

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсового проєкту за фахом студентами
спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка»
(освітні програми «Електричні та електронні апарати» та
«Електромеханічне обладнання енергоємних виробництв»)
всіх форм навчання

2020

Методичні вказівки до виконання курсового проєкту за фахом студентами спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (освітні програми «Електричні та електронні апарати» та «Електромеханічне обладнання енергоємних виробництв») всіх форм навчання. Укл.: П. Д. Андрієнко, Л. Б. Жорняк, В. В. Василевський. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2020. – 43 с.

Укладачі:

П. Д. Андрієнко, проф., д. т. н.
Л. Б. Жорняк, доцент, к. т. н.
В. В. Василевський, ст. викладач, к. т. н.

Рецензент:

О. В. Близняков, доцент, к. т. н.

Відповідальний
за випуск:

Р. Е. Мохнач, завідувач лабораторією

Затверджено
на засіданні кафедри
“Електричні і електронні апарати”.
Протокол № 1
від 17 серпня 2020 р.

Рекомендовано до видання
НМК ЕТФ.
Протокол №1
від 17 вересня 2020 р.

ЗМІСТ

1 Мета та завдання курсового проєкту.....	5
2 Обсяг і зміст курсових проєктів.....	6
2.1 Загальні вказівки до виконання курсового проєкту.....	7
3 Організація та керівництво курсового проєкту.....	8
3.1 Вимоги до тем курсових проєктів.....	8
3.2 Керівництво виконанням курсового проєкту.....	8
4 Організація захисту курсових проєктів.....	10
4.1 Оформлення курсового проєкту.....	10
4.2 Організація захисту курсового проєкту.....	10
5 Рекомендації щодо виконання окремих розділів курсових проєктів.....	11
5.1 Курсові проєкти конструкторського напрямку.....	12
5.2 Курсові проєкти виробничо-технологічного напрямку...	14
5.3 Вимоги до виконання графічної частини проєктів.....	18
5.4 Специфікації.....	18
5.5 Загальні правила виконання креслень.....	18
5.6 Основні вимоги до креслень.....	18
5.7 Нанесення розмірів і граничних відхилень.....	21
5.8 Нанесення граничних відхилень форми і розташування поверхонь.....	22
5.9 Позначення шорсткості поверхні.....	23
5.10 Нанесення на креслення технічних вимог.....	26
5.11 Основні написи на графічній частині.....	27
5.12 Позначення конструкторської документації.....	27

5.13 Специфікації до графічної частини курсового проєкту...	30
Перелік джерел посилання.....	31
Додаток А.....	36
Додаток Б.....	42

1 МЕТА ТА ЗАВДАННЯ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

Важливим етапом в процесі підготовки висококваліфікованих спеціалістів та магістрів є курсове проєктування за фахом. Задача проєктування – самостійно виконати інженерну, або наукову роботу, використовуючи знання, отримані в процесі вивчення дисциплін навчального плану. Курсові проєкти виконуються з метою закріплення, поглиблення і узагальнення знань, одержаних студентами за час навчання та їх застосування до комплексного вирішення конкретного фахового завдання. Курсові (кваліфікаційні) проєкти виконуються на завершальному етапі навчання студентів у вищому навчальному закладі і передбачають:

- систематизацію, закріплення, розширення теоретичних і практичних знань зі спеціальності та застосування їх при вирішенні конкретних наукових, технічних, економічних виробничих й інших завдань;

- розвиток навичок самостійної роботи і оволодіння методикою дослідження та експерименту, пов'язаних з темою проєкту [1].

При розробці проєктів студенти набувають навички самостійного вирішення нових питань наукових та інженерних задач, навчаються обґрунтовувати прийняті рішення.

Проєкти являються самостійною творчою роботою студента, при їх виконанні відкривається можливість розробки нових, актуальних технічних питань, направлених на подальший прогресивний розвиток вітчизняної науки і техніки. Крім того, цей проєкт являється важливою частиною дипломного проєкту або магістерської роботи студенту. Курсовий проєкт є першим варіантом або частиною рішення задачі, яка в подальшому буде поглиблюватись і завершуватись в дипломному проєкті або магістерській роботі. Тому студентом в проєкті мають відображатися новітні досягнення вітчизняної і закордонної науки і техніки, питання подальшого технічного процесу виробництва, використовуючи внутрішні резерви підприємства, комплексної механізації та автоматизації виробничих процесів та т.д.

Курсове проєктування дозволяє систематизувати, розширити та закріпити теоретичні та практичні знання по дисциплінам спеціальності при вирішенні конкретних науково-технічних і виробничих задач.

2 ОБСЯГ І ЗМІСТ КУРСОВИХ ПРОЄКТІВ

Проект повинен складатися з пояснювальної записки (ПЗ) та графічної частини і виконуватись відповідно до єдиних вимог до обсягу проекту, креслень та змісту ПЗ.

Обсяг ПЗ і графічної частини курсового проекту не більше 40 – 55 сторінок ПЗ та не менше 2 аркушів креслення форматом А1. Обсяг ПЗ та графічної частини комплексних проєктів, виконаних на реальній основі, установлюється кафедрою, але не більше того об'єму, що вказаний вище. Обсяг ПЗ та графічної частини курсових проєктів, що є основою комплексних дипломних проєктів, або магістерських та дослідницьких робіт, та виконаних на основі, реальних розробок встановлюється кафедрою електричних апаратів, але не більше того об'єму, що вказаний вище.

Курсові проєкти необхідно оформлювати згідно з вимогами відповідних галузевих стандартів до проєктно-конструкторської та проєктно-технологічної документації, а саме відповідно до ДСТУ 3008:2015 «Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання» [57]. Пояснювальна записка до курсового проєкту (текстова частина) має у стислій та чіткій формі розкривати творчий задум проєкту (роботи), містити аналіз сучасного стану проблеми, методів вирішення завдань проєкту (роботи), обґрунтування їх оптимальності, методики та результати розрахунків, містити необхідні ілюстрації, ескізи, графіки, діаграми, таблиці, схеми, рисунки та ін. В ній мають бути відсутні загальновідомі положення, зайві описи, виведення складних формул тощо. Текст складається в друкованому вигляді на аркушах формату А4 шрифтом Times New Roman 14 пунктів, міжрядковий інтервал 1,5 Lines.

Зміст курсового проєкту повинен передбачати розробку проєктних рішень у вигляді відповідних обґрунтувань, розрахунків, які разом з графічною частиною повинні відображати комплекс проєктних рішень, що відповідають задачам, які поставлені в завданні на виконання роботи. Загальні вимоги до ПЗ: чітка побудова, логічна послідовність викладеного матеріалу, коротке і точне формулювання, конкретне викладення результатів роботи, доказ виводів та обґрунтованість рекомендацій.

Пояснювальна записка до курсового проєкту повинна коротко та чітко розкривати творчі задуми проєкту, супроводжуватись ілюстраціями (графіками, ескізами, діаграмами, схемами).

2.1 Загальні вказівки до виконання курсового проєкту

На курсовий проєкт студент отримує індивідуальне завдання, яке видається керівником курсової роботи. Завдання оформлюється на спеціальному бланку, що затверджений навчальним відділом університету, і підписується керівником.

Пояснювальна записка повинна бути оформлена відповідно до вимог ДСТУ 3008:2015 і мати такі структурні елементи:

- титульний лист – додаток А;
- завдання на курсову роботу, оформлене на спеціальному бланку – додаток Б;
- реферат;
- зміст пояснювальної записки;
- текст пояснювальної записки;
- висновки за результатами роботи;
- перелік джерел посилання (список літератури, що використовувалася);
- додатки.

Текст пояснювальної записки повинен містити всі необхідні схеми, рисунки, ескізи, формули з розкриттям значень величин, що входять до них, пояснення до розрахунків, а також висновки по отриманих результатах. Одноманітні розрахунки повторювати не рекомендується, а їх результати краще оформлювати у вигляді таблиць. Обсяг пояснювальної записки як правило не повинен перевищувати 40-55 сторінок рукописного тексту.

3 ОРГАНІЗАЦІЯ ТА КЕРІВНИЦТВО КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

3.1 Вимоги до тем курсових проєктів

Тематика курсового проєкту (КП) повинна бути актуальною, відповідати вимогам кваліфікаційної характеристики інженера по спеціальності, відповідати сучасному стану та перспективам розвитку науки і техніки, враховувати реальні запити виробництва.

Курсові проєкти по тематиці мають бути такими, щоб в подальшому при продовженні, розширенні та поглибленні їх студентами вони могли стати дипломним проєктом або магістерською роботою. При цьому вони повинні бути індивідуальними та узгодженими з інтересами та здібностями студентів без знижки загальних вимог до якості проєктів. Студентам надається право вибору теми проєкту за умови доцільності розробки об'єкту, що запропоновується.

Об'єктом курсового проєкту мусить бути обраний достатньо складний електричний апарат (високовольтний трансформатор струму або напруги, серія низьковольтних апаратів, комплектний розподільчий пристрій, перемикаючий пристрій силового трансформатора, напівпровідниковий перетворювач та інші) або технічний процес виготовлення електричного апарата. Темі курсових проєктів визначаються кафедрою. Закріплення за студентом теми курсового проєкту оформлюється за заявою студента, що підписується керівником не пізніше, ніж за місяць до початку конструкторсько-технологічної практики.

Основними темами курсового проєктування, як зазначено вище, мають бути такі, що відображають передові конструкторсько-технологічні рішення, новітні розробки в галузі матеріаловиробництва і т.д. Приклади тематики наведені у додатку А.

3.2 Керівництво виконанням курсового проєкту

Курсовий проєкт за фахом на кафедрі має виконуватися у відповідності із завданням, яке підписано студентом і керівником проєкту та затверджене на засіданні кафедри (при відсутності затвердженого завдання курсовий проєкт до захисту не допускається). Видача завдань проходить на останньому тижні навчального семестру до почат-

ку конструкторсько-технологічної практики. Курсовий проєкт має бути виконаний у відповідності до календарного графіка роботи, що узгоджений із завідувачем кафедри та деканом у відведений навчальний термін. При цьому встановлюється обов'язкова присутність на заняттях всіх студентів академічної групи та керівників проєкту.

В обов'язки керівника проєкту входить: розробка завдання, складання графіку роботи над проєктом, проведення обов'язкових (в навчальний час) та додаткових (в позанавчальний час) консультацій, забезпечення методичними вказівками, посібниками та іншою навчальною літературою.

Над курсовим проєктом студенти працюють, як правило, безпосередньо в аудиторіях кафедри під керівництвом викладача, або в бібліотеці. Для наочного уявлення про зміст, обсяг та оформлення курсових проєктів керівники проєктів можуть надавати студентам зразки кращих проєктів.

Після видачі завдання на курсовий проєкт керівник повинен провести вступну консультацію для всієї академічної групи студентів з метою роз'яснення значення проєктування, вимог що пред'являються до проєкту, до креслення, пояснювальної записки (ПЗ) в області їх змісту та оформлення вузлових питань, рекомендацій основної навчальної і методичної літератури.

Завдання на КП, затверджене завідувачем кафедри, видається керівниками проєктів студентам згідно із графіком навчального процесу. Форма завдання затверджена Міністерством освіти і науки України (додаток Б).

4 ОРГАНІЗАЦІЯ ЗАХИСТУ КУРСОВИХ ПРОЄКТІВ

4.1 Оформлення курсового проєкту

Пояснювальна записка, підписана студентом, здається на перевірку керівнику проєкту.

Перевіряючи ПЗ студента, керівник проєкту повинен відмітити кожен помилку і неточність, вказуючи на полях сутність помилки, підкреслити усі помічені орфографічні помилки і відмітити стилістичні похибки. Якщо проєкт задовольняє пред'явленим до нього вимогам, керівник робить напис на кресленнях та в записці про допуск до захисту.

З метою підвищення відповідальності всіх учасників курсового проєктування, включаючи викладачів, завідувач кафедри повинен вибірково проводити рецензування курсових проєктів (робіт) або доручати рецензування викладачу, який веде паралельну групу студентів.

4.2 Організація захисту курсового проєкту

Захист проєкту проводиться за графіком, який затверджений кафедрою в комісії із 2 – 3 осіб при безпосередній участі керівника курсового проєкту та в присутності студентів.

Захист студентом проєкту має тривати приблизно протягом 8 – 10 хвилин у вигляді доповіді та відповіді на запитання, визначаються оцінками "відмінно", "добре", "задовільно" і "незадовільно"..

В своїй доповіді студент повинен відобразити характеристику технічного завдання і мети проєктування, особливості та специфіку конструкції або технології виготовлення апарата, техніко-економічну оцінку його по відношенню до існуючих аналогів, найбільш цікаві і оригінальні конструктивні або технологічні рішення.

При цьому доповідь кожного студента має тривати протягом приблизно 5 хвилин, в якій обов'язково необхідно зробити наголос на питання і задачі, що були особисто розв'язані студентом. Також необхідно зазначити питання, які можливо розробити при подальшому в дипломному проєкті або магістерській роботі.

При оцінюванні проєкту враховується якість самого проєкту та результати його захисту студентом.

При цьому особлива увага звертається:

- на повноту, якість і самостійність поставленої задачі;
- повноту й ретельність оформленої ПЗ;
- оформлення креслення (чіткість виконання, додержання ДСТУ та ГОСТів на кресленні, наявність помилок);
- складність завдання (просте або більш складне із затверджених, наявність елементів наукових досліджень, реальність і т.і.);
- додержання терміну захисту (достроково, в строк, після строку без поважної причини);
- якість захисту проекту (роботи).

Після захисту всіх проектів проводиться заключна бесіда членів комісії кафедри зі студентами з аналізом кращих і гірших проектів, вказівками на характерні помилки й недоліки, що знайдені в проектах, доповідях та на недоліки організаційного характеру.

Проекти за фахом знаходяться на зберіганні на кафедрі протягом одного року. Таким чином, якщо студенту необхідно скористатися своїм проектом, він може за заявою на ім'я завідувача кафедри взяти його на недовгий час.

5 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИКОНАННЯ ОКРЕМИХ РОЗДІЛІВ КУРСОВИХ ПРОЄКТІВ

Структура курсового проекту за фахом (в подальшому магістерської роботи) умовно поділяється на вступну частину, основну частину та додатки.

Вступна частина:

- титульний аркуш ([Форма 17 Пояснювальна записка до курсового проекту \(DOC, 36 КБ\)](#));
 - завдання на КП (КР) (додаток Б);
 - реферат (анотація) українською або англійською мовами необхідно оформити згідно з ДСТУ 3008:2015 (приклад можна подивитись за (http://www.knmu.kharkov.ua/attachments/3659_3008-2015.PDF, або <http://iepor.org.ua/rules/rules-dstu-3008-2015.html>);
 - зміст;
 - перелік скорочень, умовних позначень, термінів (якщо це є необхідним та за згодою з керівником);
 - вступ.
- Основна частина:

- розділи (глави), які розкривають основний зміст проєкту (роботи) відповідно до переліку питань, наданих у завданні;
- кожний розділ (глава) має закінчуватися висновками;
- закінчення (загальні висновки);
- перелік джерел посилань.

Додатки.

РЕФЕРАТ (анотація) обсягом 0,5-1 сторінки державною та іноземною (яку вивчав студент) мовами повинен стисло відображати загальну характеристику та основний зміст КП (КР) і містити:

- відомості про обсяг текстової частини, кількість ілюстрацій, таблиць, креслеників, додатків і бібліографічних найменувань за переліком посилань;
- мету проєкту (роботи), використані методи та отримані результати (характеристика об'єкта проєктування, нові якісні та кількісні показники, економічний ефект тощо);
- рекомендації щодо використання або (та) результати впровадження розробок або досліджень (отримані патенти, прийняті заявки на патент, публікація в наукових журналах, акти про впровадження тощо);
- перелік ключових слів (не більше 20).

5.1 Курсові проєкти конструкторського напрямку

У вступі слід стисло охарактеризувати галузь народного господарства, де використовується електричний апарат, що розробляється та перспективи її розвитку. Необхідно також показати актуальність вибраної теми проєкту і коротко сформулювати основні задачі, які слід вирішити при його розробці. Наприклад: “В даному курсовому проєкті розглядаються питання розрахунку і проєктування трансформатора струму для районів з холодним кліматом”. Обсяг вступу не повинен перевищувати 1-2 сторінки.

5.1.1 Техніко-економічне обґрунтування проєкту включає в себе огляд існуючих конструкцій, вибір та обґрунтування прийнятих рішень і проєктно-технічне на виріб, що розробляється.

5.1.2 Огляд і аналіз існуючих конструктивних (схемних) рішень. В даному розділі проводиться огляд та аналіз сучасних конструкцій (або схем, наприклад, перетворювачі частоти, випрямлячі, регулятори або системи керування перетворювачами) електричних, електронних

та електромеханічних апаратів, близьких та подібних до того, що проєктується з обов'язковим аналізом їх переваг і недоліків. Необхідно привести основні технічні характеристики апаратів, абсолютні питомі і техніко-економічні показники подібних апаратів.

5.1.3 Вибір і обґрунтування (конструкції або схеми) апарата виконується на основі попереднього огляду та аналізу; визначаються основні параметри та головні розміри апарата, що проєктується; обґрунтовуються прийняті рішення з техніко-економічним аналізом варіантів (якщо вони потрібні); вибирається методика розрахунку (або дослідження) параметрів та характеристик апарату.

В проєктно-технічному завданні приводяться усі технічні та інші параметри, вимоги та умови, що необхідні для проєктування апарату.

5.1.4 Розрахунок та вибір основних елементів та вузлів електричного апарата. В даному розділі проводяться розрахунки: контактних дугогасильних вузлів апарата, ізоляції, струмоведучих частин, механізмів включення-виключення та регулювання, розрахунок магнітного кола і параметрів котушок, теплові розрахунки і т.і. При проєктуванні тиристорних (або напівпровідникових) перетворювачів (випрямлячів, перетворювачів частоти і т.д.) виконуються розрахунки: навантажень вентилі по струму та напрузі, температури структури напівпровідникового пристрою, аварійних режимів, перевантажувальних і аварійних характеристик, пристроїв захисту від надструмів і перенапруг, енергетичних характеристик перетворювача – коефіцієнта потужності, ККД, складу вищих гармонік струму (та напруги), вибір системи охолодження та теплові розрахунки перетворювача. При необхідності проводяться розрахунки на термічну та динамічну стійкість.

В курсовому проєкті обсяг та зміст розрахунків визначається вимогами завдання.

5.1.5 Спеціальний розділ включає в себе питання, пов'язані зі спеціальними режимами роботи пристрою, оптимізації апарата або його вузлів, розробки елементів автоматизованого проєктування. Поставлена в спеціальному розділі задача потребує творчого підходу. Її поглиблене рішення дозволить студенту найбільш широко розкрити свої інженерні здібності. До спеціального розділу можуть відноситись такі варіанти, як розрахунок похибок трансформаторів струму при коротких замиканнях в колі навантаження, розрахунок перехідних процесів (токів та напруг), при вмиканні, вимиканні перетворювача або

при коротких замиканнях в колі, розрахунок перенапруг при вмиканні і вимиканні апарата (перетворювача, вимикача і т.д.) та інші.

5.1.6 Опис конструкції (або вибір та опис системи керування перетворювача) розробленого апарату. Тут необхідно описати побудову та принцип дії апарату згідно з кресленням загального виду (з обов'язковою вказівкою номера креслення). Якщо в проєкті розраховується силова частина перетворювача (випрямляча, контактора і т.і.), то в даному випадку виконується стислий опис принципу роботи системи керування. Особливу увагу в цьому розділі необхідно звернути на опис оригінальних частин пристрою, що розроблені в проєкті.

5.1.7 Одна з найважливіших частин проєкту – висновки, які повинні містити оцінку результатів роботи з точки зору відповідності отриманих результатів вимогам завдання. У висновку необхідно зазначити: сутність завдання на проєкт, інформацію про нові властивості та (або) параметри, що отримані в процесі проєктування (в тому числі і негативні), пропозиції та (або) мету подальшої роботи (рекомендації та інструкції), свідоцтва про розробку нової методики розрахунку та виготовлення дослідницьких зразків, про лабораторні і промислові дослідження, а також свідоцтва про впровадження в виробництво розробленого апарата.

При оформленні пояснювальної записки в формулах в якості символів потрібно використовувати стандартні позначення.

5.2 Курсові проєкти виробничо-технологічного напрямку

5.2.1 Огляд сучасного стану та розвитку технології електроапаратобудування, а саме технології виробництва або випробування обраного виробу.

В даному розділі надається огляд та аналіз існуючих і перспективних технологічних процесів виробництва апаратів, їх деталей, елементів та вузлів. При цьому звертається особлива увага на автоматизацію технологічних процесів та обладнання, вимоги, які пред'являються до апаратів що випускаються у відношенні якості, точності, довговічності, економічності, вартості та підвищення виробництва праці.

При аналізі складних виробничих агрегатів і комплексу машин розглядаються автоматизований і автоматичний електропривод окремих виконавчих механізмів. Наприклад, автоматизований комп'ютери-

зований електропривод тягнучих роликів моталки листового стану гарячої прокатки смуги, чи автоматичний мікропроцесорний електропривод перестановочних гвинтів реверсивного заготовочного стану і т.п. Або розроблюється автоматизація технологічних процесів. Наприклад, система завантаження сталеплавильних печей, чи оптимального керування технологічним процесом рудозбагачення, стабілізації міжсекційного натягу харчової плівки при виробництві поліетилену та ізоляційних матеріалів, регулювання потужності електросталеплавильних печей, електролізного виробництва і т.і.

Обов'язкові питання, що необхідно розкрити в такому курсовому проєкті:

- огляд і аналіз існуючих систем електропривода (електромеханічних систем) робочого комплексу машин або систем керування технологічним процесом (систем технологічної автоматизації);
- обґрунтування та вибір системи електромеханічного устаткування (електропривода) або системи керування та регулювання координат технологічного процесу (система технологічної автоматизації).

5.2.2 Розглядання конструкції виробу та аналіз його технології. В курсовому проєкті дається короткий опис апарата, деталі, вузла, які входять до проєкту, що розробляється, проводиться оцінка технології конструкції за основними або додатковими показниками. Технологічність конструкції апарата оцінюється за основними допоміжними і комплексними показниками.

5.2.3 Розрахунок технологічного процесу (ТП) виготовлення (зборки) виробу.

Вибір типу виробництва. На основі заданої програми випуску виробу, такту (ритму) випуску виробу їх трудомісткості визначається тип виробництва. Виробництво відноситься до того або іншого виду (типу) по коефіцієнту серійності або по кількості виготовлених за рік виробів одного найменування та типорозміру.

Вибір організаційних форм виготовлення (зборки) виробу. На основі креслення, технічних умов на виготовлення (зборку) та програми (типу виробництва) вибирається організаційна форма отримання виробу (індивідуальна частково диференційована або диференційована).

При проєктуванні технологічного процесу слід враховувати, що збірка може бути по виду стаціонарною або рухомою. Кожний із цих видів може бути поточним або не поточним. В ПЗ на основі економіч-

ного обґрунтування приводяться міркування щодо вибору організаційної форми зборки. При цьому перевагу слід надати гнучким автоматичним системам.

Розробка плану та технологічних схем виготовлення (зборки) виробу. На основі технічних умов виробництва (зборки) виробів описується послідовність (маршрут зборки виробу) виконання операцій та основних переходів із вказівкою обладнання, засобів та інструментів.

При проєктуванні ТП зборки складається збільшена технологічна схема зборки, яка являє собою умовне зображення порядку зборки виробу або збірних одиниць. В схемі показують деталі та збірні одиниці, які безпосередньо входять у виріб.

Обов'язкові питання, що необхідно розкрити в курсовому проєкті:

- розрахунки статичних навантажень і попередній вибір потужності електродвигуна;
- розрахунки параметрів і вибір допоміжного електроустаткування;
- розробка та опис функціональної і принципової схеми системи (або її елементів) силової частини електромеханічного комплексу й системи автоматичного керування та регулювання координат електропривода або електромеханічного комплексу;
- статистичні розрахунки параметрів і вибір параметрів схеми (системи);
- розрахунки динамічних режимів за допомогою ЕОМ;
- експериментальні матеріали (якщо такі є);
- розрахунки надійності електромеханічного комплексу або системи технологічної автоматизації або їх окремих вузлів.

5.2.4 Норми часу на виконання технологічних операцій в курсових проєктах не розраховується, а вибираються з довідників. Розраховані та вибрані норми часу записуються в операційні та маршрутні карти.

5.2.5 Розрахунок кількості обладнання і коефіцієнта цього завантаження. Кількість необхідного обладнання для ділянки, що проєктується розраховується за трудомісткістю операцій технологічного процесу. Коефіцієнт завантаження обладнання визначається як відношення розрахункового числа одиниць обладнання до прийнятого. Необхідно, щоб середній коефіцієнт завантаження був не менш ніж 0.8 і по можливості ближче до одиниці, так як чим більше його значення, тим

ефективніше використовується обладнання. При виконанні слюсарно-збірних робіт для стаціонарної зборки необхідно розрахувати кількість стендів, а для рухомої зборки – збірний конвеєр: число збірних постів. Довжину і швидкість руху.

5.2.6 Розрахунок робочого складу ділянки його чисельності. В цьому розділі розраховується кількість виробничих і допоміжних робітників, службовців і розрахунково-конторського персоналу. Кількість робітників для окремих стадій роботи (зборки вузлів, загальної зборки) визначається на основі норми часу, який встановлений для виконання тієї чи іншої роботи. Для досягнення найбільшого виробництва при підрахунку необхідної кількості робітників необхідно прагнути до того, щоб завантаження робітників за часом була по можливості найбільш повною. Для визначення навантаження робітників розраховується коефіцієнт навантаження місць на ділянці.

5.2.7 Планування ділянки розміщення обладнання. Виробнича площа ділянки визначається його обладнанням, кількістю робочих місць, транспортних пристроїв, місць для зберігання заготовок та деталей, проїздів та проходів. Показником використання виробничої площі ділянки є питома площа (що припадає на одиницю обладнання). Це розрахункове значення питомої площі необхідно порівняти зі середнім значенням нормативної питомої площі для даного виду виробництва. Слід мати на увазі, що розрахункове значення питомої площі ділянки не повинно перевищувати максимальну нормативну питому площу для даного виду виробництва.

5.2.8 Опис, розрахунок та економічне обґрунтування пристроїв. Розробка конструкції пристроїв повинна проводитися з урахування конструктивних особливостей обладнання та виробу. Забезпечення потрібної точності обробки або зборки, досягнення найбільшого виробництва, зручності і безпеки роботи, а також економічної ефективності конструкції.

Розрахунок економічної ефективності використання пристроїв ґрунтується на зіставленні витрат та економії, які виникають при його використанні і відносних річного періоду. Визначаються і зіставляються лише ті елементи собівартості операції, які залежать від обладнання.

5.2.9 У заключному розділі необхідно відзначити прогресивність спроектованого технологічного процесу виготовлення або зборки виробу. Вказати переваги спроектованого обладнання, ступінь

впливу його на механізацію та автоматизацію технологічних процесів, технічний і економічний ефект.

5.3 Вимоги до виконання графічної частини проєктів

Графічна частина роботи повинна бути виконана комп'ютерним способом у середовищі КОМПАС або AUTOCAD (ручний спосіб допускається тільки з дозволу викладача).

В курсовому проєкті графічна частина, зазвичай, включає в себе:

- загальний вид апарата у відповідному масштабі (1-2 аркуші формату А1);
- електричну схему з'єднань у пристрої;
- деталювання (вузли і (або) деталі апарата).

Загальний вид електричного апарата повинен виконуватись в двох-трьох проєкціях і вказівкою основних і установчих розмірів.

Зміст графічної частини уточнюється відповідно до теми роботи і погоджується з керівником. Листи формату А1 можуть бути розбиті на більш дрібні формати з урахуванням того, що розроблені креслення повинні давати уявлення про конструкцію спроектованого пристрою.

5.4 Специфікації

Специфікації є самостійним конструкторським документом і не входять у зміст пояснювальної записки, а також мають відмінності від складального креслення в тому, що словосполучення «Перелік елементів» електричних схем необхідно вказувати в таблиці специфікації, а також підшиваються після додатків.

5.5 Загальні правила виконання креслень

Всі креслення виконуються на листах формату А1, які можуть ділитися (без розрізання) на листи меншого формату, а сторони повинні бути кратні розмірам формату А4. Загальний вигляд електричного апарата (пристрою) та електромеханічного обладнання енергоємних виробництв допускається виконувати на двох листах формату А1 із загальним для обох листів основним написом.

Переважними є такі масштаби: зменшення 1:2; 1:5; 1:10; 1:20; 1:50; збільшення 2:1; 5:1; 10:1; 20:1; натуральна величина 1:1 [2]. Якщо на форматі всі креслення виконані в одному масштабі, то його значення проставляють у графі «Масштаб» основного напису. Товщина ліній видимого контуру повинна бути однаковою для всіх зображень на даному кресленні і в два – три рази більше товщини ліній невидимого контуру, осьових, центральних, виносних, розмірних та ін. Шрифти повинні бути виконані з нахилом букв і цифр до основи рядка біля 75 градусів з висотою малих букв не менше за 2,5 мм.

Основна вимога до графічної частини полягає в тому, що вона повинна повністю надавати уявлення про конструктивні, схемні та технологічні рішення, які прийняті в роботі.

Графічна частина дипломного проєкту орієнтовно може включати в себе такий перелік креслень:

- загальний вид і (або) складальне креслення електричного апарата та/або електромеханічного обладнання енергоємних виробництв (1 – 2 листи формату А1);
- вузли і деталі апарата чи пристрою (1 лист формату А1);
- принципова схема головного кола апарата чи пристрою (перетворювача, РПН і т. інщ.) (1 лист формату А1);
- принципова схема системи керування електричного апарата чи електромеханічного обладнання енергоємних виробництв (перетворювача, РПН, релейної шафи КРП і т.п.);
- монтажна схема (або схема зовнішніх з'єднань) головного кола або системи керування;
- графіки із результатами розрахунків, проведених у ПЗ;
- технологічна схема виготовлення апарата (його вузли, деталі), пристрою.

Загальна кількість креслень має бути не меншою за 2 листа формату А1.

5.6 Основні вимоги до креслень

Креслення деталей, складальних одиниць, габаритні і монтажні креслення повинні бути виконані згідно з ГОСТ 2.109-73 (пересмотрений та редакційний у 2002), що діє як міждержавний стандарт.

Складальне креслення показує розташування і взаємні зв'язки складових частин, що з'єднуються за даним кресленням, деталей і

складальних одиниць, і повинне забезпечувати можливість збирання і контролю складальної одиниці. Розміри, граничні відхилення і технічні вимоги наводяться тільки такі, що повинні бути виконані або проконтрольовані за даним складальним кресленням. Як довідкові вказуються номери позицій складових частин, що входять у виріб.

На складальних кресленнях загального виду пристрою (виробу) потрібно проставляти максимальні значення габаритних розмірів, а також установчі, приєднувальні розміри з граничними відхиленнями і довідкові розміри (з позначенням зірочкою). Загальний вид апарата повинен виконуватись в двох – трьох проєкціях із вказівкою основних і установчих розмірів.

Форма і порядок виконання специфікації визначається ГОСТ 2.108-96, що діє як міждержавний стандарт. Специфікація, яка визначає перелік складальної одиниці, надається в табличній формі на окремих листах формату А4. Розділи специфікації розташовуються в такій послідовності: документація, комплекси, складальні одиниці, деталі, стандартні вироби, інші вироби, матеріали, комплекти. Наявність розділів визначається складом виробу, що специфіцірується. Найменування кожного розділу вказують у вигляді заголовка в графі “Найменування” і підкреслюють суцільною тонкою лінією. В графі “Поз.” вказують порядковий номер складових частин, які входять у виріб. Нумерація наскрізна від розділу до розділу. Можна резервувати позиції.

На складальному кресленні всі складові частини нумерують згідно з номерами позицій, вказаними в специфікації цієї складальної одиниці. Номери позицій наносять над полічками ліній-виносок, які проводять тонкими суцільними лініями від зображень складових частин і які починаються крапкою на зображенні. Номери позицій вказують на тих зображеннях, де ця складова частина проєктується як видима, в найнагляднішому вигляді, причому перевагу надають основним виглядам або розміщеним на їх місці розрізам. Номери позицій повинні бути розташовані паралельно основному напису креслення поза контуром зображення, їх групують у рядок або стовпець, якщо можливо на одній лінії. Номери позицій проставляють на кресленні як правило один раз. Допускається повторно вказувати номери позицій однакових частин виробу. Розмір шрифту, яким виконують номери позицій, повинен бути на один – два номери більший від шрифту, прийнятого на кресленні для розмірних чисел. Лінії-виноски не по-

винні перетинатися між собою та по можливості не повинні бути паралельні осьовим лініям, лініям штрихування розрізів та перерізів. Можна проводити загальну лінію-виноску з вертикальним розташуванням номерів позицій для групи кріпильних деталей (наприклад: болт, гайка, шайба), що належать до одного місця кріплення, або групи деталей з виразним взаємозв'язком, якщо лінію-виноску від кожної складової частини провести неможливо. У цих випадках лінію-виноску відводять від закріпленої складової частини.

Креслення деталі повинно мати: мінімальну, але достатню кількість зображень (видів, розрізів, перерізів, виносних елементів), які з урахуванням умовностей та спрощень розкривають форму деталі; необхідні розміри з граничними відхиленнями; граничні відхилення форми та розташування поверхонь; вимоги щодо шорсткості поверхонь; позначення матеріалу деталі; позначення покриття і термообробки; технічні вимоги. Основні вимоги до робочого креслення деталі встановлюються згідно з ГОСТ 2.109-73, а основний напис – згідно з ДСТУ ГОСТ 2.104:2006 [57, 58].

В основному напису креслення деталі (таблиця креслення) необхідно вказати матеріал, що застосовується, і дати його позначення відповідно до встановлених стандартів або технічних умов. Якщо на матеріал є два стандарти, що характеризують його сортамент і якісний склад, то треба вказати обидва стандарти, наприклад:

Круг $\frac{40 \text{ ГОСТ } 1133-71}{\text{У10 ГОСТ } 1435-99}$

де в чисельнику вказаний розмір кола (40 мм), а в знаменнику – якісний склад сталі (інструментальна У10).

5.7 Нанесення розмірів і граничних відхилень

Загальна кількість розмірів на кресленні повинна бути мінімальною, але достатньою для виготовлення і контролю деталей (виробів) електричного апарата (пристрою) або електромеханічного обладнання енергоємних виробництв ДСТУ ГОСТ 2.307:2013).

Довідкові розміри виробів, що не підлягають виконанню за даним кресленням, позначають на ньому зірочкою (*), а в технічних вимогах записують так: “* Розміри для довідок”. Лінійні розміри і гра-

ничні відхилення на кресленнях вказують у міліметрах, без позначення одиниць вимірювання.

Розміри на кресленнях проставляють з використанням розмірних чисел і ліній креслення. Розмірні лінії з обох кінців обмежують стрілками, що упираються в контурні, виносні і осеві лінії. Необхідно уникати перетину розмірних і виносних ліній. Розмірні числа наносять над розмірною лінією як можна ближче до її середини. Всі розміри повинні мати граничні відхилення. Граничні відхилення вказують на кресленнях одним з трьох способів:

а) умовними позначеннями полів допусків, наприклад, 10H7, 10h7, 10js14;

б) числовими значеннями граничних відхилень, наприклад,

$$10^{+0,1}, 10_{-0,1}, 10 \pm 0,1;$$

в) умовними позначеними полів допусків з вказівкою числових значень граничних відхилень, наприклад,

$$10H7^{+0,018}; \quad 12c8\left(\begin{smallmatrix} +0,032 \\ -0,059 \end{smallmatrix}\right).$$

Граничні відхилення, що повторюються багато разів на кресленні з відносно низькою точністю, можна не проставляти, при цьому у технічних вимогах лід зробити відповідний запис, наприклад, «не вказані граничні відхилення розмірів: отворів H14, валів h14, інших js14».

5.8 Нанесення граничних відхилень форми і розташування поверхонь

Дані про граничні відхилення форм і розташування поверхонь (ДСТУ ГОСТ 2.308:2013) вказують у прямокутній рамці, розділеній на дві або три частини, в яких вміщують: в першій – знак відхилення; у другій – граничне відхилення в міліметрах; в третій – буквені позначення базової або іншої поверхні, до якої відноситься відхилення розташування, наприклад:

–	0,1
---	-----

//	0,1	A
----	-----	---

Базу позначають умовним знаком (рівнобічним зачерненим трикутником з висотою, приблизно рівною розміру шрифту розмірних чисел). Рамку креслять суцільною тонкою лінією; висота букв, цифр і знаків повинна дорівнювати розміру шрифту розмірних чисел. Рамку з'єднують з елементом, до якого відноситься граничне відхилення, прямою або ламаною лінією, що закінчується стрілкою [4, 6]. Умовні позначення знаків відхилень наведені в таблиці 6.1.

5.9 Позначення шорсткості поверхні

Згідно з ДСТУ EN ISO 1302:2018 вимоги до зовнішньої текстури поверхні вказуються в технічній документації на виріб за допомогою декількох варіантів графічних символів (рисунок 5.1).

Символи на рисунку 6.1 означають наступне:

- а) – основний графічний символ зовнішньої текстури поверхні, вид обробки поверхні не оговорюється;
- б) – зазначена шорсткість поверхні отримується шляхом видалення шару матеріалу;
- в) – зазначена шорсткість поверхні отримується без видалення шару матеріалу (наприклад, литтям або штампуванням).

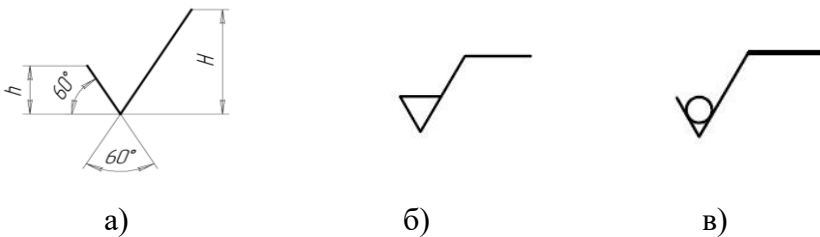


Рисунок 5.1 – Позначення шорсткості поверхні

Висота h повинна дорівнювати висоті цифр розмірних чисел, висота $H = (1,5-3) \cdot h$. Структура позначення шорсткості поверхні у відповідності до ДСТУ EN ISO 1302:2018 наведена на рисунку 5.2.

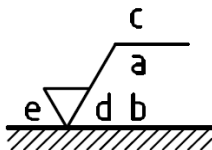
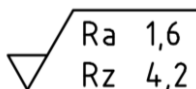
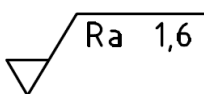


Рисунок 5.2 – Структура позначення шорсткості поверхні

На позиціях *a* і *b* рисунку 5.2 розташовують чисельні значення параметрів шорсткості поверхні та їх позначення, наприклад:



На позиціях рисунку 5.2 кожна літера має такі значення, тобто вказан наступне:

c – розташовується позначка способу обробки поверхні (наприклад, полірувати або шабрувати);

d – вказується тип напрямку нерівностей (наприклад, "X", "M", "=");

e – припуск на обробку в міліметрах.

Ряди значень середнього арифметичного відхилення профілю *Ra*, висоти нерівностей профілю *Rz* та співвідношення цих параметрів до базової довжини *l* наведені в таблиці 6.2 (найбільш вживані значення підкреслені).

Таблиця 5.1 – Умовні позначення знаків відхилень

Група допусків	Вид допуску	Умовні позначення
Допуск форми	Допуск прямолінійності	—
	Допуск площини	
	Допуск кола	
	Допуск циліндричності	
	Допуск профілю поздовжнього перетину	=
Допуск розташування	Допуск паралельності	//
	Допуск перпендикулярності	
	Допуск нахилу	
	Допуск співвісності	
	Допуск симетричності	
	Позиційний допуск	
	Допуск перетину осей	×
Сумарні допуски форми і розташування	Допуск радіального биття	
	Допуск торцевого биття	
	Допуск повного радіального биття	
	Допуск повного торцевого биття	
	Допуск форми заданого профілю	
	Допуск форми заданої поверхні	

Таблиця 5.2 – Ряди значень середнього арифметичного відхилення профілю Ra та висоти нерівностей профілю Rz

Значення параметрів, мкм		Базова довжина <i>l</i> , мм
Rz, мкм	Ra, мкм	
<u>400</u> ; 320; 250; <u>200</u> ; 160; 125; <u>100</u> ; 80; 63; <u>50</u>	<u>100</u> ; 80; 63; <u>50</u> ; 40; 32; <u>25</u> ; 20; 16; <u>12,5</u> ; 10; 8; <u>6,3</u>	8
<u>50</u> ; 40; 32; <u>25</u> ; 20; 16; 12,5	<u>6,3</u> ; 5;4; <u>3,2</u> ; 2,5; 2; <u>1,6</u>	2,5
12,5; 10; 8; <u>6,3</u> ; 5; 4; <u>3,2</u> ; 2,5; 2; 1,6	<u>1,6</u> ; 1,25; 1; <u>0,8</u> ; 0,63; 0,5; <u>0,4</u>	0,8
1,6; 1,25; 1; <u>0,8</u> ; 0,63; 0,5; <u>0,4</u> ; 0,32; 0,25; <u>0,2</u> ; 0,160; 0,125; <u>0,1</u>	<u>0,4</u> ; 0,32; 0,25; <u>0,2</u> ; 0,16; 0,125; <u>0,1</u> ; 0,08; 0,063; <u>0,05</u> ; 0,04; 0,032; <u>0,025</u>	0,25
<u>0,1</u> ; 0,08; 0,063; <u>0,05</u> ; 0,040; 0,032; <u>0,025</u> ; 0,020	<u>0,025</u> ; 0,020; 0,016; <u>0,012</u> ; 0,010; 0,008	0,08

5.10 Нанесення на креслення технічних вимог

Технічні вимоги розташовуються над основним написом у вигляді колонки, ширина якої повинна бути не більшою від основного напису (185 мм). Між технічними вимогами і основним написом не повинно бути зображень, таблиць, інших написів і вільного простору (ГОСТ 2.316-2008). У технічних вимогах викладають вимоги, що ста-

вляться до матеріалів, термічної обробки, розмірів граничних відхилень, якості поверхонь, до налагодження і регулювання виробів, умов і методів випробувань, маркування, клеймування, транспортування і зберігання. Пункти технічних вимог повинні мати наскрізну нумерацію. Заголовок «Технічні вимоги» не пишуть, за винятком випадків, коли необхідно вказати технічну характеристику, яку розміщують на вільному полі креслення під заголовком «Технічна характеристика», а над технічними вимогами вмішують заголовок «Технічні вимоги». Обидва заголовки не підкреслюють [5].

5.11 Основні написи на графічній частині

Позначення в написах та номерах креслення виконується у відповідності до наведеної схеми (рисунок 5.3). Шифр документа кресленнязначається у відповідності до таблиці 5.4. При цьому обов'язковими є підписи розробника, особи, яка перевіряє дипломний проєкт (роботу) і нормоконтролера, для креслення загального виду вводять додатковий підпис особи, що затверджує ДП.

Функцію розробника виконує дипломник, керівник ДП і нормоконтролер – це особа, що перевіряє, а завідувач кафедри – особа, що затверджує.

5.12 Позначення конструкторської документації

Кожному кресленню привласнюється позначення відповідно до ГОСТ 2.201-80. В ДП позначення необхідно виконувати згідно зі структурою коду класифікаційної характеристики будь-якого виробу (деякі класи електричних та електронних апаратів або електромеханічного обладнання енергоємних виробництв та їх вузлів вказано в таблиці 5.3) та рисунками 5.3 і 5.4. Виборки з сітки класів наведені в таблиці 5.3. Підклас, групу, підгрупу, вид вибирають на підприємстві під час переддипломної практики, в літературних джерелах бібліотеки НУ «Запорізька політехніка» (ауд.511), в «Класификаторе», який можна знайти в методичних матеріалах кафедри ЕЕА (ауд.226а) або завантажити за посиланням <https://dwg.ru/dnl/12054>.

Таблиця 5.3 – Сітка деяких класів класифікатора ЄСКД

Но- мер кла- су	Найменування класу	Но- мер кла- су	Найменування класу
28	Оснастка технологічна. Інструмент ріжучий	67	Трансформатори. Конденсатори. Апарати електричні напругою вище 1000 В. Комплектні пристрої. Джерела світла. Електромагніти
29	Оснастка технологічна, крім інструмента ріжучого		
30	Складальні одиницізагально машинобудівельні	71	Деталі – тіла обертання: кільця, диски, стрижні, шківів, втулки, блоки, вали, осі тощо
44	Обладнання технологічне специфічне	72	Деталі – тіла обертання: труби, елементи зубчатого зачеплення; розрізні сектори; сегменти і т. ін.
56	Джерела електричної енергії, системи електрозабезпечення Комплекти електрообладнання	73	Деталі – не тіла обертання корпусні, опорні, смісні
64	Апарати електричні комутаційні на напругу до 1000 В включно	74	Деталі – не тіла обертання: площинні, важільні, вантажні, тягові, вигнуті з листів, штаб, стрічок, профільні, труби

Перелік використаної літератури оформлюється у відповідності до ДСТУ 3008:2015 та ДСТУ ГОСТ 7.1:2006.

При виконанні проєкту (роботи) першочерговою інформацією про перелік посилань студент отримує від керівника. На кафедрі електричних та електронних апаратів студент може отримати список рекомендованої літератури, ДСТУ і ГОСТ у допомогу до дипломної роботи, складений викладачами кафедри разом зі співробітниками

університету. Проте основні відомості студент повинен отримати при самостійному пошуку інформації за темою роботи в каталогах бібліотек, довідково-бібліографічному відділі (реферативні журнали), у відділі періодичної літератури, секторі інформації та патентному відділі НУ «Запорізька політехніка» (електронний ресурс zr.edu.ua).



Рисунок 5.3 – Схема позначення креслень

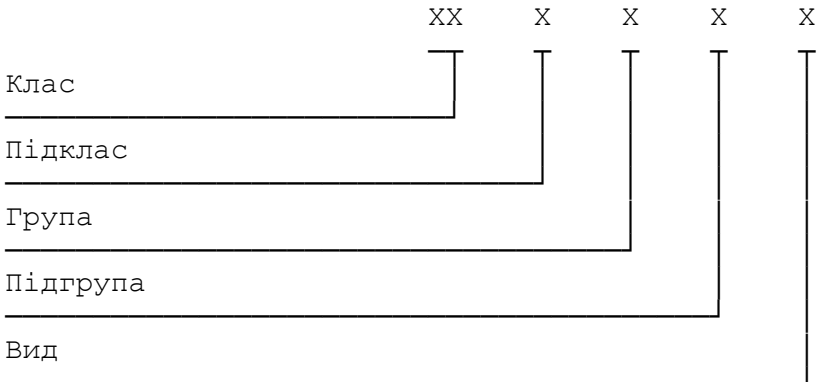


Рисунок 5.4 – Структура коду класифікаційної характеристики

Таблиця 5.4 – Шифр графічного документа [3]

Найменування документа	Шифр
Складальне креслення	СК
Загальний вигляд	ВЗ
Складальне креслення першого вузла	СК 1
Другого вузла (у випадку необхідності)	СК 2
Технологічна схема складання	ТСС
План розташування обладнання	ПРО
Розрахункові графіки, діаграми	РГД
Деталювання першого вузла	01
Схема структурна	Е1
Схема функціональна	Е2
Схема електрична принципова	Е3
Схема електрична з'єднань	Е4
Схема підключення	Е5
Схема електрична загальна	Е6

5.13 Специфікації до графічної частини курсового проєкту

Специфікації є самостійним конструкторським документом і не входять у зміст пояснювальної записки, а також мають відмінності від складального креслення в тому, що словосполучення «Перелік елементів» електричних схем необхідно вказувати в таблиці специфікації, а також підшиваються після додатків.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Александров, Г. Н. Изоляция электрических аппаратов высокого напряжения [Текст] / Г. Н. Александров, В. Л. Иванов. – Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1984. – 208с.
2. Александров, Г. Н. Проектирование электрических аппаратов: учебник для вузов [Текст] / Г.Н. Александров, В. В. Борисов, Г.С. Каплан и др.; под ред. Г. Н. Александрова. – Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1985. – 448 с.
3. Александров, Г. Н. Теория электрических аппаратов: учебник для вузов [Текст] / Г. Н. Александров. – М.: Высшая школа, 1985. – 312 с.
4. Александров, Г. Н. Электрические аппараты высокого напряжения: учебник для вузов [Текст] / Г.Н. Александров, В. В. Борисов, Г.С. Каплан и др.; под ред. Г. Н. Александрова. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2000. – 503 с.
5. Афанасьев, В.В. Справочник по электрическим аппаратам высокого напряжения [Текст] / Под ред. В. В. Афанасьева. – Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1987. – 544 с.
6. Афанасьев, В.В. Трансформаторы тока [Текст] / В. В. Афанасьев, П. М. Адоньев, Л. В. Жалалис и др.; под ред. В. В. Афанасьева. – Л.: Энергия, 1980. – 344 с.
7. Баумштейн, И. А. Справочник по электрическим установкам высокого напряжения [Текст] / И. А. Баумштейн, С. А. Бажанов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 768 с.
8. Берзан, В. П. Электрические конденсаторы и конденсаторные установки: Справочник [Текст] / В. П. Берзан, Б. Ю. Геликман. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 656 с.
9. Близняков, О. В. Дослідження та випробування електричних апаратів: Навчальний посібник [Текст] / О. В. Близняков. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2005. – 94 с.
10. Брежнева, К. М. и др. Транзисторы для аппаратуры широкого применения. [Текст] / К. М. Брежнева и др. – М.: Радио и связь, 1981. – 656 с.
11. Варламов, Р. Г. Компоновка радиоэлектронной аппаратуры. – [Текст] / Р. Г. Варламов. – М.: Советское радио, 1975. – 352 с.
12. Векслер, Г. С. Транзисторные сглаживающие фильтры. [Текст] / Г. С. Векслер, В. И. Штильман. – М.: Энергия, 1978. – 176 с.

13. Волков, В. А. Детали и узлы РЭА. [Текст] / В. А. Волков. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 180 с.
14. Белоруссов, И. И. Электрические кабели и провода, шнуры: Справочник [Текст] / И. И. Белоруссов, В. С. Янковенко и др., под ред. В. С. Янковенко. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 536 с.
15. Герасимов, В. Г. Основы промышленной электроники. [Текст] / В. Г. Герасимов, О. М. Князьков и др. – М.: Высшая школа, 1978. – 536 с.
16. Гершунский, Б. С. Расчет основных электронных и полупроводниковых схем [Текст] / Б. С. Гершунский – К.: Киевский университет, 1968. – 256 с.
17. Гольдберг, О.Д. Проектирование электрических машин [Текст] / О.Д. Гольдберг, Я.С. Турин, И.С. Свириденко. — М.: Высшая школа, 2001. – 430 с.
18. Диоды: Справочник / Под ред. Григорьева О. П. и др. [Текст] / – М.: Радио и связь, 1990. – 335с.
19. Дмитриевский, В. С. Расчет и конструирование электрической изоляции [Текст] / В. С. Дмитриевский. – М. Энергоатомиздат, 1981. – 392с.
20. Дорошев. К. И. Эксплуатация комплектных распределительных устройств 6 - 220 кВ [Текст] / К. И. Дорошев. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 336 с.
21. Дорошев. К.И. Токопроводы и шинопроводы для электростанций и подстанций [Текст] / К. И. Дорошев. М.: Энергоатомиздат, 1996. – 288с.
22. Дымков, А. М. Трансформаторы напряжения [Текст] / А. М. Дымков, В. М. Кибель. – М.: Энергия, 1975. – 210 с.
23. Дьяконов, М. Н. и др. Справочник по электрическим конденсаторам [Текст] / М. Н. Дьяконов, Четвертков И. И. и др.; под общей ред. Четверткова И. И. – М.: Радио и связь, 1983. – 576с.
24. Збірник нормативних документів з питань організації заочного навчання у вищих навчальних закладах України/ за редакцією
25. Исаков, Ю. А. Основы промышленной электроники. [Текст] / Ю. А. Исаков и др. – К.: Техника, 1976. – 554с.
26. Клименко, Б. В. Електричні апарати. Електромеханічна апаратура комутації, керування та захисту. Загальний курс: навчальний посібник [Текст] / Б. В. Клименко. – Харків: Точка, 2012. – 340 с.

27. Клименко, Б. В. Электричні та магнітні пристрої, електричні аксесуари, електричні установки. Терміни, тлумачення, коментарі: навчальний посібник [Текст] / Б. В. Клименко. – Харків: Точка, 2009. – 272 с.
28. Клименко, Б. В. Комутаційна апаратура, апаратура керування, запобіжники. Терміни, тлумачення, коментарі: навчальний посібник [Текст] / Б. В. Клименко. – Харків: Талант, 2008. – 208 с.
29. Копылов И. П. Математическое моделирование электрических машин [Текст] / И. П. Копылов. – М.: Высшая школа, 2001. – 327 с.
30. Ляский, В. Ф. Электрические соединители: Справочник. [Текст] / В. Ф. Ляский, О. Б. Мурадян. – М.: Радио и связь, 1988. – 272 с.
31. Незнайко, А. П. Конденсаторы и резисторы. [Текст] / А.П. Незнайко, Г. Ю. Геликман. – М.: Энергия, 1973. – 112 с.
32. Освищер, П. И. Несущие конструкции радиоэлектронной аппаратуры. [Текст] / П. И. Освищер, Ю. В. Головаков, В. П. Кобешников и др. – М.: Радио и связь, 1988. – 232 с.
33. Осташевський М. О. Електричні машини і трансформатори: навч. посібник [Текст] / М. О. Осташевський, О. Ю. Юрева; за ред. В. І. Міліх. – Харків: ФОП Панов А. М., 2017. – 452 с.
34. Полупроводниковые приборы. Диоды выпрямительные, стабилитроны, тиристоры: Справочник / Под ред. А. В. Голомедова [Текст] / – М.: Радио и связь, 1983. – 523с.
35. Порудоминский, В. В. Устройства переключения трансформаторов под нагрузкой. Изд. 2-е, перераб. и испр. [Текст] / В. В. Порудоминский. – М.: Энергия, 1974. – 288 с.
36. Правила улаштування електроустановок. 2-ге вид. перероб. і доп. [Текст] – Харків: Вид-во «ФОРТ», 2009. – 736 с.
37. Резисторы: Справочник . [Текст] / Под ред. И. И. Четверкова – М.: Радио и связь, 1991. – 528с.
38. Розанов, Ю.К. Современные методы улучшения качества электроэнергетики. Аналитический обзор [Текст] / Ю. К. Розанов, М. В. Рябчинский. – Электротехника, 1998. – № 3. – С.10-17.
39. Романычева, Э. Т. Разработка и оформление конструкторской документации РЭА: Справочное пособие. [Текст] / Э. Т. Романычева и др. – М.: Радио и связь, 1983. – 256 с.
40. Руденко, В. С. Импульсные преобразователи и стабилитроны на тиристорах. [Текст] / В. С. Руденко, А. И. Денисов. – К.: Техника, 1972. – 116 с.

41. Руденко, В. С. Основы преобразовательной техники. [Текст] / В. С. Руденко, В. И. Сенько и др. – М.: Высшая школа, 1980. – 424 с.
42. Сахаров, П.В. Проектирование электрических аппаратов [Текст] / П. В. Сахаров. – М.: Энергия, 1977. – 560 с.
43. Семчинов, А. М. Токопроводы промышленных предприятий [Текст] / А. М. Семчинов. – Л.: Энергоиздат, 1982. – 208 с.
44. Сидоров, Н. Н. Малогабаритные трансформаторы и дроссели: Справочник. [Текст] / Н. Н. Сидоров и др. – М.: Радио и связь, 1985. – 540 с.
45. Снігірьов, В.М. Електромеханічні апарати автоматики [Текст] / В.М.Снігірьов, Л.Б. Жорняк. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016 – 120 с. Електронний ресурс: <http://eir.zntu.edu.ua/handle/123456789/3991>
46. Справочник конструктора РЭА [Текст] / Под ред. Р. Г. Варламова. – М.: Радио и связь, 1985. – 354 с.
47. Справочник радиолюбителя [Текст] / Под ред. Р. М. Терещука и др. – К.: Техника, 1971. – 696 с.
48. Справочник радиолюбителя-конструктора. [Текст] / – М.: Радио и связь, 1983. – 560 с.
49. Таев, И. С. Электрические аппараты управления [Текст] / И.С. Таев. – М.: Высшая школа, 1984. – 247 с.
50. Тиристоры: Справочник [Текст] / Под ред. О. П. Григорьевой и др. – М.: Радио и связь, 1990. – 270 с.
51. Тихомиров П. М. Расчет трансформаторов [Текст] / П. М. Тихомиров. – М.: Энергия, 1986. – 528 с.
52. Транзисторы: Справочник / Под ред. Горюнова Н. Н. [Текст] / – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 904с.
53. Чунихин, А.А. Аппараты высокого напряжения [Текст] / А. А Чунихин., М. А. Жаворонков – М.; Энергоатомиздат, 1985. – 432 с.
54. Чунихин, А.А. Электрические аппараты [Текст] / А.А.Чунихин. – М.; Энергоатомиздат, 1988. – 720 с.
55. Якобсон, И. А. Наладка и эксплуатация переключающих устройств силовых трансформаторов [Текст] / И. А. Якобсон. – М.: Энергия, 1985. – 120 с.
56. Янковенко, В. С. Расчет и конструирование элементов электропривода. [Текст] / В. С. Янковенко и др. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 320 с.
57. ДСТУ 3008:2015 Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 31 с.

58. ДСТУ ГОСТ 2.307:2013 Единая система конструкторской документации. Нанесение размеров и предельных отклонений (ГОСТ 2.307-2011.IDT).

59. Методичні вказівки до виконання лабораторних та контрольних робіт з дисципліни «Електричні апарати керування» студентами, що навчаються англійською мовою, на денній формі навчання для підготовки бакалаврів за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» за освітньою програмою «Електричні та електронні апарати» / уклад.: Л. Б. Жорняк, С. В. Войтенко – Запоріжжя : ЗНТУ, 2018. – 82 с.

60. Методичні вказівки до виконання лабораторних та контрольних робіт студентами всіх форм навчання при вивченні дисципліни «Електричні апарати керування» для підготовки бакалаврів за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» з подальшим навчанням за освітньою програмою «Електричні та електронні апарати» / уклад.: Л. Б. Жорняк, В. В. Василевський – Запоріжжя : ЗНТУ, 2019. – 86 с.

61. Методичні вказівки до курсової та самостійної робіт з дисципліни «Електричні апарати» для студентів денної форми навчання спеціальності 6.092204 – «Електромеханічне обладнання енергоємних виробництв» / Укл. О.Г. Стаценко – Запоріжжя: ЗНТУ, 2010. – 42с.

62. Методичні вказівки до виконання курсових та дипломних проєктів на тему "Розрахунок та проєктування гібридних контакторів змінного струму" для студентів всіх форм навчання за напрямом 6.050702 спеціальності 7(8).05070201 «Електричні машини і апарати» / Укл.: Стаценко О.Г., Василевський В.В. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016 – 50 с. <http://eir.zntu.edu.ua/handle/123456789/1208>

Додаток А

Таблиця А.1 – Орієнтовні теми курсових проєктів для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (освітні програми «Електричні та електронні апарати» та «Електромеханічне обладнання енергоємних виробництв»)

1	Технологічний процес монтажу допоміжних кіл трифазного випрямляча для тягових підстанцій
2	Трансформатор струму 500 кВ, 4000/1А з елегазовою ізоляцією
3	Комплектний розподільчий пристрій 35 кВ, 1600 А
4	Шунтуючий реактор 20 кВ, 25000 кВАр
5	Контактор перемикаючого пристрою під навантаженням для електрометалургії 35 кВ
6	Контактор РПН 20 кВ, 630 А
7	Випрямляч 450 В, 63кА для електролізних ванн
8	Керуючий електротехнічний комплекс електролізера для виробництва алюмінію
9	Діагностика високовольтного струмообмежуючого реактора
10	Перемикач без збудження 35 кВ, 630 А
11	Діагностика силового трансформатора ТМ-250-35
12	Трансформатор струму 110 кВ, 2000/5 А
13	Модернізація закритої розподільчої підстанції 10 кВ ЗАТ «Мотор-Січ»
14	Комплектний розподільчий пристрій пересувної електростанції 10 кВ, 630 А
15	Трансформатор струму 150 кВ, 1000/1 А з масляною ізоляцією
16	Пристрій перемикання без збудження 10 кВ, 350 А
17	Трансформатор струму 220 кВ, 2000/5 А

Продовження таблиці А.1

18	Термодинамічна модель силового трансформатора по методі ІЕС 60076-7
19	Ввід високовольтної напруги 150 кВ, 800 А
20	Автоматизовані системи комерційного обліку електроенергії
21	Камера збірна однобічного обслуговування 10 кВ, 1000 А
22	Випрямляч 32 кА, 950 В
23	Модернізація силового блоку електровозу ВЛ 80т
24	Трансформатор струму 220 кВ, 3000/1 А
25	Трансформатор напруги 110 кВ
26	Трансформатор напруги 400 кВ
27	Трансформатор струму 220 кВ, 2000/1 А
28	Організація технологічних процесів технічного обслуговування кранового металургійного електрообладнання
29	Трансформатор напруги 500 кВ
30	Технологія виготовлення трансформатора струму 150 кВ
31	Трансформатор струму 330 кВ, 2000/1 А
32	Комплектний розподільний пристрій 10 кВ, 1000 А
33	Трансформатор струму 220 кВ, 1500/1 А з елегазовою ізоляцією
34	Перетворювач 12 В, 200 А для технологічної установки гальванічного покриття
35	Трансформатор напруги 220 кВ для комплектного розподільного пристрою з елегазовою ізоляцією
36	Трансформатор напруги 500 кВ для комплектного розподільного пристрою з елегазовою ізоляцією
37	Перетворювач 12 В, 3150 А

Продовження таблиці А.1

38	Комплектний розподільний пристрій 10 кВ, 1250 А
39	Комплектний розподільний пристрій 10 кВ, 2000 А
40	Комплектний розподільчий пристрій 10 кВ, 1600 А з мікропроцесорним пристроєм релейного захисту та автоматики
41	Комплектний розподільчий пристрій 10 кВ, 2500 А з мікропроцесорним пристроєм релейного захисту та автоматики
42	Елегазовий трансформатор струму 220 кВ, 2000 А
43	Однофазний масляний шунтуючий реактор 60 МВАр, 500 кВ
44	Комплектна трансформаторна підстанція 10/0,4 кВ потужністю 630 кВА підвищеної надійності
45	Увід 330 кВ для силового трансформатора 167000 кВА
46	Система пожежогасіння для автотрансформатору 333 мВА, 750 кВ
47	Система автоматичного керування збудженням турбогенератора 0,4 кВ станції ЕГ-1000
48	Елегазовий трансформатор напруги 330 кВ
49	Система діагностики трансформаторного обладнання
50	Трансформатор струму 330 кВ, 1000/1 А
51	Трансформатор напруги 400 кВ
52	Підстанція 35/10 кВ з підвищеною експлуатаційною надійністю
53	Комплектний тиристорний електропривод 220 В, 400 А
54	Підстанція 10/0,4 кВ для живлення міського мікрорайону
55	Пристрій регулювання напруги трансформатора 20 кВ, 550 А

Продовження таблиці А.1

56	Випрямляч 24 В, 1600 А для гальванічних ванн
57	Випрямляч 12 В, 800 А з мікропроцесорним керуванням
58	Опорний газонаповнений трансформатор напруги 220 кВ
59	Розподільний пристрій вводу механічного цеху 6 кВ, 900 А
60	Розподільний пристрій 6 кВ цеху підготовки виробництва з резервуванням живлення
61	Стенд для випробування асинхронних двигунів потужністю до 1000 кВт
62	Трансформатор струму 35 кВ, 1000/1 А
63	Комплектний тиристорний електропривод 440 В, 50 А
64	Низьковольтний комплектний пристрій 600 В, 2000 А для тягових підстанцій
65	Випрямний блок 950 В, 32 кА для електролізної технологічної установки
66	Камера збірна однобічного обслуговування 6 кВ, 630 А
67	Стенд для випробування електродвигунів до 100 кВт
68	Трансформатор струму 110 кВ, 1000/5 А
69	Випрямляч 600 В, 2000 А міської тягової підстанції
70	Контактор змінного струму 380 В, 160 А з підвищеним ресурсом
71	Стенд для випробування автоматичних вимикачів і реле 380 В, 1,0-100 А
72	Система технічного обліку електроенергії промислового підприємства
73	Пристрій регулювання напруги трансформатора 35 кВ, 300 А

Продовження таблиці А.1

74	Технологічний процес монтажу допоміжних кіл трифазного випрямляча для тягових підстанцій
75	Електрообладнання та системи керування продування конвертора агрегату газокисневого рафінування
76	Електрообладнання лоботокарного металооброблювального верстата
77	Електрообладнання та системи керування нахилу конвертора газокисневого рафінування
78	Комплектна система частотного електропривода потужного промислового вентиляційного пристрою в електрометалургії
79	Перетворювач для живлення приводу постійного струму прокатного стану
80	Підвищення надійності відкритого розподільчого пристрою 750 кВ Запорізької атомної електростанції
81	Оптимізація параметрів електротехнічного комплексу індукційного плавильного устаткування
82	Розподільчий пристрій 6 кВ живлення компресорної станції, цеху феросплавів
83	Модернізація головного обладнання підстанції 35/10 кВ живлення цеху дугових та індукційних печей для підвищення ефективності та енергозбереження при виробництві в електрометалургії
84	Системи регулювання комплексів електросталеплавильного обладнання на основі дугових печей заводу „Дніпроспецталь”
85	Системи регулювання комплексів електросталеплавильного обладнання на основі індукційних печей заводу „Дніпроспецталь”
86	Системи регулювання комплексів електросталеплавильного обладнання на основі порошкової металургії
87	Системи регулювання комплексів електросталеплавильного обладнання на основі електрошлакового переплаву
88	Електрообладнання та системи керування продування конвертора агрегату газокисневого рафінування
89	Електрообладнання лоботокарного металооброблювального верстата

Закінчення таблиці А.1

90	Електрообладнання та системи керування нахилу конвертора газокисневого рафінування
91	Комплектна система частотного електропривода потужного промислового вентиляційного пристрою в електрометалургії
92	Перетворювач для живлення приводу постійного струму прокатного стану
93	Підвищення надійності відкритого розподільчого пристрою 750 кВ Запорізької атомної електростанції
94	Оптимізація параметрів електротехнічного комплексу індукційного плавильного устаткування
95	Розподільчий пристрій 6 кВ живлення компресорної станції, цеху феросплавів
96	Модернізація головного обладнання підстанції 35/10 кВ живлення цеху дугових та індукційних печей для підвищення ефективності та енергозбереження при виробництві в електрометалургії
97	Системи регулювання комплексів електросталеплавильного обладнання на основі дугових печей заводу „Дніпроспецсталь”
98	Системи регулювання комплексів електросталеплавильного обладнання на основі індукційних печей заводу «Дніпроспецсталь»
99	Системи регулювання агрегатів комплексної обробки сталі на базі дугової сталеплавильної печі з поворотним сводом ДСП-50
100	Системи регулювання агрегатів комплексної обробки сталі на базі дугової сталеплавильної печі з викатним сводом ДСВ-60
101	Модернізація головного обладнання підстанції 10/0,4 кВ для живлення цеху дугових та індукційних печей для підвищення ефективності та енергозбереження при виробництві в електрометалургії
102	Модернізація головного обладнання підстанції 35/10 кВ живлення цеху дугових та індукційних печей для підвищення ефективності та енергозбереження при виробництві в електрометалургії

Додаток Б

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет _____
 Кафедра _____
 Спеціальність _____
(код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) _____
(назва освітньої програми (спеціалізації))

З А В Д А Н Н Я

НА КУРСОВИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

- _____
- (прізвище, ім'я, по батькові)
1. Тема проекту (роботи) _____

 2. Строк подання студентом проекту (роботи) _____
 3. Вихідні дані до проекту (роботи) _____

 4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____

 5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів курсового проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка

Студент(ка)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)