляч. Робота на активне навантаження.
20. Трифазний мостовий випрямляч. Робота на індуктивне навантаження.
21. Інвертори ведені мережею (Залежні інвертори). Однофазний ведений інвертор.
22. Автономні інвертори. Класифікація. Основні параметри і характеристики.
23. Однофазний інвертор напруги на неповністю керованих вентилях.
24. Однофазний інвертор напруги на повністю керованих вентилях.
25. Системи числення.
26. Двійкова арифметика.
27. Основні аксіоми і закони алгебри логіки.
28. Логічні елементи. Класифікація логічних елементів.
29. Логічні елементи І, АБО, НЕ, АБО-НЕ, І-НЕ, алгоритми їх дії.
30. Схемотехніка інтегральних тригерів.
31. RS-тригери.
32. Т-тригер.
33. D-тригер.
34. JK-тригер.
35. Регістри пам'яті.
36. Регістри зсуву.
37. Двійкові лічильники.
38. Додаючі лічильники
39. Віднімаючі лічильники.
40. Реверсивні лічильники.
41. Лічильники з довільним коефіцієнтом лічби.

- 42. Мультиплексори.
- 43. Демультимплексори.
- 44. Шифратори.
- 45. Дешифратори.
- Кодоперетворювачі

Додаток 3

ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ

до розрахунково-графічної роботи по темі №1 "Однофазнийкерований випрямляч"

[illegible]

ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ
до розрахунково-графічної роботи по темі № 2 "Трифазний керований випрямляч"

Трифазний керований випрямляч	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$E_{\text{ном}} [\text{В}]$	400	127	230	230	400	115	127	110	115	400	127	230	115	127	110	400	110	127	230	400
$E_{\text{min}} [\text{В}]$	360	114	207	207	360	103	114	99	103	360	114	207	103	114	99	360	99	114	207	360
$E_{\text{max}} [\text{В}]$	440	140	253	253	440	127	140	121	127	440	140	253	127	140	121	440	121	140	253	440
$f_{\text{М}} [\text{Гц}]$	400	60	50	400	50	1000	1000	50	60	400	50	60	1000	50	400	50	1000	400	50	1000
$U_{\text{ном}} [\text{В}]$	280	100	350	330	300	90	250	50	60	200	90	100	200	220	80	250	90	320	110	180
$U_{d \text{ min}} [\text{В}]$	270	90	340	320	290	80	240	40	50	190	80	90	190	210	70	240	80	310	100	170
$U_{d \text{ max}} [\text{В}]$	290	110	360	340	310	100	260	60	70	210	100	110	210	230	90	260	100	330	120	190
$I_{d \text{ min}} [\text{А}]$	10	6	8	5	6	6	10	10	5	7	7	6	5	10	8	10	5	6	7	8
$I_{d \text{ max}} [\text{А}]$	30	25	20	20	25	20	20	25	20	25	20	20	25	30	25	30	20	25	25	25
$U_{(1)\text{М}} [\text{В}]$	≤ 1	≤ 0.5	≤ 1.5	≤ 1.5	≤ 1.5	≤ 0.5	≤ 1	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 1	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 1	≤ 1	≤ 0.5	≤ 1	≤ 0.5	≤ 1.5	≤ 1	≤ 0.5
$T_{c \text{ min}} [^{\circ}\text{C}]$	-20	-30	-20	-30	-40	-40	-20	-30	-40	-20	-20	-30	-20	-40	-30	-20	-20	-30	-30	-40
$T_{c \text{ max}} [^{\circ}\text{C}]$	+20	+30	+30	+30	+30	+50	+20	+20	+40	+40	+30	+30	+20	+40	+30	+30	+20	+30	+20	+30