

**Методичні вказівки
до виконання курсових робіт
з дисципліни
«Засоби моделювання в електротехнічних системах»
для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
(освітня програма «Електропостачання та
енергозбереження»)**



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

Методичні вказівки
до виконання курсових робіт
з дисципліни
«Засоби моделювання в електротехнічних системах»
для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
(освітня програма «Електропостачання та
енергозбереження»)

Вінниця
ВНТУ
2023

Рекомендовано до видання Методичною радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 7 від 27.02.2023 р.)

Рецензенти:

М. П. Розводюк, кандидат технічних наук, доцент

В. В. Тептя, кандидат технічних наук, доцент

Методичні вказівки до виконання курсових робіт з дисципліни «Засоби моделювання в електротехнічних системах» для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (освітня програма «Електропостачання та енергозбереження») [Електронний ресурс] / уклад.: М. В. Кутіна, Д. Ю. Лебедь. – Вінниця : ВНТУ, 2023. – (PDF, 36 с.)

Ці методичні вказівки містять рекомендації з вивчення дисципліни «Засоби моделювання в електротехнічних системах» та виконання курсової роботи для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітня програма «Електропостачання та енергозбереження».

ЗМІСТ

1 ТЕМАТИКА ТА ЗМІСТ КУРСОВОЇ РОБОТИ	4
2 ОРГАНІЗАЦІЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ.....	5
3 ОФОРМЛЕННЯ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ.....	6
3.1 Загальні правила оформлення	6
3.2 Структура пояснювальної записки	8
3.3 Вміст вступної частини пояснювальної записки.....	9
3.3.1 Титульний аркуш.....	9
3.3.2 Індивідуальне завдання.....	9
3.3.3 Анотація	10
3.3.4 Зміст	10
3.4 Вміст і оформлення основної частини.....	11
3.4.1 Вступ.....	11
3.4.2 Опис основної частини курсової роботи	11
3.4.3 Висновки	12
3.4.4 Оформлення переліку використаних джерел	12
3.5 Оформлення додатків	13
4 ГРАФІК ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ ТА ПОРЯДОК ІІ ЗАХИСТУ	14
ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	15
Додаток А	17
Додаток Б.....	22
Додаток В	33
Додаток Г	34
Додаток Д	35

1 ТЕМАТИКА ТА ЗМІСТ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Курсова робота (КР) з дисципліни «Засоби моделювання в електротехнічних системах» – це самостійна робота, яка направлена на застосування засобів моделювання для вирішення задач електроенергетики та охоплює матеріал, що викладений під час вивчення дисциплін «Вступ до фаху», «Обчислювальна техніка та САПР в енергетиці» та «Засоби моделювання в електротехнічних системах».

Зміст КР визначається завданням, яке видається на консультації викладачем кожному студенту. Завдання видається не пізніше 6-ти днів з початку семестру.

Кожен етап роботи обов'язково має знайти своє відображення в пояснювальній записці, що містить вхідні та вихідні дані, пояснювальні матеріали, які пов'язані з виконанням КР.

В роботі від студента вимагається самостійність у виборі функцій алгоритмів, операторів та їх послідовності для створення математичної та комп'ютерної моделі, що дозволить в повній мірі відобразити об'єкт та вирішити поставлену задачу.

Завдання для КР визначаються викладачем із загального списку завдань на КР (додаток А, відповідно до номеру варіанта).

2 ОРГАНІЗАЦІЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Організація підготовки до КР є вирішальним фактором у створенні якісної роботи та отримання позитивної оцінки студентом. Така організація має нижче вказані складові:

- побудова математичної моделі для розв'язання поставленої задачі;
- вибір функцій засобів Mathcad, Excel та Visio які в повному обсязі будуть відображати математичну модель та дозволять розв'язати поставлену задачу;
- оформлення роботи відповідно до чинних стандартів;
- налаштування сучасних хмарних і мобільних технологій, яке полягає у зручному контролі за виконанням основних етапів виконання роботи, наданням викладачем рекомендацій та врахуванням студентами поточних зауважень;
- налагодження швидкого та якісного дистанційного діалогу з викладачем, що здійснюється в ході написання роботи за допомогою сучасних хмарних та мобільних технологій.

Створена КР має мати вигляд завершеного дослідження та супроводжуватись пояснювальною запискою, яка містить такі розділи: «Анотація», «Вступ», «Побудова математичної моделі для вирішення поставленої задачі», «Вибір ефективного засобу моделювання та його функцій для вирішення поставленої задачі», «Застосування обраного засобу моделювання», «Аналіз доцільності застосування альтернативного засобу моделювання», «Висновки» та «Перелік посилань».

3 ОФОРМЛЕННЯ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ

3.1 Загальні правила оформлення

Під час оформлення пояснювальної записки необхідно дотримуватись вимог до КР за ДСТУ 3008:2015. Текст пояснювальної записки має бути набраний на комп'ютері та роздрукований на принтері.

Шрифт і відступи. Текст пояснювальної записки має бути набраний у будь-якому текстовому редакторі шрифтом Times New Roman, кегль 14 з одиничним міжрядковим інтервалом. Шрифт та міжрядковий інтервал у додатках можуть бути довільними, але такими, щоб текст можна було прочитати і зрозуміти. Відступи: зліва – 2,5 см, справа – 1 см, решта – 2,0 см.

Нумерація сторінок. Сторінки мають бути пронумеровані, починаючи з другої, у правому верхньому кутку сторінки. Нумерація додатків продовжує основну нумерацію.

Оформлення розділів і підрозділів. Структурними елементами основної частини дослідження є розділи, підрозділи, пункти, підпункти, переліки.

Розділ – головний ступінь поділу тексту, позначений номером, має заголовок. Підрозділ – частина розділу, позначена номером, має заголовок. Пункт – частина розділу чи підрозділу, позначена номером і може мати заголовок. Підпункт – частина пункту, позначена номером і може мати заголовок. Заголовки структурних елементів необхідно нумерувати, використовуючи лише арабські цифри.

Кожен розділ рекомендується починати з нової сторінки. Заголовок розділу записують посередині великими літерами з більш високою насиченістю.

Заголовки підрозділів, пунктів і підпунктів (при наявності заголовка) записують з абзацу малими літерами, починаючи з великої, без крапки вкінці. Перед заголовком і після нього пропускають один рядок.

Розділи нумерують порядковими номерами в межах всього документа (1, 2 і т. д.). Підрозділи нумерують в межах кожного розділу, пункти – в межах підрозділу і т. д. за формою (3.1, 3.2, 3.2.1, 3.2.2, 3.2.2.1 і т. д.).

Цифри, які вказують номер, не повинні виступати за абзац. Після номера крапку не ставлять, а пропускають один знак.

Допускається розміщувати текст між заголовками розділу і підрозділу, між заголовками підрозділу і пункту. Посилання в тексті на розділи виконується за формою: «...наведено в розділі 3».

Оформлення таблиць. Таблицю розміщують симетрично до тексту після першого посилання на даній сторінці або на наступній, якщо на даній вона не вміщується, і таким чином, щоб зручно було її розглядати без повороту або з поворотом на кут 90°. Таблиці у тексті пояснювальної записки набираються основним шрифтом, в деяких випадках розмір

шрифту може бути зменшений до 10–12. Назва таблиці має відображати її зміст, бути конкретною та стислою. Якщо з тексту можна зрозуміти зміст таблиці, її назву можна не наводити. Назву таблиці друкують з великої літери і розміщують над таблицею з абзацного відступу, вказавши її номер. Наприклад:

Таблиця 3.1 – Таблиця чутливості передач до зміни параметрів

$\left S \frac{T_{ij}}{y_i} \right $	у ₁	у ₂	у ₅
$\left S \frac{T_{1213}}{y_i} \right $	247,94	298,63	295,26
$\left S \frac{T_{1232}}{y_i} \right $	247,96	298,74	295,26
$\left S \frac{T_{1234}}{y_i} \right $	26,32	31,7	141,99
$\left S \frac{T_{1242}}{y_i} \right $	246,56	297,06	327,742

На всі таблиці мають бути посилання за формою «... в табл. 3.1» або в дужках по тексту «(табл. 3.1)». Посилання на раніше наведену таблицю дають зі скороченим словом «дивись» «(див. табл. 3.1)» за ходом чи в кінці речення.

При перенесенні частин таблиці на інші сторінки, повторюють або продовжують найменування граф. Допускається виконувати нумерацію граф на початку таблиці і при перенесенні частин таблиці на наступні сторінки повторювати тільки нумерацію граф. У всіх випадках найменування (при його наявності) таблиці розміщують тільки над першою частиною, а над іншими частинами зліва пишуть «Продовження таблиці 1» без крапки наприкінці, наприклад,

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5

Оформлення рисунків. Розміщують рисунки в тексті або в додатках. В тексті ілюстрацію розміщують симетрично до тексту після першого посилання на неї або на наступній сторінці, якщо на даній вона не вміщується без повороту. На всі рисунки мають бути посилання за формою: «... на рис. 3–5», або в дужках по тексту «(рис. 3.6)». Посилання на раніше наведений рисунок дають зі скороченим словом «дивись» «(див. рис. 4)» за ходом чи в кінці речення. Кожен рисунок має мати номер і

підпис, розташований під рисунком по центру. Крапку в кінці не ставлять, знак переносу не використовують. Якщо найменування рисунка довге, то його продовжують у наступному рядку, починаючи від найменування.

Між ілюстрацією і текстом пропускають один рядок. В квадратних дужках вказують джерело посилання (якщо взято з літератури) (рис. 3.1). Нумерують ілюстрації в межах розділів, вказуючи номер розділу і порядковий номер ілюстрації в розділі, розділяючи крапкою. Дозволяється нумерувати рисунки в межах всього документа.

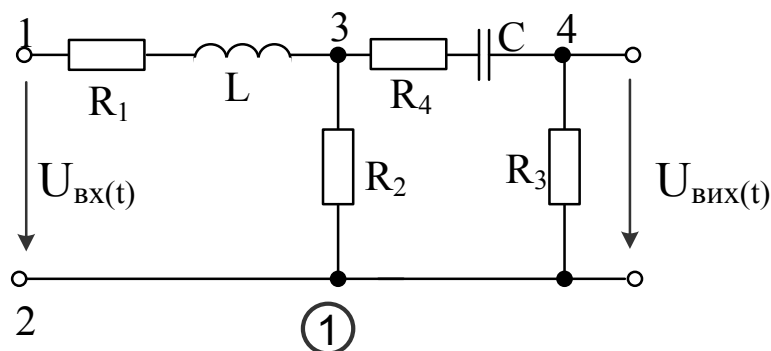


Рисунок 3.1 – Схема заміщення

Оформлення формул. Кожну формулу записують з нового рядка, симетрично до тексту. Між формулою і текстом пропускають один рядок.

Пояснення позначень (познак), які входять до формули, наводять в тексті або зразу ж під формулою. Для цього після формули ставлять кому і записують пояснення до кожного символу з нового рядка в тій послідовності, в якій вони наведені у формулі, розділяючи крапкою з комою. Перший рядок має починатися зі слова «де» без двокрапки. Всі формули нумерують в межах розділу арабськими цифрами. Номер вказують в круглих дужках з правої сторони, в кінці рядка, на рівні закінчення формули. Номер формули складається з номера розділу і порядкового номера формули в розділі, розділених крапкою. Дозволяється виконувати нумерацію в межах всього документа.

Формула є частиною речення, тому до неї застосовують такі ж правила граматики, як і до інших членів речення. Якщо формула знаходиться наприкінці речення, то після неї ставлять крапку. Формули, які йдуть одна за одною і не розділені текстом, відокремлюють комою.

3.2 Структура пояснювальної записки

Пояснювальна записка має відповідати індивідуальному завданню, а її оформлення – чинним (на момент виконання розробки, з урахуванням всіх офіційних змін, введених в дію) державним стандартам.

Пояснювальна записка має таку структуру.

1. Вступна частина, яка містить:
 - титульний аркуш;
 - індивідуальне завдання;
 - анотацію;
 - зміст.
2. Основна частина, яка складається зі:
 - вступу;
 - викладу суті курсової роботи;
 - висновків;
 - списку використаних джерел.
3. Додатки, які розміщують після основної частини пояснювальної записки КР.

3.3 Вміст вступної частини пояснювальної записки

3.3.1 Титульний аркуш

Титульний аркуш є першою сторінкою КР, яка не нумерується. Зразок титульного аркушу пропонується в додатку В. Для КР титульний аркуш виконується без рамки.

На титульному аркуші для КР подаються: тема; запис «Пояснювальна записка ...» із зазначенням спеціальності, умовне позначення згідно з прийнятою системою (див. далі); перераховується науковий ступінь та вчене звання керівника. Підписи керівника та студента із зазначенням термінів обов'язкові.

Для КР доцільною є предметна система умовних позначень, яка має таку структуру:

XX-XX.XXX.XXX.XX.XXX XX
1 2 3 4 5 6

- де 1 (XX-XX) – числовий шифр кафедри, прийнятий у ВНТУ (08-20);
- 2 (XXX) – умовне скорочення для дисципліни (ЗПЗ, ТП, ПРГ і т. д.);
- 3 (XXX) – перша цифра 0, якщо це проєкт, або 1, якщо робота, друга і третя цифри означають рік, наприклад, 08 – 2008 рік);
- 4 (XX) – варіант завдання на КР (наприклад, 01, 02, ...);
- 5 (XXX) – перший символ – номер групи (1 або 2), наступні два символи задають номер студента за списком у журналі академічної групи;
- 6 (XX) – код документа (ПЗ – пояснювальна записка).

Робота, яка подається у вигляді копії, до захисту не приймається.

3.3.2 Індивідуальне завдання

Конкретний зміст (додаток Г) кожної КР, етапи виконання визначає керівник на підставі індивідуального завдання, затвердженого на засіданні кафедри та підписаного завідувачем кафедри.

Попередньо керівник видає індивідуальне завдання до КР.

Індивідуальне завдання в перелік змісту не вноситься і має бути другою сторінкою після титульного аркуша. Зразок індивідуального завдання до КР наведено в додатку Д. Обов'язковим в індивідуальному завданні є наведення вхідних і вихідних даних.

Керівник роботи пропонує зміст пояснювальної записки, як правило, в розроблених методичних вказівках. З навчальною метою зміст може висвітлюватись в індивідуальному завданні. Індивідуальне завдання до КР має містити термін видачі, підписи керівника та студента.

Завдання на КР має бути підготовлено студентом не пізніше другого тижня з початку навчального семестру, підписано викладачем, який видав завдання, та студентом, що прийняв його до виконання.

3.3.3 Анотація

Анотація призначена для ознайомлення з текстовим документом КР. В анотації коротко характеризують мету роботи, засоби, необхідні для розв'язання поставленої задачі, наводять стислу інформацію про досягнуті результати. Розмір анотації зазвичай становить $\frac{1}{3}$ частину сторінки (не має перевищувати $\frac{1}{2}$ сторінки). Анотацію розміщують безпосередньо за аркушем з індивідуальним завданням, починаючи з нової сторінки (третьої).

3.3.4 Зміст

Зміст розташовують безпосередньо після анотації, починаючи з нової сторінки. До змісту вносять: вступ; послідовно перелічені назви всіх розділів, підрозділів, пунктів і підпунктів (якщо вони мають заголовки); висновки; перелік використаних джерел; назви додатків і номери сторінок, які містять початок матеріалу. В зміст не вносять титульний лист, індивідуальне завдання на КР та анотацію. Нумерація у змісті починається зі ВСТУПУ (відповідно до нумерації у пояснювальній записці). Сам зміст за нумерацією пояснювальної записки є четвертою сторінкою. Нумерація сторінок має бути наскрізною, охоплюючи додатки.

Назви заголовків змісту мають однозначно відповідати назвам заголовків пояснювальної записки за текстом. Формування змісту у текстовому документі бажано здійснювати автоматично.

Приклад оформлення змісту:

ВСТУП

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ...

1.1 Загальна характеристика ...

1.1.1 ...

.....

2 ЗАГОЛОВОК ДРУГОГО РОЗДІЛУ

2.1 Заголовки підрозділів

2.1.1 ...

.....

3 ЗАГОЛОВОК ТРЕТЬОГО РОЗДІЛУ

3.1 Заголовки підрозділів

3.1.1 ...

ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

ДОДАТКИ

Додаток А Назва першого додатка

Додаток Б Назва другого додатка

.....

3.4 Вміст і оформлення основної частини

3.4.1 Вступ

Вступ пишуть з нової пронумерованої сторінки з заголовком ВСТУП посередині великими літерами з більш високою насиченістю (жирністю) шрифту.

Текст вступу має бути коротким і висвітлювати питання актуальності, значення, сучасний рівень і призначення курсової роботи. У вступі і далі за текстом не дозволяється використовувати скорочені слова, терміни, крім загальноприйнятих. Якщо у вступі і далі за текстом використовується деяке загальноживане поняття у вигляді аббревіатури, то при першій появі цього поняття воно наводиться повністю, а поруч у дужках наводиться скорочення. При повторному використанні введеного поняття можна наводити лише скорочення у вигляді аббревіатури.

Вступ висвітлює:

– стан розвитку засобів моделювання в електроенергетичних системах (сучасні системи комп'ютерної математики, область застосування, переваги та недоліки тощо);

– галузь використання та призначення об'єкта дослідження;

– мету та загальну постановку задачі;

– актуальність, яка має подаватись в останньому абзаці вступу з метою стислого викладу суті обраних засобів моделювання та їх функцій, що дозволять ефективно вирішити поставлену задачу.

Обсяг вступу не має перевищувати 1–2 сторінок.

3.4.2 Опис основної частини курсової роботи

В першому розділі здійснюється побудова математичної моделі для вирішення поставленої задачі. Приклад побудови математичної моделі приведено в додатку Б.

В другому розділі необхідно здійснити аналіз функцій та можливостей програмного забезпечення Mathcad, електронних таблиць Microsoft Excel та редактора векторної графіки Visio з метою обґрунтування доцільності їх застосування для вирішення поставленої задачі. Результатом такого аналізу має бути мінімальний перелік функцій, що дозволить ефективно розв'язати поставлену задачу.

Третій розділ присвячений безпосередньому застосуванню обраних функцій програмного забезпечення Mathcad, електронних таблиць Microsoft Excel та редактора векторної графіки Visio для розв'язання поставленої задачі. Обов'язково повинен містити рисунки, що демонструють застосування засобів моделювання для розв'язання поставленої задачі.

В четвертому розділі потрібно розглянути можливість застосування альтернативного програмного середовища, вказаного в завданні (додаток А, таблиця А3), дати його загальну характеристику та розглянути можливість застосування для розв'язання поставленої задачі, або її частини.

3.4.3 Висновки

Висновки оформляють з нової пронумерованої сторінки, слово «ВИСНОВКИ» наводять посередині великими літерами більш високої насиченості.

У висновках наводяться основні результати роботи над КР. На основі проведених у роботі досліджень надаються обґрунтовані висновки щодо переваг і недоліків застосування різних засобів моделювання. Опис труднощів під час вибору оптимального варіанту програмного середовища та його функцій, труднощі відображення моделі чи проведення розрахунку.

3.4.4 Оформлення переліку використаних джерел

Список містить перелік літературних джерел, на які мають бути обов'язкові посилання в тексті пояснювальної записки. Література (книги, статті, патенти, журнали) в загальний список записується в порядку посилання на неї в тексті. В даному переліку дається оформлений, відповідно до вимог чинних державних стандартів, список тих джерел (книги, підручники, журнали, електронні адреси), які було використано в процесі виконання роботи та на які є посилання в тексті пояснювальної записки. Кожне джерело має бути вказано разом з видавництвом, роком видання, кількістю сторінок. Літературу записують мовою оригіналу. В списку кожен літературний запис записують з абзацу, нумерують арабськими цифрами, починаючи з одиниці. Правильне оформлення певного джерела інформації можна переглянути у переліку літературних джерел. Якщо у

списку використаних джерел є посилання на Інтернет-сторінки, то їх потрібно наводити разом з назвою.

Приклади оформлення переліку використаних джерел різного характеру:
https://vo.uu.edu.ua/pluginfile.php/717857/mod_resource/content/1/Pryklady_DSTU_8302_2015.pdf

Посилання на книги

1. Скидан О. В. Аграрна політика в період ринкової трансформації : монографія. Житомир : ЖНАЕУ, 2008. 375 с.
2. Крушельницька О. В., Мельничук Д. П. Управління персоналом : навч. посіб. 2-ге вид., перероб. і допов. Київ : Кондор, 2005. 308 с.
3. Скидан О. В., Ковальчук О. Д., Янчевський В. Л. Підприємництво у сільській місцевості : довідник. Житомир, 2013. 321 с.
4. Доклінічні дослідження ветеринарних лікарських засобів / за ред. І. Я. Коцюмбаса. Львів : Тріада плюс, 2006. 360 с.

Посилання на журнали

5. Якобчук В. П. Стратегічні пріоритети інноваційного розвитку підприємництва в аграрній сфері. *Вісник Київського національного університету ім. Т. Шевченка. Сер. Економіка*. 2013. Вип. 148. С. 31–34.

Посилання на web-сторінки, електронні джерела

6. Ілляшенко С. М., Шипуліна Ю. С. Товарна інноваційна політика : підручник. Суми : Університетська книга, 2007. 281 с. URL: <ftp://lib.sumdu.edu.ua/Books/1539.pdf> (дата звернення: 10.11.2022).
7. Про стандартизацію : Закон України від 11.02.2014 р. № 1315. Відомості Верховної Ради. 2014. № 31. ст. 1058. URL: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/1315-18> (дата звернення: 02.11.2022).
8. Що таке органічні продукти і чим вони кращі за звичайні? Екологія життя : вебсайт. URL: <http://www.eco-live.com.ua> (дата звернення: 12.10.2022).

3.5 Оформлення додатків

Додатки мають містити матеріал, який не увійшов в основні розділи пояснювальної записки, презентацію до захисту КР, схеми взаємодії програм тощо. Кожен додаток необхідно починати з нової сторінки, вказуючи зверху посередині рядка слово «Додаток» і через пропуск – його позначення. Додатки позначають послідовно великими українськими літерами, за винятком літер Г, Є, З, І, Ї, Й, О, Ч, Ь, наприклад, Додаток А, Додаток Б.

Кожен додаток може мати тематичний (змістовний) заголовок, який записують посередині рядка малими літерами з першої великої. Сторінки додатків нумеруються, продовжуючи загальну нумерацію пояснювальної записки. Всі додатки вносять у зміст, вказуючи номер додатка, заголовок і номер сторінки, з яких вони починаються. Приклад оформлення додатків можна переглянути у додатках до даних методичних вказівок.

4 ГРАФІК ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ ТА ПОРЯДОК ЇЇ ЗАХИСТУ

Рекомендується графік виконання КР, який враховує самостійну роботу студентів під час 2-го триместру.

Готовність до захисту КР визначає керівник за результатами планових перевірок якості розділів пояснювальної записки та висновків (згідно з графіком попереднього захисту).

Якщо кожен розділ виконаний в повному обсязі і не має принципових помилок, керівник допускає студента до захисту.

В іншому випадку електронний або паперовий варіант окремих розділів роботи повертається студенту на доопрацювання, протягом вказаного терміну.

Після позитивного висновку про готовність всіх розділів КР студент має захистити її перед комісією у складі двох викладачів, які призначені кафедрою.

Детальна інформація щодо порядку захисту та обов'язків сторін зазначено в «Положення про курсове проектування у ВНТУ» (2018).

ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Перхач В. С. Обчислювальна техніка в електроенергетичних розрахунках : підручник. Львів : Світ, 1992. 432 с.

2. Бабічева О. Ф., Єсаулов С. М. Комп'ютерне проектування електромеханічних пристроїв : навч. посіб. Харків : ХНАМГ, 2009. 281 с.

3. Лозинський А. О., Мороз В. І., Паранчук Я. С. Розв'язання задач електромеханіки в середовищах пакетів MathCAD і MATLAB. Львів : Видавництво Державного університету «Львівська політехніка», 2000. 166 с.

4. Сачок Р. В. Методи комп'ютерного розрахунку: теорія і практичні завдання : навч. посіб. для студ. спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», спеціалізації «Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 141 с.

5. Кравченко І. В., Микитенко В. І. Інформаційні технології. Системи комп'ютерної математики : навч. посіб. для студ. спеціальності «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 243с. URL: https://oiep.kpi.ua/downloads/disc/inf_t/posibn_Krav_Myk.pdf (дата звернення: 07.12.2022).

6. Арсеньева С. І. Використання програмних засобів MATLAB для розв'язання типових задач аналогової автоматизації : навч. посіб. для студ. вищих навчальних закладів. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2019. 118 с. URL: http://eir.zntu.edu.ua/bitstream/123456789/5686/1/The%20textbook_Arsenyeva.pdf (дата звернення: 07.12.2022).

7. Методичні вказівки до виконання комп'ютерних практикумів з дисципліни «Основи комп'ютерних технологій аналізу та синтезу електричних машин». Ч 2: «Використання комп'ютерних систем математичних розрахунків MATLAB та FEMM для аналізу електричних машин» для студентів електромеханічних спеціальностей / уклад.: Ю. М. Васьковський, Ю. А. Гайденок, С. С. Цивінський. Київ : НТУУ «КПІ», 2011. 105 с. URL: https://em.fea.kpi.ua/images/doc_stud/distsiplini/oktasem/oktasem_metod_c2.pdf (дата звернення: 07.12.2022).

8. Лабораторний практикум з дисципліни «Інформаційні технології аналізу систем» для здобувачів освітнього ступеня бакалавр зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» та 124 «Системний аналіз» / упоряд. Ю. В. Триус, І. В. Герасименко; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. Черкаси : ЧДТУ, 2018. 191 с.

9. Васильєва Ю. О. Комп'ютерні інформаційні технології у світлотехніці. Харків : ХНАМГ, 2009. 146 с.

10. Положення про курсове проектування у Вінницькому національному технічному університеті / уклад.: Ю. В. Булига, Р. Р. Обертюх, Л. П. Громова. Вінниця : ВНТУ, 2019. 56 с. URL: <https://vntu.edu.ua/images/2018/kurs.pdf> (дата звернення: 07.12.2022)

Додаток А

Варіанти завдань на курсову роботу

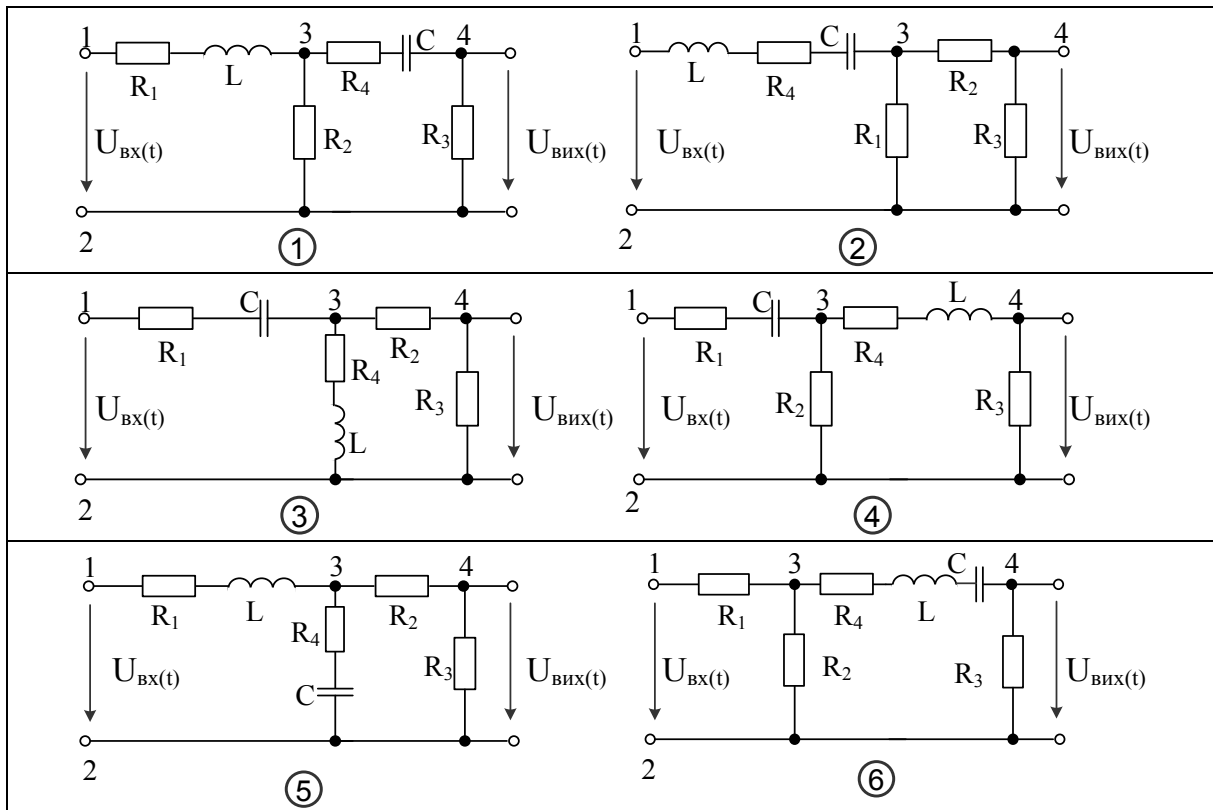
Заступні схеми для кожного з варіантів приведено в таблиці А1. Входи 1, 2 вважати фіксованими.

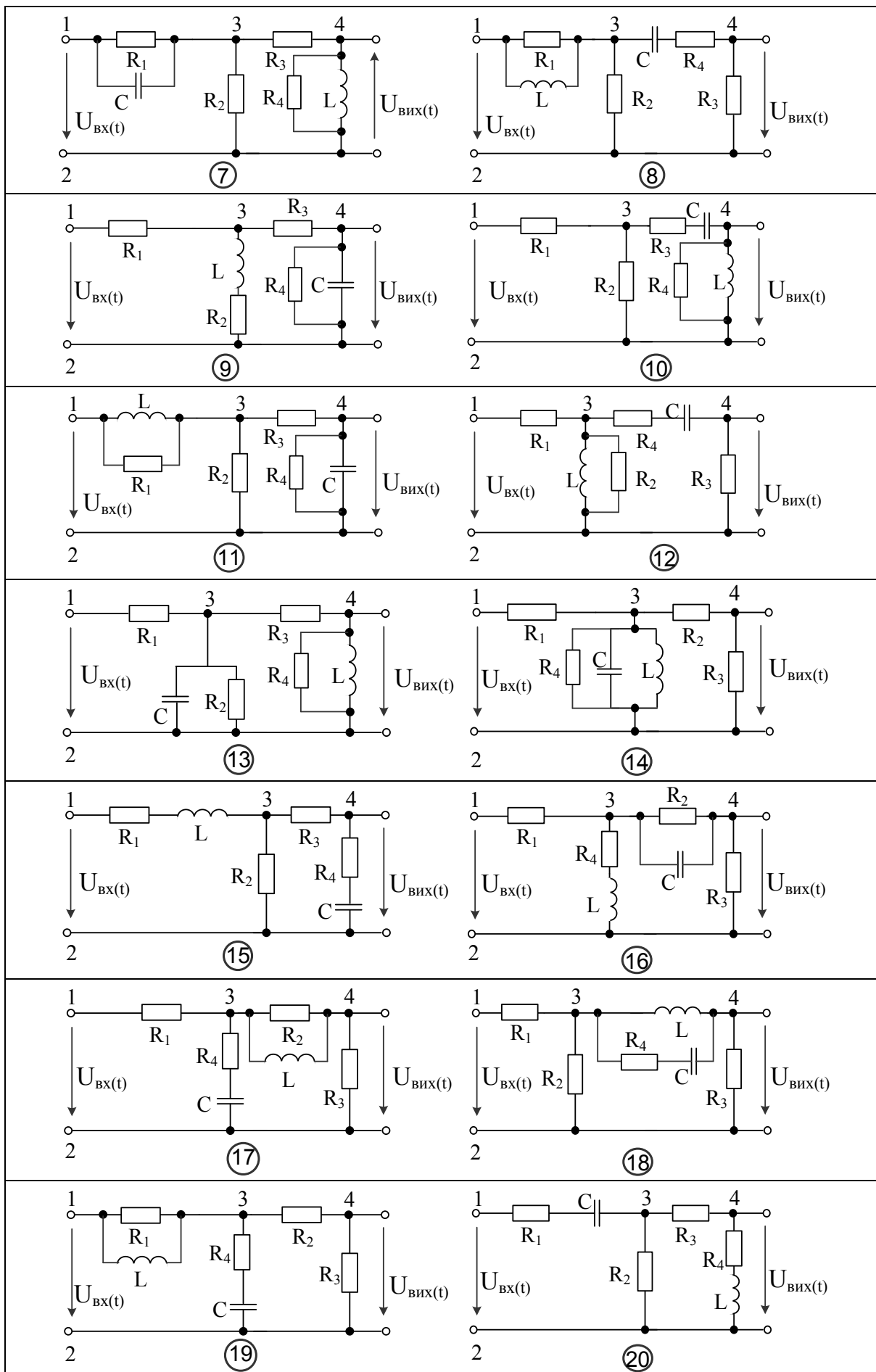
В таблиці А2 приведені параметри схеми Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5 . Параметри схеми Z_1, Z_2, Z_3 змінюються в процесі експлуатації. Допустимі відхилення приведені в таблиці А2.

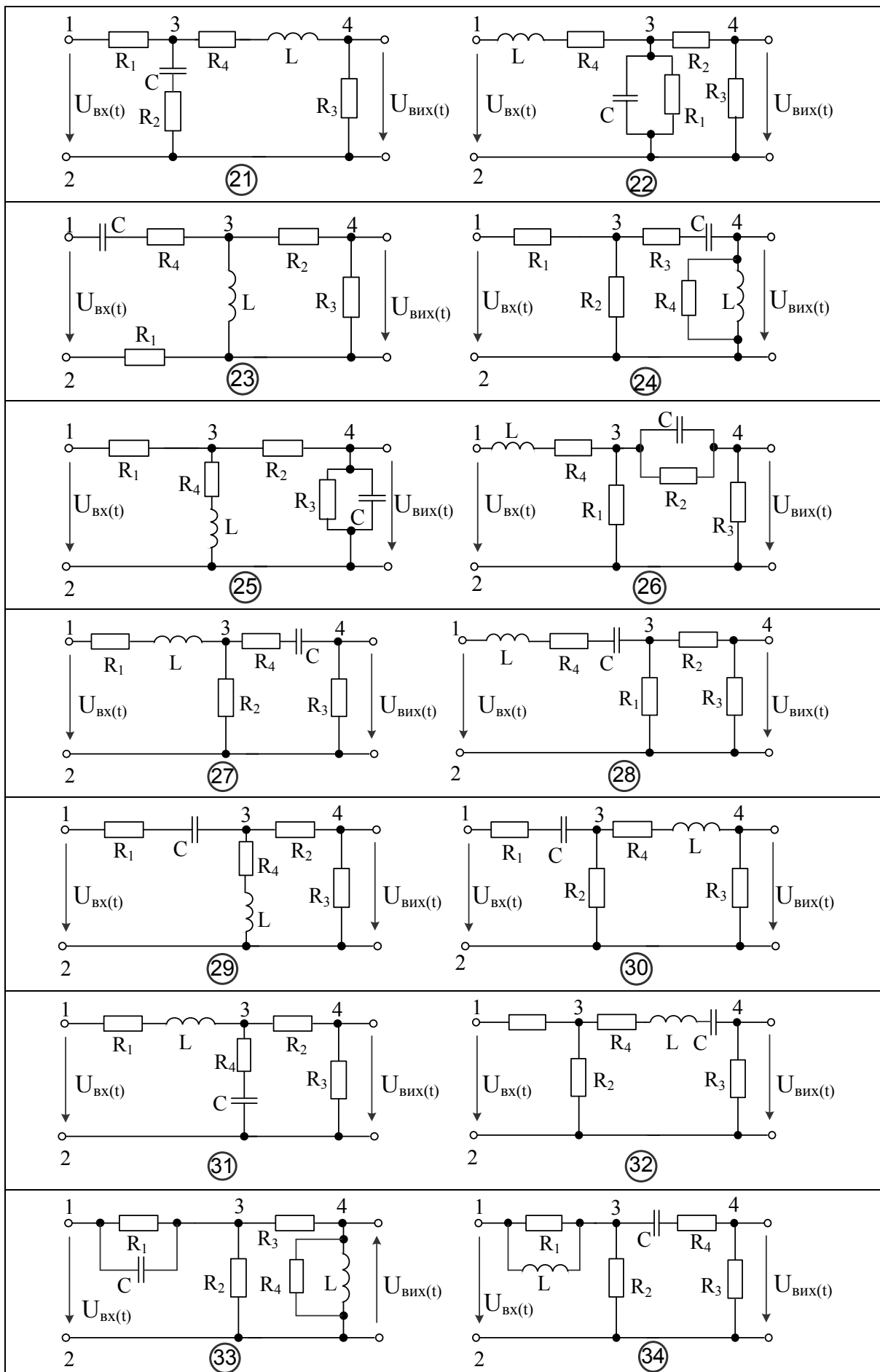
Необхідно визначити найбільш чутливі передачі до зміни параметрів $S_{Z_i}^{T_{gp}} = dT_{gp}/dZ_i$. Розв'язати задачу використовуючи програмне забезпечення Mathcad та електронні таблиці Microsoft Excel.

Розглянути можливість застосування програмного середовища (Таблиця А3) для розв'язання поставленої задачі.

Таблиця А1 – Варіанти заступних схем елемента діагностування для розв'язування типових задач. Номер варіанту вказаний в кружечку під схемою







Таблиця А2 – Варіанти значень параметрів елемента об'єкта діагностування для розв'язування типових задач

Варі-ант	Параметри схеми						Допустимі відхилення, %		
	L, Гн	C, мкФ	R ₁ , кОм	R ₂ , кОм	R ₃ , кОм	R ₄ , кОм	R ₁	R ₂	R ₃
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1,8	0,13	2,4	2,5	2,75	3,75	±10	±20	-
2	2,4	0,18	4,8	5,5	6,05	7,05	±20	±30	-
3	2,64	0,23	7,2	8,5	9,35	10,35	±30	±40	-
4	2,76	0,28	9,6	11,5	12,65	13,65	±40	±30	-
5	2,88	0,33	10,4	10,5	12,65	13,65	±50	±20	-
6	3	0,38	9,6	9,5	8,25	9,25	±10	±10	-
7	2,82	0,43	7,2	6,5	4,95	5,95	±20	±20	-
8	2,88	0,48	4,8	3,5	1,65	2,65	±50	±50	-
9	2,76	0,53	2,4	3,5	3,85	4,85	-	±20	±30
10	2,52	0,58	6,4	8,5	10,45	11,45	-	±30	±40
11	2,7	0,63	11,2	10,5	8,25	9,25	-	±40	±30
12	3,12	0,68	6,4	4,5	1,65	2,65	-	±20	±50
13	3,24	0,73	2,4	3,5	4,95	5,95	-	±40	±40
14	3,36	0,78	7,2	9,5	11,55	12,55	-	±30	±50
15	3,48	0,88	11,2	10,5	8,25	9,25	-	±40	±50
16	2,46	0,93	6,4	4,5	1,65	2,65	-	±20	±40
17	2,34	1,03	2,4	4,5	8,25	9,25	-	±40	±50
18	2,22	1,13	9,6	12,5	8,25	9,25	-	±30	±60
19	2,34	1,23	6,4	12,5	10,45	11,45	-	±20	±40
20	2,58	0,93	10,4	10,5	9,35	10,35	-	±20	±50
21	2,7	0,88	8	7,5	6,05	7,05	-	±60	±20
22	2,82	0,78	5,6	4,5	2,75	3,75	±30	-	±30
23	2,94	0,68	3,2	4,5	1,65	2,65	±40	-	±40
24	3,12	0,53	6,4	8,5	6,05	7,05	±50	-	±50
25	3,24	0,48	5,6	7,5	9,35	10,35	±50	-	±40
26	2,28	0,33	4	2,5	0,55	1,55	±30	-	±50
27	1,5	0,15	3	1	2,5	3,5	±10	±20	-
28	2	0,2	6	4	5,5	6,5	±20	±30	-
29	2,2	0,25	9	7	8,5	9,5	±30	±40	-
30	2,3	0,3	12	10	11,5	12,5	±40	±30	-
31	2,4	0,35	13	9	11,5	12,5	±50	±20	-
32	2,5	0,4	12	8	7,5	8,5	±10	±10	-
33	2,35	0,45	9	5	4,5	5,5	±20	±20	-
34	2,4	0,5	6	2	1,5	2,5	±50	±50	-

Таблиця А3 – Варіанти систем моделювання для вирішення типових задач

Варіант	Системи моделювання
1	MatLab
2	Mathematica
3	Maple
4	Derive
5	VisSim
6	Genius
7	Arena компанії Rockwell Automation
8	AnyLogic компанії XJ Technologies
9	GPSS World фірми Minuteman Software
10	Process Charter 1.0.2 компанії Scitor
11	Powersim 2.01 фірми Modell Data AS
12	Ithink 3.0.61 виробництва High Performance Systems
13	Extend+BPR 3.1 компанії Imagine That!
14	Vensim фірми Ventana Systems
15	AutoCAD
16	CATIA
17	SolidWorks
18	ADEM
19	bCAD
20	T-FLEX CAD
21	КОМПАС
22	MatLab
23	Mathematica
24	Maple
25	Derive
26	VisSim
27	Genius
28	Arena компанії Rockwell Automation
29	AnyLogic компанії XJ Technologies
30	GPSS World фірми Minuteman Software
31	Process Charter 1.0.2 компанії Scitor
32	Powersim 2.01 фірми Modell Data AS
33	Ithink 3.0.61 виробництва High Performance Systems
34	Extend+BPR 3.1 компанії Imagine That!

ДОДАТОК Б

Побудова математичної моделі для вирішення поставленої задачі

Аналіз аналітичних моделей в електроенергетичних системах часто пов'язаний з великим обсягом розрахунків. Спростити процес розв'язування можна шляхом використання матричних рівнянь. Зокрема, для електротехнічних виробів невеликої складності як діагностичну модель можна використати невизначену матрицю вузлових провідностей (*conductivity*) [14].

$$Y = \begin{pmatrix} Y_{11}, & Y_{12}, & \dots & Y_{1k}, & \dots & Y_{1n}, \\ Y_{21}, & Y_{22}, & \dots & Y_{2k}, & \dots & Y_{2n}, \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot & \dots & \cdot \\ Y_{j1}, & Y_{j2}, & \dots & Y_{jj}, & \dots & Y_{jn}, \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot & \dots & \cdot \\ Y_{n1}, & Y_{n2}, & \dots & Y_{n3}, & \dots & Y_{nn}. \end{pmatrix}, \quad (\text{Б.1})$$

де y_{jj} – сума провідностей віток, приєднаних до j вузла; y_{jk} – провідність вітки, що з'єднує вузли j і k , яку завжди беруть зі знаком « \rightarrow ».

В невизначеній матриці вузлових провідностей сума елементів кожного стовпця та кожного рядка дорівнюють нулю. Вона дозволяє просто визначити функцію передачі за напругою та струмом між вибраним входом і виходом, наприклад, для двополюсника функція передачі за напругою.

$$T_{gp} = \frac{Y_{rm,kj}}{Y_{mm,jj}}, \quad (\text{Б.2})$$

де g, p – вхідний та вихідний елемент; $Y_{rm,kj}, Y_{mm,jj}$ – алгебраїчні доповнення другого порядку, отримані з визначника шляхом викреслювання стовпців r та k та рядків j і m , при цьому r та k – номери вузлів вихідного елемента p , а j і m – номери вузлів вхідного елемента.

Приклад. Заступна схема зображена на рис. Б.1. Входи 1, 2 будемо вважати фіксованими. В процесі експлуатації змінюються параметри схеми $Z_1, Z_2, Z_5, Z_1 = 1 \text{ кОм}, Z_2 = 2 \text{ кОм}, Z_3 \rightarrow C = 0,2 \text{ мкФ}, Z_4 \rightarrow L = 1 \text{ Гн}, Z_5 = 3 \text{ кОм}$. Необхідно визначити найбільш чутливі передачі до зміни параметрів $S_{Z_i}^{T_{gp}} = dT_{gp}/dZ_i$.

1. Побудуємо схему заміщення за допомогою редактора векторної графіки MS Visio, рис. Б.1.

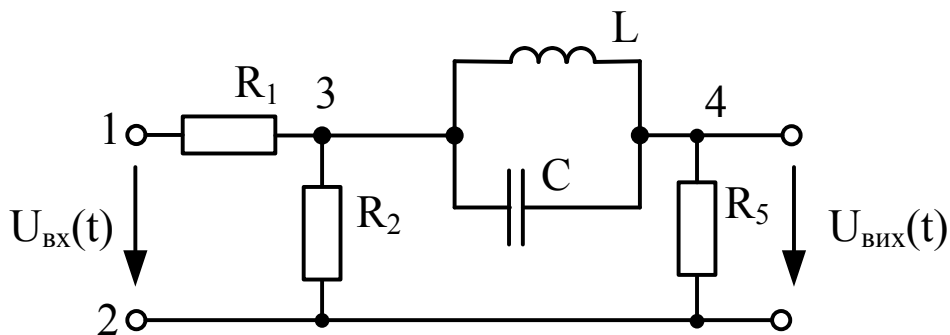
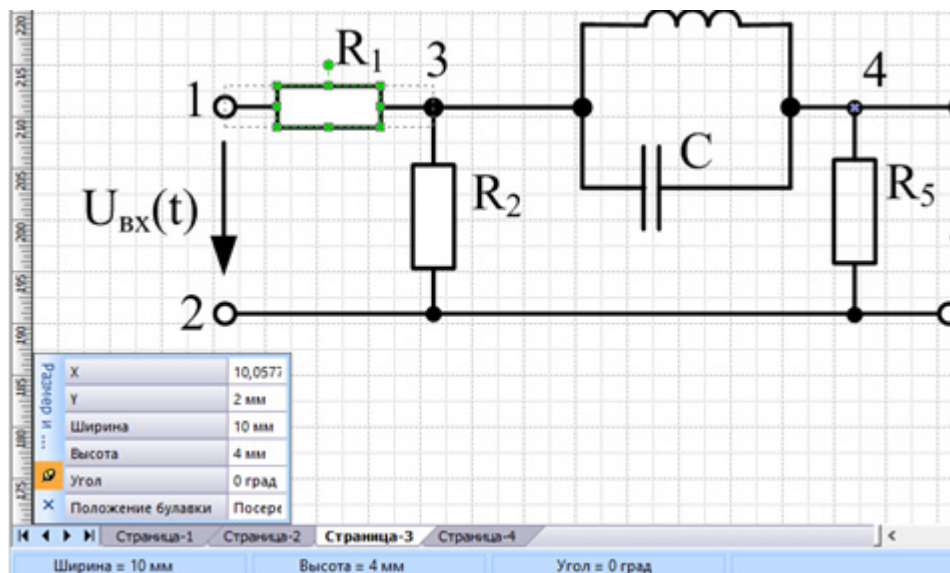
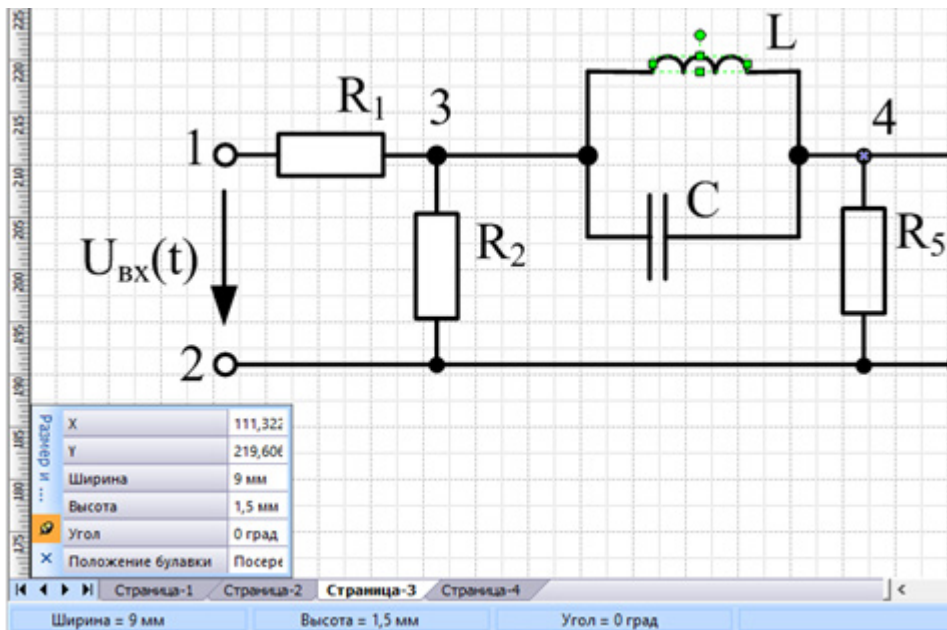


Рисунок Б.1 – Заступна схема

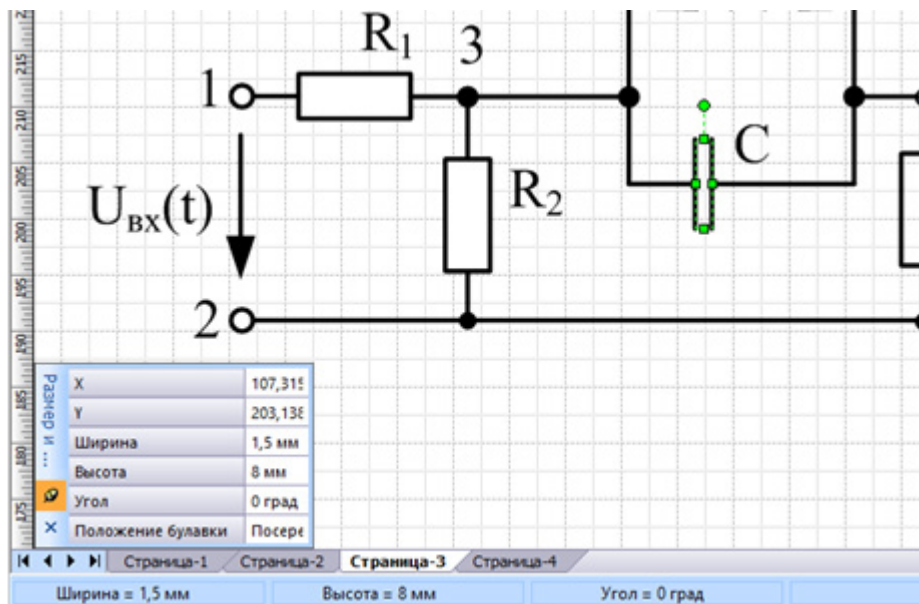
Перевіримо розміри елементів схеми, рис Б.2 (а, б, в)



а)



б)



в)

Рисунок Б.2 – Розміри елементів схеми: а) активний опір; б) індуктивність; в) ємність

2. Визначення та завдання матриці вузлових провідностей у СКМ MathCAD

Елементи схеми заміщення у вигляді повних опорів, рис. Б.3

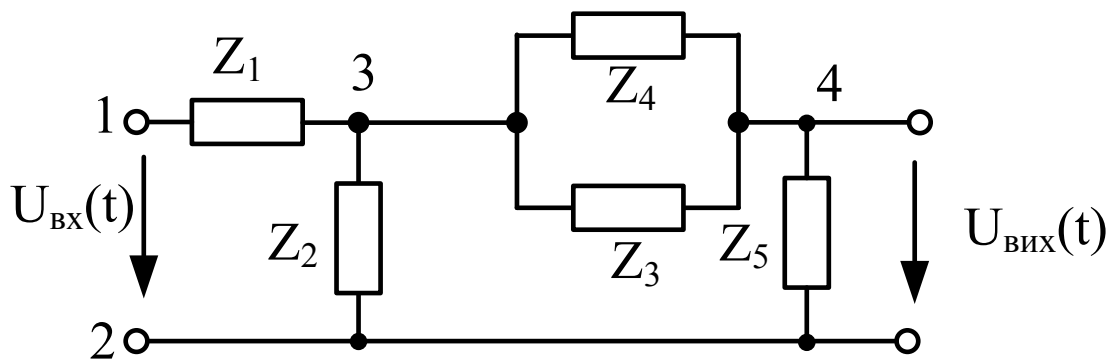


Рисунок Б.3 – Схема заміщення

Визначимо повні опори елементів схеми застосувавши СКМ MathCAD, рис. Б.4

$i := \sqrt{-1}$ $f := 50$ $\omega := 2 \cdot \pi \cdot f$
 ORIGIN := 1 Номера елементів матриць буде починатися з 1 (якщо цього запису нема, з 0)

Задамо значення активних опорів, Ом

$$R_1 := 1 \cdot 10^3 \quad R_2 := 2 \cdot 10^3 \quad R_5 := 3 \cdot 10^3$$

Задамо ємність, Ф

$$C := 0.2 \cdot 10^{-6}$$

Задамо індуктивність, Гн

$$L := 1$$

Визначимо повні опори, Ом

$$Z_1 := R_1 = 1 \times 10^3 \quad Z_2 := R_2 = 2 \times 10^3 \quad Z_3 := \frac{1}{i \cdot \omega \cdot C} = -1.592i \times 10^4$$

$$Z_4 := i \cdot \omega \cdot L \quad Z_5 := R_5 = 3 \times 10^3$$

Рисунок Б.4 – Визначення повних опорів елементів схеми за допомогою СКМ MathCAD

Визначимо провідності окремих віток з використанням СКМ MathCAD, рис. Б.5:

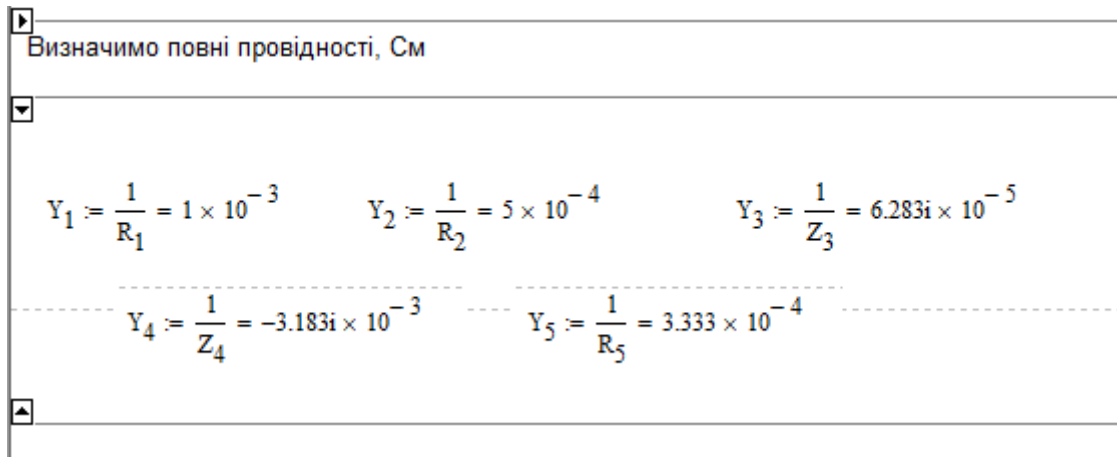


Рисунок Б.5 – Визначення повних провідностей елементів схеми за допомогою СКМ MathCAD

З метою отримання в подальшому символічних розрахунків в СКМ MathCAD потрібно відключити розрахунки для кожного виразу. Для цього потрібно натиснути праву клавішу миші на об'єкті і обрати «Отключить вычисление», рис. Б.6.

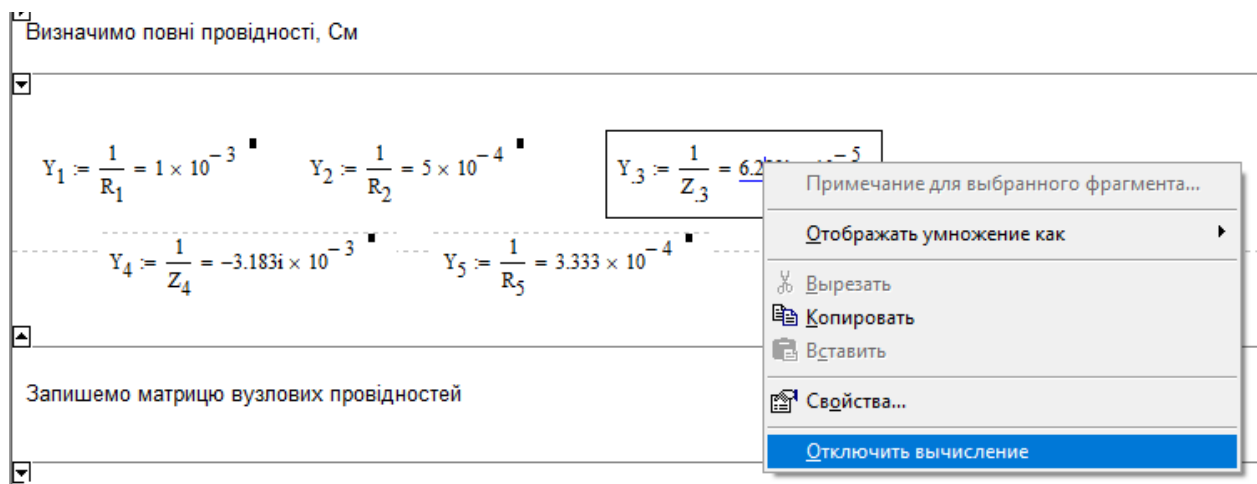


Рисунок Б.6 – Відключення обчислення в СКМ MathCAD

Матрицю вузлових провідностей можна записати у вигляді

$$y = \begin{vmatrix} Y_1 & 0 & -Y_1 & 0 \\ 0 & Y_2 + Y_5 & -Y_2 & -Y_5 \\ -Y_1 & -Y_2 & Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 & -Y_3 - Y_4 \\ 0 & -Y_5 & -Y_3 - Y_4 & +Y_3 + Y_4 + Y_5 \end{vmatrix}. \quad (\text{Б.3})$$

Задамо матрицю вузлових провідностей в СКМ MathCAD, рис Б.7.

$$Y := \begin{pmatrix} Y_1 & 0 & -Y_1 & 0 \\ 0 & Y_2 + Y_5 & -Y_2 & -Y_5 \\ -Y_1 & -Y_2 & Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 & -Y_3 - Y_4 \\ 0 & -Y_5 & -Y_3 - Y_4 & Y_5 + Y_3 + Y_4 \end{pmatrix}$$

Рисунок Б.7 – Матиця вузлових провідностей в СКМ MathCAD

3. Визначення передачі T_{gp} засобами СКМ MathCAD

Визначимо передачу T_{gp} за (Б.1) до виходу $p \Rightarrow 1,3$ при фіксованому вході $g \Rightarrow 1,2$, тоді $r \Rightarrow 1$, $k \Rightarrow 3$, $m \Rightarrow 1$, $j \Rightarrow 2$. Шляхом викреслювання стовпців 1, 3 і рядків 1, 2 із визначника отримаємо алгебраїчне доповнення чисельника, рис. Б.8, а. Шляхом викреслення стовпців 1 і 2 алгебраїчне доповнення знаменника, рис. Б.8, б.

а) $y = \begin{vmatrix} y_1 & 0 & -y_1 & 0 \\ 0 & y_2 + y_5 & -y_2 & -y_5 \\ -y_1 & -y_2 & y_1 + y_2 + y_3 + y_4 & -y_3 - y_4 \\ 0 & -y_5 & -y_3 - y_4 & y_3 + y_4 + y_5 \end{vmatrix}$

б) $y = \begin{vmatrix} y_1 & 0 & -y_1 & 0 \\ 0 & y_2 + y_5 & -y_2 & -y_5 \\ -y_1 & -y_2 & y_1 + y_2 + y_3 + y_4 & -y_3 - y_4 \\ 0 & -y_5 & -y_3 - y_4 & y_3 + y_4 + y_5 \end{vmatrix}$

Рисунок Б.8 – Визначення алгебраїчного доповнення чисельника (а) та знаменника (б)

Тоді передача:

$$T_{1213} = \frac{\begin{vmatrix} -Y_2 & -Y_3 - Y_4 \\ -Y_5 & Y_3 + Y_4 + Y_5 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 & -Y_3 - Y_4 \\ -Y_3 - Y_4 & Y_3 + Y_4 + Y_5 \end{vmatrix}}. \quad (\text{Б.4})$$

Визначення передатної функції засобами СКМ MathCAD вимагає застосування функції `submatrix (...)` та функції `augment (...)`, рис. Б.9.

$$\begin{aligned}
Y_{1213} &:= \text{augment}(\text{submatrix}(Y, 3, 4, 2, 2), \text{submatrix}(Y, 3, 4, 4, 4)) \rightarrow \\
Y_{1213} &\rightarrow \begin{pmatrix} -Y_2 & -Y_3 - Y_4 \\ -Y_5 & Y_3 + Y_4 + Y_5 \end{pmatrix} + \\
Y_{1122} &:= \text{submatrix}(Y, 3, 4, 3, 4) \rightarrow \\
Y_{1122} &\rightarrow \begin{pmatrix} Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 & -Y_3 - Y_4 \\ -Y_3 - Y_4 & Y_3 + Y_4 + Y_5 \end{pmatrix}
\end{aligned}$$

Рисунок Б.9 – Алгебраїчні доповнення в СКМ MathCAD

Знайдемо вирази для визначення визначника чисельника та знаменника, рис. Б.10.

$$|Y_{1213}| \rightarrow -Y_2 \cdot Y_3 - Y_2 \cdot Y_4 - Y_2 \cdot Y_5 - Y_3 \cdot Y_5 - Y_4 \cdot Y_5$$

$$|Y_{1122}| \rightarrow Y_1 \cdot Y_3 + Y_1 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_3 + Y_1 \cdot Y_5 + Y_2 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_5 + Y_3 \cdot Y_5 + Y_4 \cdot Y_5$$

Рисунок Б.10 – Визначники алгебраїчних доповнень в СКМ MathCAD

Передатна функція зображена на рисунку Б.11:

$$\begin{aligned}
T_{1213_} &:= \frac{|Y_{1213}|}{|Y_{1122}|} \\
T_{1213_} &\rightarrow \frac{Y_2 \cdot Y_3 + Y_2 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_5 + Y_3 \cdot Y_5 + Y_4 \cdot Y_5}{Y_1 \cdot Y_3 + Y_1 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_3 + Y_1 \cdot Y_5 + Y_2 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_5 + Y_3 \cdot Y_5 + Y_4 \cdot Y_5}
\end{aligned}$$

Рисунок Б.11 – Передатна функція в СКМ MathCAD

Аналогічно виконати розрахунки для інших виходів.

4. Визначення чутливості передачі до зміни параметрів u_1, u_2, u_5

Розглянемо чутливість передачі до зміни параметрів u_1, u_2, u_5 :

$$S_{y_1}^{T_{1213}} = \frac{dT_{1213}}{dy_1}. \quad (\text{Б.5})$$

Для визначення чутливості передачі з застосуванням СКМ MathCAD застосуємо диференціювання, рис. Б.12. Функція *simplify()* використовується для спрощення отриманого дробу. Оскільки вираз не може бути спрощений, вирази однакові. На рисунку Б.13, при визначенні чутливості передачі до зміни параметру u_2 , видно як працює функція *simplify()*.

$$S1 := \frac{d}{dY_1} T_{1213} \rightarrow \frac{(Y_3 + Y_4 + Y_5) \cdot (Y_2 \cdot Y_3 + Y_2 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_5 + Y_3 \cdot Y_5 + Y_4 \cdot Y_5)}{(Y_1 \cdot Y_3 + Y_1 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_3 + Y_1 \cdot Y_5 + Y_2 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_5 + Y_3 \cdot Y_5 + Y_4 \cdot Y_5)^2}$$

$$S1 \text{ simplify} \rightarrow \frac{(Y_3 + Y_4 + Y_5) \cdot (Y_2 \cdot Y_3 + Y_2 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_5 + Y_3 \cdot Y_5 + Y_4 \cdot Y_5)}{(Y_1 \cdot Y_3 + Y_1 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_3 + Y_1 \cdot Y_5 + Y_2 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_5 + Y_3 \cdot Y_5 + Y_4 \cdot Y_5)^2}$$

Рисунок Б.12 – Визначення чутливості до параметру u_1 в СКМ MathCAD

$$S2 := \frac{d}{dY_2} T_{1213} \rightarrow \frac{(Y_3 + Y_4 + Y_5) \cdot (Y_2 \cdot Y_3 + Y_2 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_5 + Y_3 \cdot Y_5 + Y_4 \cdot Y_5)}{(Y_1 \cdot Y_3 + Y_1 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_3 + Y_1 \cdot Y_5 + Y_2 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_5 + Y_3 \cdot Y_5 + Y_4 \cdot Y_5)^2} - \frac{Y_3 + Y_4 + Y_5}{Y_1 \cdot Y_3 + Y_1 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_3 + Y_1 \cdot Y_5 + Y_2 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_5 + Y_3 \cdot Y_5 + Y_4 \cdot Y_5}$$

$$S2 \text{ simplify} \rightarrow \frac{Y_1 \cdot (Y_3 + Y_4 + Y_5)^2}{(Y_1 \cdot Y_3 + Y_1 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_3 + Y_1 \cdot Y_5 + Y_2 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_5 + Y_3 \cdot Y_5 + Y_4 \cdot Y_5)^2}$$

Рисунок Б.13 – Визначення чутливості до параметру u_2 в СКМ MathCAD

Аналогічно визначається чутливість до параметру u_5 , рис. Б.14

$$S5 := \frac{d}{dY_5} T_{1213} \rightarrow \frac{(Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4) \cdot (Y_2 \cdot Y_3 + Y_2 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_5 + Y_3 \cdot Y_5 + Y_4 \cdot Y_5)}{(Y_1 \cdot Y_3 + Y_1 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_3 + Y_1 \cdot Y_5 + Y_2 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_5 + Y_3 \cdot Y_5 + Y_4 \cdot Y_5)^2} - \frac{Y_2 + Y_3 + Y_4}{Y_1 \cdot Y_3 + Y_1 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_3 + Y_1 \cdot Y_5 + Y_2 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_5 + Y_3 \cdot Y_5 + Y_4 \cdot Y_5}$$

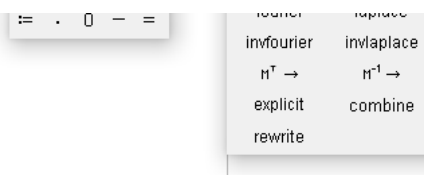
$$S5 \text{ simplify} \rightarrow \frac{Y_1 \cdot (Y_3 + Y_4)^2}{(Y_1 \cdot Y_3 + Y_1 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_3 + Y_1 \cdot Y_5 + Y_2 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_5 + Y_3 \cdot Y_5 + Y_4 \cdot Y_5)^2} +$$

Рисунок Б. 14 – Визначення чутливості до параметру u_5 в СКМ MathCAD

Щоб отримати чисельні значення чутливостей, ще раз задамо раніше визначені провідності, рис. Б.15.

$$Y_1 := \frac{1}{R_1} = 1 \times 10^{-3} \quad Y_2 := \frac{1}{R_2} = 5 \times 10^{-4} \quad Y_3 := \frac{1}{Z_3} = 6.283i \times 10^{-5}$$

$$Y_4 := \frac{1}{Z_4} = -3.183i \times 10^{-3} \quad Y_5 := \frac{1}{R_5} = 3.333 \times 10^{-4}$$



$$S1 \rightarrow \frac{(Y_3 + Y_4 + Y_5) \cdot (Y_2 \cdot Y_3 + Y_2 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_5 + Y_3 \cdot Y_5 + Y_4 \cdot Y_5)}{(Y_1 \cdot Y_3 + Y_1 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_3 + Y_1 \cdot Y_5 + Y_2 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_5 + Y_3 \cdot Y_5 + Y_4 \cdot Y_5)^2} = 247.96 - 0.975i$$

$$S2 \rightarrow \frac{(Y_3 + Y_4 + Y_5) \cdot (Y_2 \cdot Y_3 + Y_2 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_5 + Y_3 \cdot Y_5 + Y_4 \cdot Y_5)}{(Y_1 \cdot Y_3 + Y_1 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_3 + Y_1 \cdot Y_5 + Y_2 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_5 + Y_3 \cdot Y_5 + Y_4 \cdot Y_5)^2} - \frac{Y_3 + Y_4 + Y_5}{Y_1 \cdot Y_3 + Y_1 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_3 + Y_1 \cdot Y_5 + Y_2 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_5 + Y_3 \cdot Y_5 + Y_4 \cdot Y_5} = -298.413 - 11.489i$$

$$+ S5 \rightarrow \frac{(Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4) \cdot (Y_2 \cdot Y_3 + Y_2 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_5 + Y_3 \cdot Y_5 + Y_4 \cdot Y_5)}{(Y_1 \cdot Y_3 + Y_1 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_3 + Y_1 \cdot Y_5 + Y_2 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_5 + Y_3 \cdot Y_5 + Y_4 \cdot Y_5)^2} - \frac{Y_2 + Y_3 + Y_4}{Y_1 \cdot Y_3 + Y_1 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_3 + Y_1 \cdot Y_5 + Y_2 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_5 + Y_3 \cdot Y_5 + Y_4 \cdot Y_5} = -290.788 + 51.224i$$

Рисунок Б.15 – Визначення чисельних значень чутливостей в СКМ MathCAD

Значення $|S_y^T|$ представлені на рисунку Б.16.

$$s = \begin{pmatrix} |S1| \\ |S2| \\ |S5| \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} \frac{|(Y_3 + Y_4 + Y_5) \cdot (Y_2 \cdot Y_3 + Y_2 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_5 + Y_3 \cdot Y_5 + Y_4 \cdot Y_5)|}{(|Y_1 \cdot Y_3 + Y_1 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_3 + Y_1 \cdot Y_5 + Y_2 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_5 + Y_3 \cdot Y_5 + Y_4 \cdot Y_5|)^2} \\ \frac{(Y_3 + Y_4 + Y_5) \cdot (Y_2 \cdot Y_3 + Y_2 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_5 + Y_3 \cdot Y_5 + Y_4 \cdot Y_5)}{(Y_1 \cdot Y_3 + Y_1 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_3 + Y_1 \cdot Y_5 + Y_2 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_5 + Y_3 \cdot Y_5 + Y_4 \cdot Y_5)^2} \cdot \frac{Y_3 + Y_4 + Y_5}{Y_1 \cdot Y_3 + Y_1 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_3 + Y_1 \cdot Y_5 + Y_2 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_5 + Y_3 \cdot Y_5 + Y_4 \cdot Y_5} \\ \frac{(Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4) \cdot (Y_2 \cdot Y_3 + Y_2 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_5 + Y_3 \cdot Y_5 + Y_4 \cdot Y_5)}{(Y_1 \cdot Y_3 + Y_1 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_3 + Y_1 \cdot Y_5 + Y_2 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_5 + Y_3 \cdot Y_5 + Y_4 \cdot Y_5)^2} \cdot \frac{Y_2 + Y_3 + Y_4}{Y_1 \cdot Y_3 + Y_1 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_3 + Y_1 \cdot Y_5 + Y_2 \cdot Y_4 + Y_2 \cdot Y_5 + Y_3 \cdot Y_5 + Y_4 \cdot Y_5} \end{pmatrix}$$

$$s = \begin{pmatrix} 247.962 \\ 298.635 \\ 295.265 \end{pmatrix}$$

Рисунок Б.16 – Визначення модулів чисельних значень чутливостей в СКМ MathCAD

Оскільки розглянуто всі можливі виходи, а вхід є фіксованим, то за отриманими результатами побудуємо таблицю чутливості (*sensitivity*) Б.1. Таблиця повинна бути інтегрована з СКМ MathCAD в Excel, рис Б.17–Б.21. Також засобами Excel потрібно визначити максимальне та мінімальне значення чутливості.

Таблиця Б.1 — Таблиця чутливості передач до зміни параметрів

$ S \frac{T_{ij}}{y_i} $	y_1	y_2	y_5
$ S \frac{T_{1213}}{y_i} $	247,94	298,63	295,26
$ S \frac{T_{1232}}{y_i} $	247,96	298,74	295,26
$ S \frac{T_{1234}}{y_i} $	26,32	31,7	141,99
$ S \frac{T_{1242}}{y_i} $	246,56	297,06	327,742

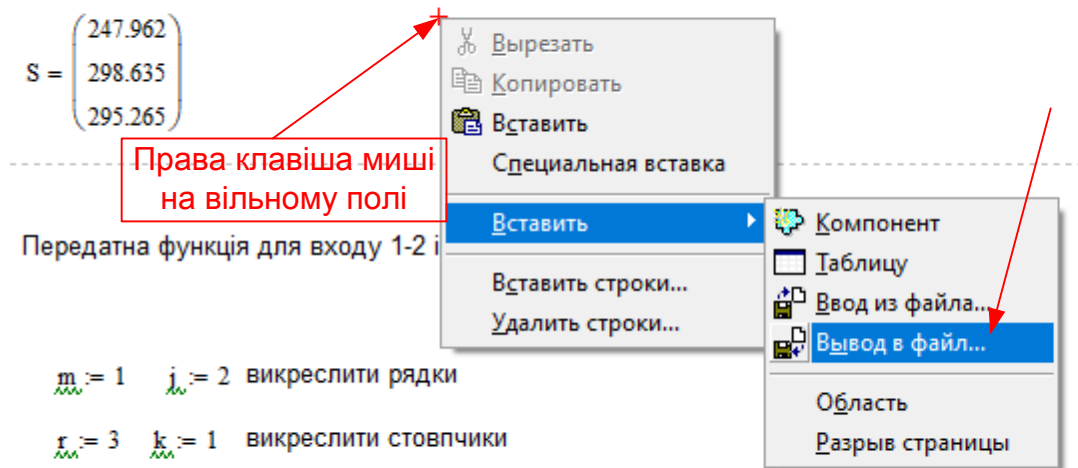


Рисунок Б.17 – Виведення результатів розрахунку СКМ MathCAD

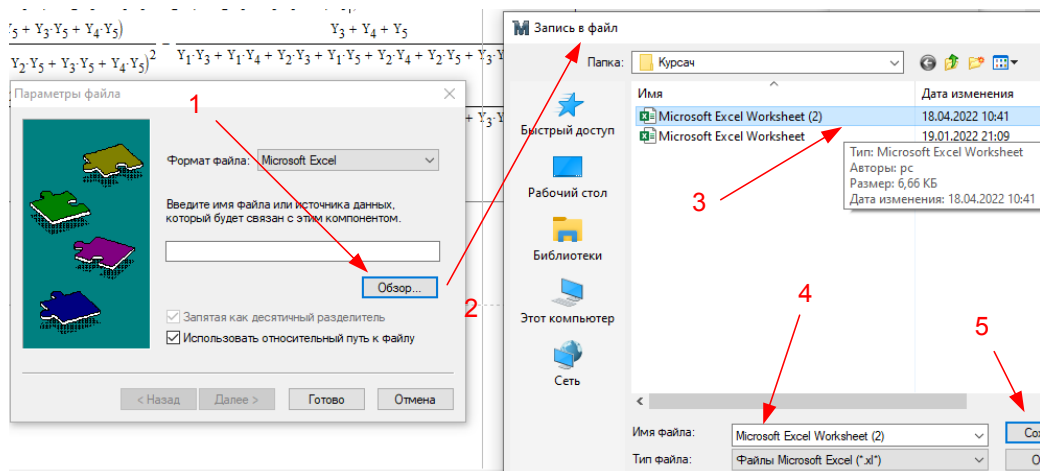


Рисунок Б.18 – Вибір документа, для виведення результатів розрахунку

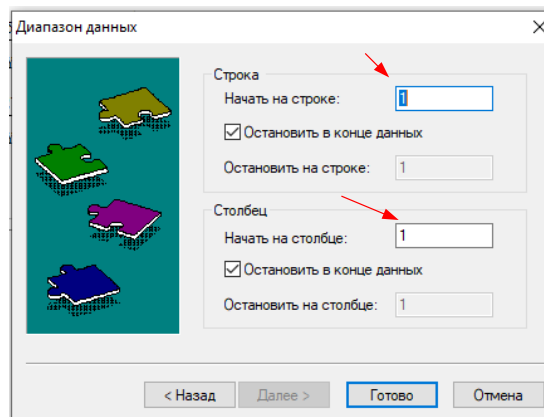


Рисунок Б.19 – Вікно вибору діапазону виведення

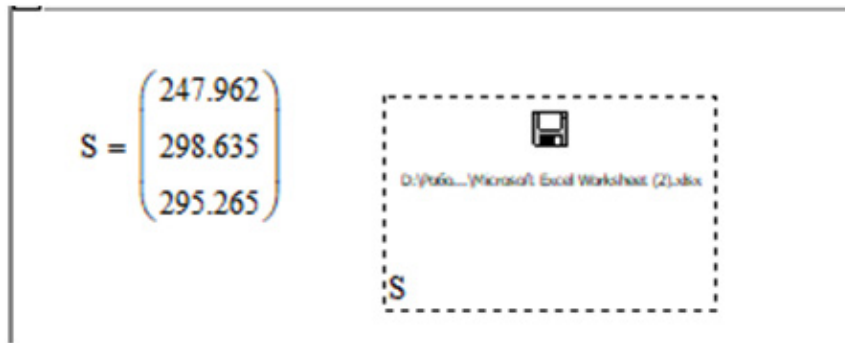


Рисунок Б.20 – Виведення даних

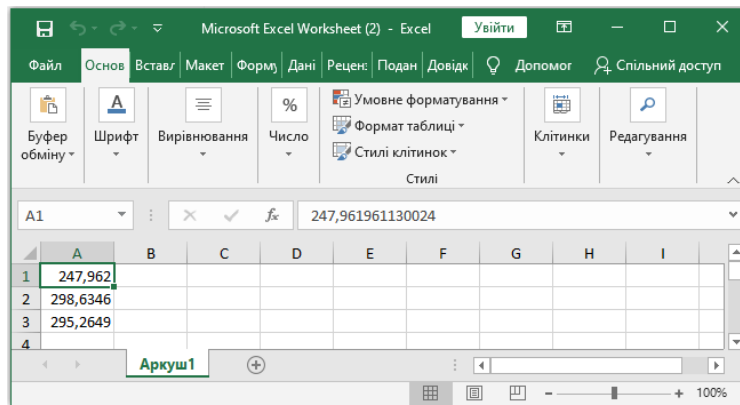


Рисунок Б.21 – Результат виведення даних

Висновок. Аналіз таблиці чутливості показав, що при фіксованому вході найбільш чутливою передачею до зміни $u_1 \circ T_{1232}$; $u_2 \circ T_{1232}$; $u_5 \circ T_{1242}$.

ДОДАТОК В

Зразок титульної сторінки

Вінницький національний технічний університет

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

КУРСОВА РОБОТА

з дисципліни «Засоби моделювання в електротехнічних системах»

на тему: «Застосування сучасних засобів моделювання для розв'язання задач
електроенергетики»

08-17.3МЕС.10.00.000 ПЗ

Студентки 1 курсу ЗЕЕ-21б групи
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

Іванова Ю. А.

Керівник к.т.н., доц. ЕСЕЕМ

Кутіна М. В.

Кількість балів: ____ Оцінка: ECTS ____

Члени комісії

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

м. ВІННИЦЯ – 2023 рік

ДОДАТОК Г

Приклад оформлення змісту

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1. ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ПОСТАВЛЕНОЇ ЗАДАЧІ	6
1.1.Метод побудови математичної моделі у вигляді невизначеної матриці вузлових провідностей електричної схеми заміщення.....	6
1.2.Використання теореми Мезона для визначення функції передачі	8
1.3.Визначення чутливості передачі до зміни параметрів елементів схеми.....	9
2. АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ РЕДАКТОРА ВЕКТОРНОЇ ГРАФІКИ MICROSOFT VISIO ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ MATHCAD З МЕТОЮ ВИРІШЕННЯ ПОСТАВЛЕНОЇ ЗАДАЧІ.....	11
2.1.Вибір інструментів редактора векторної графіки Microsoft Visio для побудови електричних схем заміщення	11
2.2.Опис функцій та їх властивостей програмного забезпечення Mathcad для визначення найбільш чутливих передач до зміни параметрів схеми заміщення.....	13
3. ЗАСТОСУВАННЯ ОБРАНОГО ЗАСОБУ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ЙОГО ФУНКЦІЙ	15
3.1.Побудова електричної схеми заміщення в редакторі векторної графіки Microsoft Visio.....	15
3.2.Реалізація теореми Мезона для визначення найбільш чутливих передач до зміни параметрів схеми заміщення з використанням програмного забезпечення Mathcad	17
ВИСНОВКИ.....	22
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	23
ДОДАТКИ.....	26
Додаток А – Технічне завдання	27

ДОДАТОК Д

Приклад оформлення індивідуального завдання

Міністерство освіти та науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. каф. ЕСЕЕМ проф. д.т.н.
Бурбело М. Й.
(підпис)
« ___ » _____ 20__ р.

ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

на курсову роботу
з дисципліни «Засоби моделювання в електротехнічних системах»
студенту _____ факультету ЕЕЕМ групи _____

1. *Тема курсової роботи: Застосування сучасних засобів моделювання для розв'язання задач електроенергетики*

Вихідні дані:

- схема заміщення довільного елемента електричної системи;
- дані про параметри схеми заміщення та їх зміну;
- дані щодо сучасних засобів моделювання.

Зміст пояснювальної записки до курсової роботи

Анотація

Індивідуальне завдання

Завдання на курсову роботу

Вступ

1. Побудова математичної моделі для вирішення поставленої задачі;
2. Аналіз можливості застосування редактора векторної графіки Microsoft Visio та програмного забезпечення MathCAD з метою вирішення поставленої задачі;
3. Застосування обраного засобу моделювання та його функцій.

Висновки

Етапи виконання робіт

Зміст етапу	Термін виконання
1. Збір інформації, яка необхідна для проєктування	
2. Проведення проєктних розрахунків	
3. Розробка креслень	
4. Написання розрахунково-пояснювальної записки і захист курсового проєкту	

Дата видачі завдання « ___ » _____ 20__ р.

Керівник

Завдання отримав

Навчальне видання

**Методичні вказівки
до виконання курсових робіт
з дисципліни
«Засоби моделювання в електротехнічних системах»
для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
(освітня програма «Електропостачання
та енергозбереження»)**

Укладачі: *Марина Василівна Кутіна*
Денис Юрійович Лебедь

Рукопис оформив *Д. Лебедь*

Редактор *С. Васюта*

Оригінал-макет підготовлено *М. Кутіна*

Підписано до видання 22.06.2023 р.

Гарнітура Times New Roman.

Зам. № P2023-112

Видавець та виготовлювач

Вінницький національний технічний університет,

Редакційно-видавничий відділ.

ВНТУ, ГНК, к. 114.

Хмельницьке шосе, 95,

м. Вінниця, 21021.

press.vntu.edu.ua;

Email: irvc.vntu@gmail.com

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

серія ДК No 3516 від 01.07.2009 р.