

Міністерство освіти і науки України
Чернігівський національний технологічний університет

ОСНОВИ ТЕХНІКИ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ ТА АВТОМАТИКИ

**Методичні вказівки
до розрахунково-графічної та самостійної роботи
студентів за напрямом підготовки
6.050701 "Електротехніка та електротехнології"**

Обговорено і рекомендовано на
засіданні кафедри ІВТ,
метрології та фізики
протокол № 9 від 20.04.17 р.

Чернігів ЧНТУ 2017

Основи техніки релейного захисту та автоматики. Методичні вказівки до розрахунково-графічної та самостійної роботи студентів за напрямом підготовки 6.050701 "Електротехніка та електротехнології". / Укл.: Приступа А.Л. – Чернігів: ЧНТУ, 2017. – 27 с.

Укладач: Приступа Анатолій Леонідович, кандидат технічних наук, доцент

Відповідальний: Приступа А. Л., завідувач кафедри ІВТМіФ,
за випуск: кандидат технічних наук, доцент

Рецензент: Козирський Володимир Вікторович, доктор технічних наук, директор ННІ енергетики і автоматики НУБіП України

ВСТУП

В системі виробництва, розподілення та споживання електричної енергії важливою ланкою, що забезпечує надійність і економічність функціонування, є пристрої релейного захисту та автоматики.

Курс "Основи техніки релейного захисту" входить до нормативної частини плану підготовки бакалаврів за напрямом "Електротехніка та електротехнології" і належить до циклу професійно-орієнтованих дисциплін.

Метою викладання дисципліни є ознайомлення студентів з принципами побудови пристроїв релейного захисту та автоматики, особливостями застосування цих пристроїв в схемах захисту різних елементів електроенергетичних систем; формування систематичних знань студентів про методи та засоби захисту електрообладнання при пошкодженнях і ненормальних режимах; набуття навичок самостійного вирішення інженерних задач по розрахунку та вибору параметрів пристроїв релейного захисту та автоматики різних елементів електроенергетичних систем.

Вивчення даної дисципліни базується на знаннях, отриманих студентами в попередніх дисциплінах: "Теоретичні основи електротехніки", "Електричні машини та електропривод", "Електричні системи і мережі", "Промислова електроніка", "Електричні станції та підстанції", "Електромагнітні перехідні процеси", "Основи метрології та вимірювальної техніки", "Мікропроцесорна техніка".

В результаті вивчення дисципліни студент повинен:

– знати: призначення пристроїв релейного захисту, схеми їх з'єднань з первинними перетворювачами струму та напруги; основні принципи побудови релейного захисту, умови вибору параметрів спрацювання та забезпечення необхідної чутливості різних типів релейного захисту; особливості захисту різних елементів електроенергетичних систем; основні поняття про новітні пристрої релейного захисту;

– вміти: вибирати трансформатори струму для роботи їх в схемах релейного захисту; розраховувати параметри спрацювання захистів різних елементів електроенергетичних систем; читати та складати прості схеми релейного захисту та автоматики.

Знання набуті студентами в процесі вивчення даної дисципліни стануть їм в нагоді при вивченні наступних дисциплін: " Оперативні інформаційно-керуючі комплекси в електроенергетиці ", "Автоматика в електроенергетичних системах", а також при дипломному проектуванні.

1 ОРГАНІЗАЦІЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Кількість часу, що виділяється студенту для роботи в аудиторії (на лекційних, практичних та лабораторних заняттях) і на самостійну роботу визначається навчальним планом підготовки фахівців за напрямом "Електротехніка та електротехнології" та навчальною програмою дисципліни "Основи техніки релейного захисту". Ознайомитись з навчальним планом та навчальною програмою студенти мають змогу у викладацькій кафедрі електричних систем і мереж та на сайті ЧНТУ. Завдання до самостійної роботи видаються студентові викладачем під час аудиторних занять. На аудиторних заняттях та на консультаціях викладач контролює виконання поставлених завдань в процесі поточного контролю, на захисті лабораторних та розрахунково-графічних робіт (РГР), а також допомагає студенту правильно організувати самостійну роботу.

Самостійну роботу необхідно розпочинати з початку семестру, щоб якісно виконати весь обсяг самостійної роботи та створити найбільш сприятливі умови наприкінці семестру для успішного складання семестрових заліків та екзаменів.

Для підвищення ефективності самостійної роботи важливим моментом є її правильна організація, для чого не зайвим буде розробка розпорядку дня, де фіксується дисципліна, час та характер занять (теоретичні, практичні чи лабораторні). Розпорядок дня варто складати на початку нового семестру на весь семестр. Розподіл часу на самостійну роботу по дисциплінам та тижням необхідно виконувати з врахуванням обов'язкових завдань та строків їх виконання, що доводяться до студента викладачем на початку семестру. По ходу семестру розпорядок дня може коректуватись у відповідності з новими або зі зміненими на протязі семестру завданнями.

При плануванні самостійної роботи не слід весь день відводити тільки одному предмету чи тільки одному виду занять. При одноманітній роботі людина стомлюється більше, ніж при роботі різного характеру. Однак не

завжди доцільно займатися багатьма предметами в один день, оскільки при кожному переході потрібно зосередити увагу на новому предметі, що може привести до втрат часу. При плануванні доцільно відводити стільки часу для виконання певного виду роботи, щоб його було достатньо для її завершення (оформлення лабораторної роботи, виконання завдання РГР, опрацювання теоретичного матеріалу за темою лекції доцільно виконувати не перериваючись на інші види роботи). Потрібно навчитися не переривати уваги до логічного завершення якогось етапу роботи.

Дуже важливе питання самостійної роботи – уміння зосереджуватися. Робота без концентрації уваги малопродуктивна, а іноді і марна. Уміння зосередитися, заглибитися в роботу здобувається в результаті щоденної практики.

Для того, щоб процес розумової праці був ефективним, він не повинний нав'язуватися, а повинен викликати почуття задоволення.

Можна назвати три основні причини відсутності інтересу до того, чим займаєшся: відсутність знань про предмет; нечітке уявлення про його значимість і цінність; наявність упередження, що часто виникає з випадкової причини, через непорозуміння.

Головна причина відсутності інтересу - непоінформованість. Зацікавленість можна викликати, якщо спробувати довідатися більше про даний предмет, про практичне застосування досліджуваного матеріалу, зазирнути в історії розвитку дисципліни і познайомитися з діяльністю людей, що її створили.

Важливе значення в самостійній роботі і збільшенні продуктивності праці має економія часу.

До великих втрат часу приводить відсутність порядку в роботі і збереженні попередніх результатів. Недбалість при виконанні розрахунків (часто проста арифметична помилка) призводить до того, що завдання потрібно виконувати заново. Багато часу йде на пошуки необхідних книг, листків з попередніми розрахунками, паперу при їх недбалому збереженні.

Для економії витрат часу на виконання математичних розрахунків доцільно використовувати персональний комп'ютер чи мікрокалькулятор. При цьому необхідно пам'ятати, що на правильність отриманого машинного розрахунку, буде впливати правильність застосованої математичної моделі. Тому після створення комп'ютерних програм для розрахунку варто разом з викладачем перевірити коректність їх роботи.

Одним з найважливіших факторів, що впливає на продуктивність розумової праці, є порядок на робочому місці і навколо нього. Підтримуйте строгий порядок у своїх книгах, записах, конспектах, паперах. Для кожної речі повинне бути своє визначене місце.

На продуктивність розумової праці значно впливає якість освітлення. Звичайно велика частина часу, що відводиться студенту для самостійної роботи, приходиться на вечірні години, тобто на роботу при штучному освітленні. Неоднорідність та низька якість освітлення робочого місця призводить до підвищувальної втомлюваності.

При організації свого робочого місця врахуйте вищезазначені поради. Це зекономить ваш час для відпочинку, який дуже важливий для якісного засвоєння нових знань.

2 РОБОТА З ЛЕКЦІЙНИМ МАТЕРІАЛОМ

Лекціям належить провідна роль у навчальному процесі. Лектор допомагає студенту зрозуміти основи дисципліни; вказує, над чим варто працювати в першу чергу; створює в слухачів ясне уявлення про методику вивчення даної дисципліни.

Оскільки підручник завжди відстає від останніх досягнень науки і техніки, лектор доводить до студентів нові напрямки і тенденції в розвитку науки та техніки.

Лекція – це творчий процес, у якому беруть участь одночасно і лектор, і студенти. Зусилля лектора при подачі матеріалу і час, витрачений студентами на лекцію, будуть максимально використані тільки в тому випадку, коли слухачі розуміють роль лекції і будуть готові до неї. Підготовленим можна вважати такого слухача, що засвоїв зміст попередніх лекцій та володіє необхідними знаннями для адекватного сприйняття нового матеріалу. Ефективність лекції багато в чому залежить від самих студентів, для цього між ними і лектором повинне бути взаєморозуміння. Зацікавленість з боку студентів до матеріалу лекції, зворотній зв'язок з лектором, спонукають лектора до максимальної віддачі та підвищують ефективність лекції. Повна байдужість з боку студентів до матеріалу лекції призводить до зменшення самовіддачі лектора, і лекція стає малоефективною, перетворюється в нудний, непродуктивний диктант, від якого задоволення не отримують ні студенти, ні викладач.

Велику допомогу при засвоєнні матеріалу, що викладається під час лекцій, надає конспект, де ведеться запис своїми словами основних моментів лекції, за якими згодом буде легше відтворити матеріал, що викладався на лекції. Якість конспекту має велике значення для якнайкращого засвоєння матеріалу. Охайний, осмислено написаний конспект зменшує витрати часу на повторювання матеріалу при підготовці до нової лекції та екзамену. При веденні конспекту варто у вигляді тезисів занотовувати тільки основні

моменти. Викладач під час лекції наголошує на певних моментах, важливих з його суб'єктивного погляду; для кожного окремого студента важливо занотовувати те, що саме він вважає за потрібне. Таким чином конспект кожного сумлінного студента має бути оригінальним, а сам процес конспектування сприяє появі в студента навичок виділяти з загального найголовніше і стило виражати свої думки. При веденні конспекту студент краще запам'ятовує почуте, оскільки в цьому процесі беруть участь слух, зір, моторика рук, які впливають на різні частини головного мозку.

При написанні конспекту після кожного змістового блоку варто залишати трохи вільного місця для доповнення конспекту додатковою інформацією з підручників та довідників. Доповнювати конспект інформацією варто після кожної лекції, оскільки через обмеження в часі викладач не встигає викласти матеріал лекції з різних кутів зору. При використанні підручників варто використовувати видання різних наукових шкіл. Це зробить конспект більш повним і якісним, зменшить кількість "білих плям" у вивченні дисципліни. Перелік рекомендованої літератури лектор зазвичай оголошує на першій лекції. Крім того під час окремих лекцій викладач може рекомендувати певну літературу для більш детального вивчення питань, що розглядались на цій лекції.

Перелік основних тем дисципліни "Основи техніки релейного захисту"

Вступ

Мета і завдання дисципліни. Коротка історія розвитку релейного захисту й автоматики. [3, С.8-17]

Основні види ушкоджень і ненормальних режимів в електроенергетичних системах. Призначення класифікація пристроїв релейного захисту й автоматики. [2, С.5-21; 3, С.25-47]

Особливості електричних мереж промислових підприємств,

агропромислового комплексу, транспорту та їх вплив на вибір пристроїв релейного захисту й автоматики. [1, С.5-9]

Основні вимоги, що висуваються до пристроїв релейного захисту й автоматики. [2, С.21-25]

Елементи пристроїв релейного захисту й автоматики

Лінійні та нелінійні вимірювальні перетворювачі напруг і струмів. Первинні вимірювальні перетворювачі струму й напруги. Спеціальні вимірювальні трансформатори струму (магнітні, що насичуються, проміжні). Фільтри симетричних складових струму й напруги. Блоки живлення. [1, С.21-43]

Загальні відомості про електромеханічні системи. Використання електромагнітного принципу для виконання реле. Електромагнітні вимірювальні реле струму й напруги. Електромагнітні логічні реле. Використання індукційного принципу для виконання реле. Індукційні вимірювальні реле з однією й двома електричними величинами. Електричні реле з постійним магнітом. [1, С.43-74]

Напівпровідникові елементи. Загальні відомості про напівпровідникові безконтактні елементи. Безконтактні напівпровідникові реле (БНР) і їх характеристика. Використання БНР для виконання реле напруги, струму, часу, проміжних. Релейний захист й автоматика на уніфікованих напівпровідникових елементах. Джерела живлення пристроїв релейного захисту на напівпровідникових елементах. Загальні відомості про логічні елементи. Логічні елементи на безконтактних напівпровідникових реле. [2, С.75-146]

Структура й вимоги, що висуваються до мікропроцесорних систем, які використовуються для реалізації функцій захисту й автоматики елементів електроенергетичних систем. Переваги й недоліки мікропроцесорних пристроїв. Завадостійкість мікропроцесорних систем. [7, 8]

Захист та автоматика електричних мереж напругою до 1 кВ

Вимоги, що висуваються до захисту мереж напругою до 1 кВ та його виконання. [4, С.339-343]

Захист плавкими запобіжниками, їх вибір з урахуванням забезпечення селективності й чутливості. [1, С.103-108]

Захист автоматичними вимикачами і їх вибір. Схеми пристроїв захисту, розрахунок їх параметрів, забезпечення селективності й чутливості. Принципи побудови карти селективності при виконанні захисту апаратами різних типів. [1, С.108-115]

Захист від однофазних КЗ на землю в чотирьохпровідній мережі із глухозаземленою нейтраллю. [1, С.115-117]

Захист і автоматика двигунів напругою до 1 кВ: захист від КЗ за допомогою запобіжників, розчеплювачів автоматичних повітряних вимикачів, реле струму; захист від перевантаження з використанням електромеханічних та електротеплових реле, температурний захист, захист на основі напівпровідникової елементної бази; захист від обриву фаз; мінімальний захист напруги; пристрої АПВ і АВР електродвигунів. [1, С.312-321]

Релейний захист і автоматика ліній електропередачі в мережах напругою вище 1 кВ

Схеми включення вимірювальних органів захисту. [2, С.146-181]

Триступінчатий струмовий захист й основні його органи. Принцип дії й вибір параметрів максимального струмового захисту і струмових відсічок без витримки та з витримкою часу. Оцінка чутливості захисту. Розширення зони захисту струмової відсічки без витримки часу: неселективна струмова відсічка, комбінована відсічка по струму та напрузі. Максимальний струмовий захист із магнітними трансформаторами струму. Схеми, оцінка й область застосування струмових захистів. [1, С.120-146]

Струмовий спрямований захист. Призначення, основні органи, принцип дії й вибір параметрів максимального струмового спрямованого захисту й струмових спрямованих відсічок без витримки та з витримкою часу. Схеми

включення реле напрямку потужності. Схеми, оцінка, і область застосування струмових спрямованих захистів. [4, С.339-343]

Особливості виконання, функціональні схеми й вибір параметрів струмових і струмових спрямованих захистів секціонованих сільських мереж напругою вище 1 кВ. Пристрої мережного резервування. Струмовий захист із залежної від третьої гармонійної струму витримкою часу. Дистанційний захист з лінійно залежною характеристикою витримки часу для багаторазово секціонованих радіальних ліній з мережним резервуванням. Функціональна схема захисту та вибір параметрів спрацьовування. [4, С.339-343]

Захист ліній від однофазних замикань на землю в мережах з ізольованою або компенсованою нейтраллю. Процеси, що відбуваються в мережах з ізольованою або компенсованою нейтраллю, при однофазному замиканні на землю. Основні вимоги, що висуваються до захисту. Принципи виконання пристроїв захисту й сигналізації замикань на землю (що реагують на складові нульової послідовності промислової частоти, на вищі гармоніки сталого струму замикання, на складові перехідного процесу замикання на землю тощо). [4, С.339-343]

Захист з абсолютною селективністю. Диференційні захисти. Призначення й види захистів. Принцип дії поздовжнього диференційного струмового захисту. Струм небалансу в реле схеми із циркулюючими струмами. Вибір параметрів спрацьовування й способи підвищення чутливості захисту. Поздовжній диференційний струмовий захист ліній із провідним каналом зв'язку й особливості його виконання. Поздовжній диференційний струмовий захист ліній із високочастотним каналом зв'язку й особливості його виконання. Поперечний диференційний струмовий захист. Принцип дії, вибір параметрів спрацьовування, мертва зона. Поперечний диференційний струмовий спрямований захист. Пускові органи, вибір параметрів спрацьовування й перевірка чутливості. Схеми, оцінка, і область застосування поперечних диференційних струмових спрямованих і ненаправлених захистів. [4, С.339-343]

Дистанційні захисти. Призначення, основні органи й принцип дії захисту. Схеми включення дистанційних органів. Вибір параметрів спрацьовування захисту зі східчастою характеристикою витримок часу. Оцінка захисту й область її застосування. [4, С.339-343]

Релейний захист елементів тягових підстанцій: понижуючих трансформаторів, установок ємнісної компенсації, випрямних установок, трансформаторів власних потреб, шин і ліній, що відходять, розподільних пристроїв постійного струму. [4, С.339-343]

Специфічні вимоги, пропоновані до пристроїв захисту й автоматики рудничних електроустановок. Особливості експлуатації й монтажу цих пристроїв. [4, С.339-343]

Пристрою захисту й автоматики, що вбудовуються у комплектні розподільні пристрої (КРУ) напругою вище 1 кВ. Вибір типу КРУ й розрахунок параметрів спрацьовування захисту для електродвигунів, а також для ввідної, лінійної й секційної комірки ЦПП або РП. [4, С.339-343]

Класифікація, призначення й виконання пристроїв системної автоматики. Автоматичне включення резерву (АВР). Основні технічні вимоги, що висуваються до пристроїв АВР. Основні органи, розрахунок, вибір параметрів і схеми пристроїв АВР. Особливості роботи пристроїв АВР при наявності синхронного навантаження. Автоматичне повторне включення (АПВ) електроустаткування. Основні технічні вимоги, що висуваються до пристроїв АПВ. Класифікація способів здійснення АПВ. Основні органи, розрахунок, вибір параметрів і схем пристроїв АПВ ліній з однобічним живленням. Особливості пристроїв АПВ ліній із двостороннім живленням. Пристрої АПВ без контролю та з контролем синхронізму. Прискорення дії релейного захисту при АПВ. Сполучення неселективних відсічок і багаторазового АПВ. Використання АПВ ліній при здійсненні захисту підстанцій без вимикачів на стороні вищої напруги. Автоматичне частотне розвантаження (АЧР). Призначення, особливості виконання, вибір параметрів і схеми пристроїв АЧР. Узгодження дій пристроїв релейного захисту, АЧР, АПВ, АВР. Місцеве АПВ.

Особливості релейного захисту й автоматики ліній з відгалуженнями. [4, С.339-343]

Релейний захист і автоматика силових трансформаторів

Струмовий захист. Газовий захист. Диференційний струмовий захист, особливості, вибір параметрів, схеми й область застосування. Особливості захисту трансформаторів, що працюють без вимикачів на стороні вищої напруги. Пристрої протиаварійної автоматики: АПВ, АВР, автоматичного аварійного розвантаження. Автоматичні пристрої, що забезпечують керування режимами роботи трансформаторів. [4, С.339-343]

Захист й автоматика шин

Види захистів шин і вимоги, що висуваються до цих захистів. Принципи виконання захисту шин. Загальні відомості про струмові диференційні й дистанційні захисти шин. Підвищення чутливості, прискорення дії та надійності захисту шин. Пристрої АПВ шин. [4, С.339-343]

3 ПІДГОТОВКА ДО ЛАБОРАТОРНИХ І ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Лабораторне заняття - форма навчального заняття, при якому студент під керівництвом викладача особисто проводить натурні або імітаційні експерименти чи досліди з метою практичного підтвердження окремих теоретичних положень даної навчальної дисципліни, набуває практичних навичок роботи з лабораторним устаткуванням, обладнанням, обчислювальною технікою, вимірювальною апаратурою, методикою експериментальних досліджень у конкретній предметній галузі.

Лабораторні заняття проводяться у спеціально обладнаних навчальних лабораторіях з використанням устаткування, пристосованого до умов навчального процесу (лабораторні макети, установки тощо). В окремих випадках лабораторні заняття можуть проводитися в умовах реального професійного середовища (наприклад, на виробництві, в наукових лабораторіях).

Лабораторне заняття включає проведення поточного контролю підготовленості студентів до виконання конкретної лабораторної роботи, її виконання, оформлення індивідуального звіту з виконаної роботи та його захист перед викладачем.

Виконання лабораторної роботи оцінюється викладачем. Підсумкова оцінка виставляється в журналі обліку виконання лабораторних робіт. Підсумкові оцінки, отримані студентом за виконання лабораторних робіт, враховуються при виставленні семестрової підсумкової оцінки з даної навчальної дисципліни.

Перелік тем лабораторних занять визначається робочою навчальною програмою дисципліни.

Важливою передумовою ефективності проведення лабораторних робіт є теоретична підготовка студентів і попередня перевірка викладачем їх готовності до роботи. Необхідною умовою організації лабораторної роботи є підготовка методичних вказівок щодо її проведення, які студенти мають уважно вивчити до початку заняття.

Оскільки в лабораторних роботах здебільшого доводиться виконувати вимірювання з наступними обчисленнями, важливими є вміння студентів правильно користуватись вимірювальними приладами, а при обробці результатів вимірювання – коректно здійснювати розрахунки.

Однією з ефективних форм навчальної діяльності на лабораторних заняттях є спільна групова робота. Її важливо організувати так, щоб кожний студент знайшов своє місце, вибрав відповідну роль, зробив належний внесок у виконання завдання і дістав відповідну оцінку викладача. Тому перед виконанням лабораторної роботи всі члени однієї бригади мають розподілити між собою функції, які вони будуть виконувати на лабораторному занятті. Для підвищення ефективності вивчення дисципліни та розвитку різнобічних навичок функції членів бригади повинні змінюватись перед кожною наступною роботою.

Практичне заняття - форма навчального заняття, при якій викладач організує детальний розгляд студентами окремих теоретичних положень навчальної дисципліни та формує вміння і навички їх практичного застосування шляхом індивідуального виконання студентом відповідно сформульованих завдань.

Мета практичних занять - навчити студентів вирішувати практичні задачі, виробити в них навички застосування теоретичних знань на практиці.

Перелік тем практичних занять визначається робочою навчальною програмою дисципліни. Проведення практичного заняття ґрунтується на попередньо підготовленому методичному матеріалі - тестах для виявлення ступеня оволодіння студентами необхідними теоретичними положеннями, наборі завдань різної складності для розв'язування їх студентами на занятті.

Практичні заняття проводяться паралельно лекційному курсу. Звичайно студентам пропонується спочатку вирішувати прості, типові задачі, що вимагають знання основних положень теорії. Аналогічні задачі викладач пропонує студентам розв'язати вдома.

Практичне заняття включає проведення попереднього контролю знань,

умінь і навичок студентів, постановку загальної проблеми викладачем та її обговорення за участю студентів, розв'язування завдань з їх обговоренням, розв'язування контрольних завдань, їх перевірку, оцінювання.

Основна умова продуктивності практичних занять - попереднє ознайомлення з теорією. Розв'язуючи запропоновану задачу, студент повинен прагнути одержати не тільки правильну відповідь, але і засвоїти загальний метод розв'язання подібних задач, тому що кожен метод має свій порядок (алгоритм), що містить послідовний ряд окремих операцій від початку розв'язку до його кінця.

Починаючи самостійне розв'язання задачі, необхідно ознайомитися з методом розв'язання аналогічних задач, переглянути записи розв'язання задач під керівництвом викладача на практичних заняттях, а також приклади розв'язання й аналізу задач, що даються в підручниках і збірниках. Потрібно намітити весь хід рішення, продумати порядок і послідовність проведення обчислень. Потрібно вміти користатися обчислювальною технікою, що дозволяє значно спростити обчислення, а також розв'язання задач графоаналітичним методом.

Щоб не допустити помилок при розв'язанні, необхідно всі розрахунки вести гранично акуратно. При рішенні задач потрібно учитися вести такі записи розрахунків, що полегшують роботу, виявляють і підкреслюють методику розрахунку, дозволяють легко перевірити хід рішення і знайти помилку. Кінцеві результати кожного етапу роботи варто підкреслювати або виносити на поля. Особливу увагу потрібно приділяти чіткому написанню цифр. Проаналізувавши свою роботу, ви побачите, що всяке послаблення акуратності і методичності запису приводить до значної втрати часу й у більшості випадків і повторенню всіх розрахунків.

Оцінки, отримані студентом за окремі практичні заняття, враховуються при виставленні підсумкової оцінки з даної навчальної дисципліни.

4 ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

Розрахунково-графічна робота передбачена навчальним планом підготовки фахівців за напрямом "Електротехніка та електротехнології".

Оформлюється РГР у вигляді пояснювальної записки. Пояснювальна записка виконується державною мовою з дотриманням вимог чинних нормативних документів .

При виконанні РГР студент повинен дотримуватись наступних вимог:

- основні положення розрахунків повинні мати докладні пояснення;
- на титульному аркуші РГР обов'язково повинен бути підпис студента, та проставлена дата виконання (не підписані роботи на перевірку не приймаються);
- до кожної задачі повинна бути приведена пояснювальна схема, з нанесенням на неї всіх вихідних даних;
- проміжні та кінцеві результати повинні бути виділені з загального тексту;

Використані при рішенні задач теоретичні положення, довідкові дані необхідно супроводити посиланнями на літературу.

При виборі пристроїв захисту та первинних перетворювачів бажано використовувати сучасні їх моделі, та враховувати економічні аспекти при їх виборі.

5 ЗАВДАННЯ НА РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНУ РОБОТУ

5.1 Розрахунок параметрів спрацьовування струмового захисту ліній 6-35 кВ

Задача 5.1 Виконати розрахунок уставок максимального струмового захисту А1-А4 ліній 6(10) кВ, вибрати плавкі запобіжники для захисту силових трансформаторів 6(10)/0,4 кВ, побудувати карту селективності роботи пристроїв захисту, перевірити чутливість захисту. Схема мережі приведена на рисунку 5.1, вихідні дані до розрахунку представлені в таблиці 5.1.

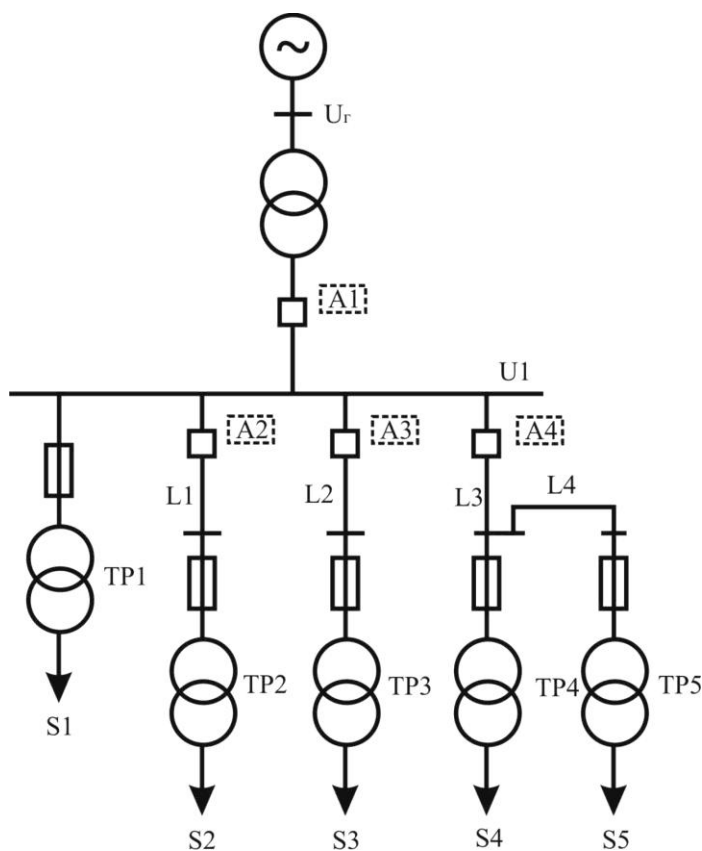


Рисунок 5.1 – Схема мережі

Таблиця 5.1 – Вихідні дані до задачі 5.1

Літера	TP1	TP2	TP3	TP4	TP5	L1, км	L2, км	L3, км	L4, км	Тип лінії	U1, кВ	Схема з'єднання ТС	к _{с.з.}	тип реле
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
А	ТМ-250	ТМ-400	ТМ-160	ТМ-630	ТМ-630	6	0,2	0,2	0,2	ПЛІ	6	повна зірка	1,5	РТ-85
Б	ТМ-400	ТМ-630	ТМ-630	ТМ-160	ТМ-400	7	0,3	0,3	0,3	ПЛІ	6	неповна зірка	2	УЗА-АТ
В	ТМ-630	ТМ-160	ТМ-250	ТМ-250	ТМ-160	3	0,4	0,4	0,4	ПЛІ	6	на різницю струмів	2,5	РС80
Г	ТМ-160	ТМ-250	ТМ-400	ТМ-400	ТМ-250	3,5	0,5	0,5	0,5	КЛІ	6	повна зірка	1,5	РТ-85
Д	ТМ-250	ТМ-400	ТМ-160	ТМ-630	ТМ-630	4	0,6	0,6	0,6	КЛІ	10	неповна зірка	2	УЗА-АТ
Е	ТМ-400	ТМ-630	ТМ-630	ТМ-160	ТМ-400	4,5	0,7	0,7	0,7	ПЛІ	10	на різницю струмів	2,5	РС80
Є	ТМ-630	ТМ-160	ТМ-250	ТМ-250	ТМ-160	5	0,8	0,8	0,8	ПЛІ	10	повна зірка	1,5	РТ-85
Ж	ТМ-160	ТМ-250	ТМ-400	ТМ-400	ТМ-250	5,5	0,9	0,9	0,9	КЛІ	10	неповна зірка	2	УЗА-АТ
З	ТМ-250	ТМ-400	ТМ-160	ТМ-630	ТМ-630	6,5	1	1	1	КЛІ	10	на різницю струмів	2,5	РС80

Продовження табл. 5.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
I	TM-250	TM-400	TM-160	TM-630	TM-630	7,5	1,1	1,1	1,1	КЛ	10	повна зірка	1,5	РТ-85
І	TM-400	TM-630	TM-630	TM-160	TM-400	8	1,2	1,2	1,2	ПЛ	10	неповна зірка	2	УЗА-АТ
Й	TM-630	TM-160	TM-250	TM-250	TM-160	8,5	1,3	8,5	1,3	КЛ	10	на різницю струмів	2,5	РС80
К	TM-160	TM-250	TM-400	TM-400	TM-250	2,5	1,4	2,5	1,4	КЛ	6	повна зірка	1,5	РТ-85
Л	TM-250	TM-400	TM-160	TM-630	TM-630	2	1,5	2	1,5	ПЛ	10	неповна зірка	2	УЗА-АТ
М	TM-400	TM-630	TM-630	TM-160	TM-400	2,2	1,6	2,2	1,6	ПЛ	6	на різницю струмів	2,5	РС80
Н	TM-630	TM-160	TM-250	TM-250	TM-160	2,7	1,7	2,7	1,7	ПЛ	6	повна зірка	1,5	РТ-85
О	TM-160	TM-250	TM-400	TM-400	TM-250	3,2	1,8	3,2	1,8	КЛ	10	неповна зірка	1,5	РТ-85
П	TM-250	TM-400	TM-160	TM-630	TM-630	3,7	1,9	3,7	1,9	КЛ	6	на різницю струмів	2	УЗА-АТ
Р	TM-400	TM-630	TM-630	TM-160	TM-400	4,2	0,4	4,2	0,4	КЛ	6	повна зірка	2,5	РС80
С	TM-630	TM-160	TM-250	TM-250	TM-160	4,7	0,5	4,7	0,5	КЛ	6	неповна зірка	1,5	РТ-85
Т	TM-160	TM-250	TM-400	TM-400	TM-250	5,2	0,6	5,2	0,6	КЛ	6	на різницю струмів	2	УЗА-АТ
У	TM-250	TM-400	TM-160	TM-630	TM-630	5,8	0,7	5,8	0,7	ПЛ	6	повна зірка	2,5	РС80
Ф	TM-400	TM-630	TM-630	TM-160	TM-400	6,2	0,8	6,2	0,8	ПЛ	10	неповна зірка	1,5	РТ-85
Х	TM-630	TM-160	TM-250	TM-250	TM-160	6,7	0,9	6,7	0,9	КЛ	10	на різницю струмів	2	УЗА-АТ
Ц	TM-160	TM-250	TM-400	TM-400	TM-250	7,3	1	7,3	1	ПЛ	10	повна зірка	2,5	РС80
Ч	TM-250	TM-400	TM-160	TM-630	TM-630	7,7	1,1	7,7	1,1	ПЛ	10	неповна зірка	1,5	РТ-85
Ш	TM-400	TM-630	TM-630	TM-160	TM-400	8,2	1,2	8,2	1,2	КЛ	6	на різницю струмів	2	УЗА-АТ
Щ	TM-630	TM-160	TM-250	TM-250	TM-160	1,9	1,3	1,9	1,3	КЛ	6	повна зірка	2,5	РС80
И	TM-160	TM-250	TM-400	TM-400	TM-250	1,5	0,4	1,5	0,4	КЛ	6	неповна зірка	1,5	РТ-85
Ю	TM-250	TM-400	TM-160	TM-630	TM-630	4,4	0,3	4,4	0,3	ПЛ	10	на різницю струмів	2	УЗА-АТ
Я	TM-400	TM-630	TM-630	TM-160	TM-400	3	0,2	3	0,2	ПЛ	6	повна зірка	2,5	РС80
Ь	TM-630	TM-160	TM-250	TM-250	TM-160	2,5	0,8	2,5	0,8	КЛ	6	неповна зірка	1,5	РТ-85

Рекомендації щодо вибору варіанту.

Розрахункові параметри для вирішення задач обираються відповідно до літер прізвища, ім'я та по батькові студентів. Вибрані параметри зводяться в таблицю. Принцип вибору вихідних параметрів для всіх варіантів однаковий.

Розглянемо вибір розрахункових параметрів на прикладі задачі 5.1.

Прізвище, ім'я та по батькові студента: Петренко Віктор Степанович.

Таблиця 5.2 – Вихідні дані до задачі 5.1 відповідно до варіанту

Літера	П	Е	Т	Р	Е	Н	К	О	В	І	К	Т	О	Р
Номер стовпчика	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Значення параметру	TM-250	TM-630	TM-400	TM-160	TM-400	2,7	1,4	3,2	0,4	КЛ	6	на різницю струмів	1,5	РС80

Задача 5.2 Розрахувати параметри спрацювання струмової відсічки лінії (рисунок 5.2), визначити зону дії захисту (графічно та аналітично), перевірити чутливість захисту. Захист виконано за допомогою реле РТ-40. Вихідні дані до розрахунку представлені в таблиці 5.3. Виконати розрахункову перевірку трансформатору струму.

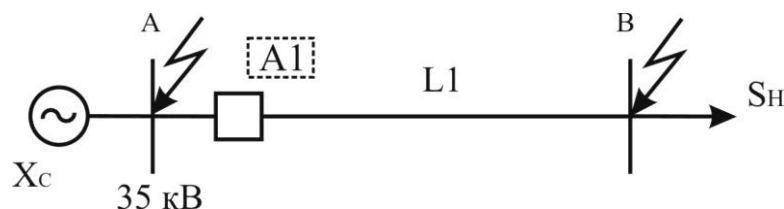


Рисунок 5.2 – Схема ділянки електричної мережі до задачі 5.2

Таблиця 5.3 – Вихідні дані до задачі 5.2

Літера	Марка проводу лінії L	Довжина лінії L, км	Опір енергосистеми X _c , Ом	Схема з'єднання ТС	Марка ТС	Матеріал з'єднувальних проводів	Довжина з'єднувальних проводів, м
А	АС-95	10	3	повна зірка	ТОЛ-35	мідь	100
Б	АС-50	12	2	неповна зірка	ТЛК-35	алюміній	80
В	АС-70	11	4	на різницю струмів	ТВТ-35	мідь	90
Г	АС-120	15	5	повна зірка	ТФЗМ-35	алюміній	110
Д	АС-150	18	6	неповна зірка	ТПЛ-35	мідь	120
Е	АС-95	20	3	на різницю струмів	ТОЛ-35	алюміній	70
Є	АС-50	14	2	повна зірка	ТЛК-35	мідь	130
Ж	АС-70	12,5	4	неповна зірка	ТВТ-35	алюміній	100
З	АС-120	15	5	на різницю струмів	ТФЗМ-35	мідь	80
И	АС-150	16	6	повна зірка	ТПЛ-35	алюміній	90
І	АС-95	15,5	3	неповна зірка	ТОЛ-35	мідь	110
Ї	АС-50	12	2	на різницю струмів	ТЛК-35	алюміній	120
Й	АС-70	13,5	4	повна зірка	ТВТ-35	мідь	70
К	АС-120	10	5	неповна зірка	ТФЗМ-35	алюміній	130
Л	АС-150	12	6	на різницю струмів	ТПЛ-35	мідь	100
М	АС-95	11	3	повна зірка	ТОЛ-35	алюміній	80
Н	АС-50	15	2	неповна зірка	ТЛК-35	мідь	90
О	АС-70	18	4	на різницю струмів	ТВТ-35	алюміній	110
П	АС-120	20	5	повна зірка	ТФЗМ-35	мідь	120
Р	АС-150	14	6	неповна зірка	ТПЛ-35	алюміній	70
С	АС-95	12,5	3	на різницю струмів	ТОЛ-35	мідь	130
Т	АС-50	15	2	повна зірка	ТЛК-35	алюміній	100
У	АС-70	15,5	4	неповна зірка	ТВТ-35	мідь	80
Ф	АС-120	12	5	на різницю струмів	ТФЗМ-35	алюміній	90
Х	АС-150	13,5	6	повна зірка	ТПЛ-35	мідь	110
Ц	АС-95	10	3	неповна зірка	ТОЛ-35	алюміній	120
Ч	АС-50	12	2	на різницю струмів	ТЛК-35	мідь	70
Ш	АС-70	11	4	повна зірка	ТВТ-35	алюміній	130
Щ	АС-120	15	5	неповна зірка	ТФЗМ-35	мідь	100
Ъ	АС-150	18	6	на різницю струмів	ТПЛ-35	алюміній	80
Ю	АС-95	20	3	повна зірка	ТОЛ-35	мідь	90
Я	АС-50	14	2	неповна зірка	ТЛК-35	алюміній	110

Задача 5.3 Розрахувати параметри трьохступеневого захисту А1 лінії L1 та визначити зону дії захисту кожної ступені. Вихідні дані до розрахунку представлені в таблиці 5.3, де характер навантаження відображає коефіцієнт самозапуску k_{C3} , час спрацьовування МСЗ попереднього елемента А2 - $t_{В}^{III}$.

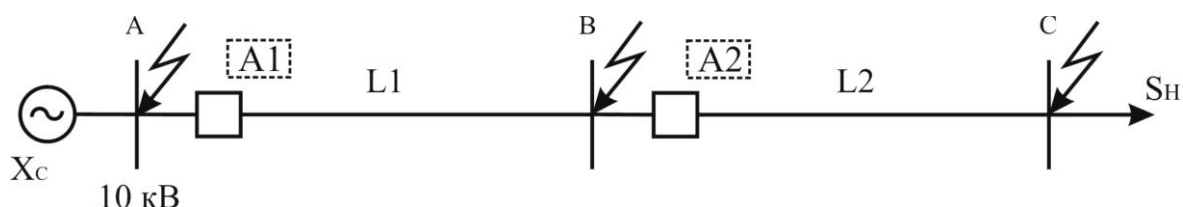


Рисунок 5.3 – Схема ділянки електричної мережі до задачі 5.3

Таблиця 5.4 – Вихідні дані до задачі 5.3

Літера	Марка проводу лінії L1	Марка проводу лінії L2	L1, км	L2, км	X _C , Ом	I _{РАБ.МАХ L1} , А	I _{РАБ.МАХ L2} , А	Схема з'єднання ТС	k _{с.з.}	тип реле	t ^{III} _В , с
А	АС-185	АС-50	10	6	3	320	200	повна зірка	1,5	PC40	1
Б	АС-120	АС-70	12	7	2	310	180	неповна зірка	2	PT-40	1,5
В	АС-150	АС-95	11	3	4	300	190	на різницю струмів	2,5	PC40	0,6
Г	АС-95	АС-50	15	3,5	5	290	170	повна зірка	1,5	PT-40	0,8
Д	АС-185	АС-70	18	4	6	280	160	неповна зірка	2	PC40	1,2
Е	АС-120	АС-95	20	4,5	3	270	150	на різницю струмів	2,5	PT-40	1,8
Є	АС-150	АС-50	14	5	2	260	200	повна зірка	1,5	PC40	2
Ж	АС-95	АС-70	12,5	5,5	4	250	180	неповна зірка	2	PT-40	1
З	АС-185	АС-95	15	6,5	5	320	190	на різницю струмів	2,5	PC40	1,5
І	АС-120	АС-50	16	7,5	6	310	170	повна зірка	1,5	PT-40	0,6
Ї	АС-150	АС-70	15,5	8	3	300	160	неповна зірка	2	PC40	0,8
Й	АС-95	АС-95	12	8,5	2	290	150	на різницю струмів	2,5	PT-40	1,2
К	АС-185	АС-50	13,5	2,5	4	280	200	повна зірка	1,5	PC40	1,8
Л	АС-120	АС-70	10	2	5	270	180	неповна зірка	2	PT-40	2
М	АС-150	АС-95	12	2,2	6	260	190	на різницю струмів	2,5	PC40	1
Н	АС-95	АС-50	11	2,7	3	250	170	повна зірка	1,5	PT-40	1,5
О	АС-185	АС-70	15	3,2	2	320	160	неповна зірка	1,5	PC40	0,6
П	АС-120	АС-95	18	3,7	4	310	150	на різницю струмів	2	PT-40	0,8
Р	АС-150	АС-50	20	4,2	5	300	200	повна зірка	2,5	PC40	1,2
С	АС-95	АС-70	14	4,7	6	290	180	неповна зірка	1,5	PT-40	1,8
Т	АС-185	АС-95	12,5	5,2	3	280	190	на різницю струмів	2	PC40	2
У	АС-120	АС-50	15	5,8	2	270	170	повна зірка	2,5	PT-40	1
Ф	АС-150	АС-70	15,5	6,2	4	260	160	неповна зірка	1,5	PC40	1,5
Х	АС-95	АС-95	12	6,7	5	250	150	на різницю струмів	2	PT-40	0,6
Ц	АС-185	АС-50	13,5	7,3	6	320	200	повна зірка	2,5	PC40	0,8
Ч	АС-120	АС-70	10	7,7	3	310	180	неповна зірка	1,5	PT-40	1,2
Ш	АС-150	АС-95	12	8,2	2	300	190	на різницю струмів	2	PC40	1,8
Щ	АС-95	АС-50	11	1,9	4	290	170	повна зірка	2,5	PT-40	2
И	АС-185	АС-70	15	1,5	5	280	160	неповна зірка	1,5	PC40	1
Ю	АС-120	АС-95	18	4,4	6	270	150	на різницю струмів	2	PT-40	1,5
Я	АС-150	АС-50	20	3	3	260	200	повна зірка	2,5	PC40	0,6
Ь	АС-95	АС-70	14	2,5	2	250	180	неповна зірка	1,5	PT-40	0,8

Задача 5.4 Вибрати первинний і вторинний опір спрацьовування й витримки часу для триступінчастого дистанційного захисту, встановленого в точці 1 лінії 110 кВ з одностороннім живленням.

Дистанційний орган здійснює першу і другу ступінь захисту, а також пусковий орган, що здійснює третю ступінь захисту, виконаний за допомогою реле повного опору, ввімкненого на лінійну напругу та різницю фазних струмів. Коефіцієнт запасу дорівнює 0,85; коефіцієнт трансформації трансформатора струму $k_T=400/5$.

Для пускового органа коефіцієнт запасу з урахуванням самозапуску електродвигуна дорівнює 2; коефіцієнт повернення дорівнює 1,1. Ступінь селективності за часом становить 0,5 секунд. Інші вихідні дані, необхідні для розрахунку зазначені в таблиці 5.5.

Визначити коефіцієнти чутливості другої та третьої ступені захисту при металевому короткому замиканні в кінці лінії, що захищається. Перша ступінь захисту резервних елементів виконаний без витримки часу, а витримка часу селективного захисту ліній становить $t_{Л}^{III}$, трансформатора – $t_{Т}^{III}$.

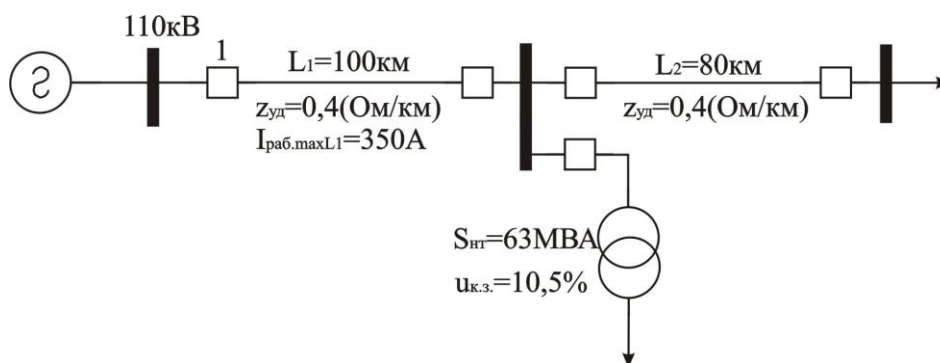


Рисунок 5.4 – Схема ділянки електричної мережі до задачі 5.4

Таблиця 5.5 – Варіанти завдань до задачі 5.4

Літера	Довжина першої лінії L_1 , км	Довжина другої лінії L_2 , км	Робочий максимальний струм першої лінії $I_{роб.макс.L1}$, А	Переріз проводу $L1 S_0$, мм ²	Переріз проводу $L2 S_0$, мм ²	$t_{Л}^{III}$, с	$t_{Т}^{III}$, с	Номінальна потужність трансформатора, $S_{нт}$, кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9
А	100	80	350	50	35	1,5	1,5	4000
Б	105	85	355	35	120	2	2	6300
В	120	90	450	120	50	2,5	2,5	2500
Г	200	87	347	95	90	2,3	2,3	1000
Д	107	65	455	50	70	2,8	2,8	2500
Е	158	74	347	240	90	1,8	1,8	4000
Є	137	90	400	120	50	1,5	1,5	6300
Ж	118	80	359	70	35	2	2	10000
З	200	98	360	240	120	2,5	2,5	16000
И	100	95	350	50	95	2,3	2,3	25000
І	105	87	355	35	50	2,8	2,8	40000
Ї	120	80	450	120	240	1,8	1,8	63000
Й	200	85	347	95	120	1,5	1,5	4000
К	107	90	455	50	70	2	2	6300
Л	158	87	347	240	240	2,5	2,5	2500
М	137	65	400	120	50	2,3	2,3	1000
Н	118	74	359	70	35	2,8	2,8	2500
О	200	90	360	240	120	1,8	1,8	4000
П	100	80	350	50	95	1,5	1,5	6300
Р	105	98	355	35	50	2	2	10000
С	120	95	450	120	240	2,5	2,5	16000

Продовження табл. 5.5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Т	200	87	347	95	120	2,3	2,3	25000
У	107	80	455	50	70	2,8	2,8	40000
Ф	158	85	347	240	50	1,8	1,8	63000
Х	137	90	400	120	35	1,5	1,5	4000
Ц	118	87	359	70	120	2	2	6300
Ч	200	65	360	240	95	2,5	2,5	2500
Ш	100	74	350	50	50	2,3	2,3	1000
Щ	105	90	355	35	240	2,8	2,8	2500
Ь	120	80	450	120	120	1,8	1,8	4000
Ю	200	98	347	95	70	1,5	1,5	6300
Я	107	95	455	50	240	2	2	10000

Задача 5.5 Необхідно вибрати уставки максимального струмового захисту (МТЗ), диференціального захисту (ДЗ) і газового захисту трансформатора заданої марки.

Вихідні дані необхідні для розрахунку наведені в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Варіанти завдань до задачі 5.5

Літера	Марка захищеного трансформатора	Довжина лінії L, км	Переріз проводу S_0 , мм ²
1	2	3	4
А	ТМН 2500/110	52	50
Б	ТМН 6300/110	45	35
В	ТДН 10000/110	66	120
Г	ТДН 16000/110	60	35
Д	ТРДН 25000/110	75	50
Е	ТД 40000/110	55	240
Є	ТРДН 40000/110	58	70
Ж	ТРДЦН 80000/110	53	35
З	ТРДЦН 63000/110	63	50
И	ТМН 2500/110	64	50
І	ТМН 6300/110	52	240
ї	ТДН 10000/110	45	70
Й	ТДН 16000/110	66	35
К	ТРДН 25000/110	60	35
Л	ТД 40000/110	75	95
М	ТРДН 40000/110	55	120

Продовження табл. 5.6.

1	2	3	4
Н	ТРДЦН 80000/110	58	50
О	ТРДЦН 63000/110	53	35
П	ТДЦ 200000/110	63	120
Р	ТРДЦНК 63000/110	64	50
С	ТДН 10000/110	52	240
Т	ТДН 16000/110	45	70
У	ТРДН 25000/110	66	35
Ф	ТД 40000/110	60	35
1	2	3	4
Х	ТРДН 40000/110	75	95
Ц	ТРДЦН 80000/110	55	120
Ч	ТРДЦН 63000/110	58	50
Ш	ТДЦ 200000/110	52	35
Щ	ТРДЦНК 63000/110	45	120
Ь	ТРДЦН 80000/110	66	50
Ю	ТРДЦН 63000/110	60	240
Я	ТДЦ 200000/110	75	70

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. – М: Высш. шк., 2006. - 639с.
2. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения в примерах и задачах. – М: Высш. шк., 2008. - 252с.
3. Чернобровов Н.В., Семенов В.А. Релейная защита энергетических систем - М: Энергия, 1998. - 800с.
4. Федосеев А.М. Релейная защита электроэнергетических систем. – М: Энергоатомиздат, 1992. - 528с..
5. Правила устройства электроустановок. – Х.: Изд-во «Форт», 2009. – 704с.
6. Шабад М.А. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей. – СПб.: ПЭИПК, 2003. – 350с.
7. Фабрикант В.Л. и др. Задачник по релейной защите. Учеб. пособие для электроэнерг. специальностей вузов. – М.: Высш. школа, 1971. – 608 с.
8. Дьяков А.Ф., Овчаренко Н.И. Микропроцессорная релейная защита и автоматика электроэнергетических систем. – М: Изд-во МЭИ, 2000.
9. Овчаренко Н.И. Микропроцессорные комплексы релейной защиты и автоматики распределительных электрических сетей. – М: НТФ “Энергопрогресс”, 1999. [Библиотечка энергетика, приложение к журналу “Энергетик”. Вып. 7(10)].
10. Техническое обслуживание релейной защиты и автоматики электростанций и электрических сетей. В 3-х частях. Под ред. Б.А. Алексева. – М.: «Из-во НЦ ЭНАС», 2001
11. Кривенков В.В., Новелла В.Н. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. Учебн. пособие для вузов. – М.: Энергоиздат, 1981. – 328с.
12. Камнев В.Н. Чтение схем и чертежей электроустановок: Учеб. пособие для сред. ПТУ. – М.: Высш.шк., 1986. – 144с.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1 ОРГАНІЗАЦІЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ.....	5
2 РОБОТА З ЛЕКЦІЙНИМ МАТЕРІАЛОМ.....	8
3 ПІДГОТОВКА ДО ЛАБОРАТОРНИХ І ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ.....	15
4 ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ.....	18
5 ЗАВДАННЯ НА РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНУ РОБОТУ.....	19
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	26