МЕХАНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра “Системи електричної тяги”

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання контрольної роботи з дисципліни

«СПЕЦІАЛЬНІ МЕТОДИ РОЗРАХУНКІВ В ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМАХ»

Харків 2011

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри СЕТ 18 травня 2009 р., протокол № 9.

Рекомендуються для студентів спеціальності 7.092201 «Електричні системи та комплекси транспортних засобів», 7.092202 «Електричний транспорт».

Укладачі:

проф. В.Г. Ягуп,

асист. К.В. Ягуп

Рецензент

проф. М.Л. Лисиченко (ХНТУСГ)

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання контрольної роботи
з дисципліни

«СПЕЦІАЛЬНІ МЕТОДИ РОЗРАХУНКІВ В ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМАХ»

Відповідальний за випуск Ягуп В.Г.

Редактор Еткало О.О.

Підписано до друку 28.09.09 р.

Формат паперу 60х84 1/16 . Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 0,5. Обл.-вид.арк. 0,75.

Замовлення № Тираж 50. Ціна

Видавництво УкрДАЗТу, свідоцтво ДК № 2874 від. 12.06.2007 р.
Друкарня УкрДАЗТу,
61050 , Харків - 50, майдан Фейєрбаха, 7

Українська державна академія залізничного транспорту

Кафедра систем електричної тяги

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання контрольної роботи з дисципліни
«Спеціальні методи розрахунків в електромеханічних системах»
для студентів спеціальностей:
7.092201 «Електричні системи та комплекси транспортних засобів»
7.092202 «Електричний транспорт»

Харків 2009

Методичні вказівки до виконання контрольної роботи «Спеціальні методи розрахунків в електромеханічних системах»
для студентів спеціальностей / 7.092201 «Електричні системи та комплекси транспортних засобів», 7.092202 «Електричний транспорт».
протокол №9 від 18.05.09

Уклад. В. Г. Ягуп, К. В. Ягуп, – Харків: – УкрДАЗТ, 2009. – с. – Укр. мовою

Укладачі: В. Г. Ягуп, К. В. Ягуп
Рецензент: д. т. н., проф. Я. В. Щербак

Кафедра системи електричної тяги

1 Загальні відомості

При проектуванні і дослідженні електромеханічних систем на залізничному транспорті розглядаються достатньо складні електромагнітні процеси в пристроях систем електричної тяги, сигналізації, контролю та управління. Традиційні методи в останні роки поповнюються новими прогресивними методами, які знаходять своє застосування в інженерній практиці завдяки тому, що дозволяють прискорити розрахунки, зробити їх більш точними, а також наблизити їх застосування до комп'ютерних алгоритмів і легко реалізувати в математичних пакетах.

Контрольна робота передбачає перевірку знань та практичних навичок у застосуванні методів, що базуються на теорії сигнальних графів і різницевих рівнянь з реалізацією на комп'ютері в математичному пакеті Excel або MathCAD.

2 Завдання до контрольної роботи

У контрольній роботі необхідно скласти дискретний часовий сигнальний граф для заданої електричної системи і провести розрахунки перехідних процесів А-стійким числовим методом у системі електронних таблиць та побудувати графіки перехідних процесів.

Електрична система завдання повинна мати другий порядок. Її структура задається студенту викладачем індивідуально.

3. Порядок виконання контрольної роботи

1 Обрати на схемі прийняті позитивні напрями струмів і напруг.

2 Скласти операторний сигнальний граф системи.

3 Перетворити операторний граф вудискретний часовий сигнальний граф.

4 Знайти необхідні передачі дискретного часового сигнального графа.

5 Скласти рекурентні формули для обчислення перехідного процесу.

6 Розрахувати перехідний процес за рекурентними формулами у середовищі електронних таблиць.

7 Побудувати графіки перехідних процесів.

8 Дослідити вплив параметрів системи та початкових умов на хід перехідного процесу.

9 Роздрукувати першу сторінку таблиці та один з графіків перехідних процесів.

4 Методичні вказівки до виконання контрольної роботи

До пункту 1: При задані прийнятих позитивних напрямів струмів через елементи і позитивних полярностей напруг виходимо з того, що струм у кожному елементі повинен прямувати від затискача з більш високим потенціалом до затискача з менш високим потенціалом. Слід звернути увагу, що в джерелі напруги стрілка позитивно прийнятого струму спрямовується супротив стрілки ЕРС, а в джерелі струму стрілка позитивного струму збігається зі стрілками заданого струму джерела. Для резисторів, конденсаторів та індуктивностей позитивний напрямок струмів може бути прийнятий довільно.

До пункту 2: При складанні операторного сигнального графа в першу чергу слід зобразити операторні сигнальні підграфи конденсаторів та котушок індуктивностей. При цьому рекомендується обрати таку форму операторного сигнального графа, аби між вузлами операторного струму і

вузлом напруги містилась вітка з передачею, де параметр елемента та операторна змінна p знаходились у знаменнику передачі – в цьому разі при перетворенні в дискретний часовий граф буде містити передачі, у яких крок розрахунку буде знаходитися в чисельнику передачі. Інші вузли перетворюються в залежні при застосуванні рівнянь за законами Кірхгофа і Ома в операторній формі. Вузли-джерела сигнального графа повинні відображувати операторні напруги або струми електричних джерел.

До пункту 3: Для перетворення операторного сигнального графа в дискретний часовий сигнальний граф слід діяти за таким алгоритмом:

а) у передачах віток сигнального операторного графа оператор p замінюємо на величину, зворотну величині розрахункового кроку τ;

б) величини операторних сигналів вузлів-джерел слід домножити на оператор p (за умови заданих в завданні постійних електричних джерел оператор p взагалі вилучається з величин вузлових сигналів електричних джерел, а також з вузлів-джерел, що відображають ненульові початкові умови для конденсаторів та індуктивностей);

в) вузлові сигнали джерел, що відображають ненульові початкові умови реактивних елементів, замінюємо на значення напруг конденсаторів $V_C^{[k]}$ та струмів індуктивностей $I_L^{[k]}$, взяті на початку поточного розрахункового кроку;

г) вузлові сигнали залежних вузлів, що відображають операторні напруги конденсаторів та струми індуктивностей, замінюємо на значення напруг конденсаторів $V_C^{[k+1]}$ та струмів індуктивностей $I_L^{[k+1]}$, взяті наприкінці поточного розрахункового кроку;

д) решту залежних вузлів також вважаємо такими, що відносяться до значень наприкінці поточного розрахункового кроку.

До пункту 4: Необхідні передачі дискретного часового сигнального графа знаходяться за формулою Мейсона:

$$T_{js} = \frac{\sum_k P_k \Delta_k}{\Delta},$$

де Δ – визначник сигнального графа;

P_K – шляхи передачі від вузла джерела j до залежного вузла s, для якого знаходиться передача;

Δ_K – алгебраїчні доповнення, що відповідають кожному шляху передачі.

Для побудови рекурентних різницевих обчислювальних формул необхідно знайти передачі з кожного вузла-джерела до залежних вузлів напруг конденсаторів $V_C^{[k+1]}$ та струмів індуктивностей $I_L^{[k+1]}$.

До пункту 5: Щоб отримати рекурентні формули, достатньо, скориставшись методом суперпозицій, знайти вузлові сигнали в тих вузлах дискретного часового сигнального графа, які відображають значення напруг конденсаторів і струмів індуктивностей наприкінці поточного розрахункового кроку. Кожний з таких сигналів утворюється додаванням часткових сигналів, які надходять в ці вузли від кожного вузла-джерела. Іншими словами, треба передачу від кожного вузла-джерела помножити на сигнал самого вузла-джерела і такі добутки додати. Таким чином, отримуємо лінійні різницеві рівняння у вигляді рекурентних формул, які виражають напруги конденсаторів і струми індуктивностей наприкінці розрахункового кроку через напруги конденсаторів і струми індуктивностей на початку поточного розрахункового кроку, а також через задаючі величини джерел електричної енергії.

До пункту 6: Будуємо розрахунки за допомогою електронних таблиць MS Excel таким чином:

1 На робочому листі вводимо в окремі комірки числові дані параметрів системи, які для спрощення налагодження

обираємо одиничні, а після отримання результатів вони можуть бути змінені за бажанням студента. До параметрів відносяться величини опорів резисторів, ємності конденсаторів, індуктивності котушок, амплітуди джерел електричної енергії, які можуть бути розглянуті постійними і синусоїдальними із заданою частотою і фазою - в останньому випадку ці параметри також треба позначити на робочому листі. Крім того треба ввести величину часового кроку (порядку декілька сотих-тисячних).

2 Коміркам, у які введені вказані параметри, треба присвоїти унікальні імена за допомогою меню "Вставка / Имя / Присвоить", що забезпечить їх правильне сприйняття при копіюванні формул для здійснення розрахунків.

3 В окремих комірках слід забезпечити обчислення таких величин: а) передачі контурів сигнального графа; б) визначник сигнального графа; в) шляхи передачі від кожного вузла-джерела; г) алгебраїчні доповнення до кожного шляху передачі; д) передачі від кожного вузла-джерела до вузлів, що виражають напруги конденсаторів і струми індуктивностей наприкінці поточного розрахункового кроку, тобто самі коефіцієнти рекурентних формул. Останні комірки слід позначити унікальними іменами.

4 Організувати стовпець часу, який повинен нарощуватися із заданим часовим кроком, для чого треба ввести формулу, яка збільшує попереднє значення часу, розташоване у верхньому рядку, на величину часового кроку, що треба взяти із комірок, даних у вигляді унікального імені.

5 Для початкового часу $t=0$ ввести початкові величини напруг на конденсаторах і струмів індуктивностей, які для спрощення можна прийняти нульовими, а далі після налагоджування і тестування розрахунків можна змінювати на розсуд студента. Ці комірки будуть утворювати стовпці дискретних величин напруг на конденсаторах і струмів індуктивностей.

6 Для часу $t=\tau$ ввести формули для розрахунків напруг на конденсаторах і струмів індуктивностей наприкінці

поточного розрахункового кроку за рекурентними формулами. При цьому параметри слід брати із комірок даних у вигляді унікальних імен.

7 Виділити рядок з усіма величинами для часу $t=\tau$, який відповідає кінцю першого часового кроку. Це виділення слід здійснювати за допомогою звичайного курсора миші у вигляді білого хрестика. Саме цей рядок містить у собі всю необхідну інформацію математичної моделі системи, створену нами за методом дискретних часових сигнальних графів.

8 Підвести курсор до самої правої комірки з числа виділених на її правий нижній кут, щоб з'явився чорний хрестик, і далі, утримуючи ліву кнопку миші, протягти курсор донизу, здійснюючи копіювання формул для наступних часових кроків. Після відпускання кнопки миші вся область копіювання заповнюється обчисленими значеннями, за якими можна побудувати графіки і дослідити поведінку системи при зміні умов процесу.

До пункту 7: Для побудови графіків в електронних таблицях слід здійснити такі дії:

1 Виділити стовпець числових значень часу в усьому діапазоні часу, протягом якого здійснено розрахунки.

2 Утримуючи клавішу Ctrl, виділити стовпці із числовими значеннями напруг на конденсаторах і струмів індуктивностей в усьому діапазоні часу, протягом якого здійснено розрахунки.

3 Натиснути кнопку "Мастер диаграмм", що призводить до появи діалогового вікна.

4 Обрати тип діаграми "Точечная/Без маркеров" і продовжити вибір за позначеними в діалозі кроками або одразу натиснути кнопку "Готово" у вікні діалогу.

5 Утворену діаграму обробити, перетягнувши її на доречне місце робочого листа, надавши їй потрібні розміри, а також обравши належний шрифт і кольори для графіків.

До пункту 8: Провести експерименти з отриманою таблицею, змінюючи такі величини, як параметри

елементів, амплітуди джерел живлення, початкові значення для змінних стану, часовий крок та інтервал часу для розрахунку. Результати експериментів записати у вигляді висновків.

До пункту 9: Окремі діаграми роздрукувати на принтері, позначивши величини, які відображені на діаграмах, а також параметри і початкові умови для перехідних процесів. Роздруківки включити до складу контрольної роботи.

5 Правила оформлення контрольної роботи

1 Контрольна робота оформляється на аркушах формату А4.

2 Обкладинка оформляється за загальними правилами, на ній указується назва дисципліни, прізвище і група студента, а також підпис.

3 Писати треба розбірливо, використовувати чорнило темного кольору (чорне, темно-синє, темно-фіолетове).

4 Рисунки оформляти олівцем, користуватися креслярськими інструментами і дотримуватися вимог до оформлення рисунків.

5 Усі викладки повинні супроводжуватися поясненнями.

6 У роботу слід включити комп’ютерні роздруківки першої сторінки таблиці і часові діаграми перехідного процесу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Ягуп В.Г. Автоматизированный расчет тиристорных схем.– Харьков: Вища шк. Изд-во при Харьк. ун-те, 1986. – 160 с.
2 Каганов В.И. Компьютерные вычисления в средах Excel и MathCAD. – М.: Горячая линия-телеком, 2003. – 328 с.
3 Дьяконов В.П. MICROSOFT EXCEL 2003. – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2004. – 560 с.

Навчальне видання

Методичні вказівки до виконання контрольної роботи з дисципліни
«Спеціальні методи розрахунків в електромеханічних системах»

для студентів спеціальностей:
7.092201 «Електричні системи та комплекси транспортних засобів»
7.092202 «Електричний транспорт»

Українською мовою

Укладачі Ягуп Валерій Григорович
Ягуп Катерина Валеріївна

Відповідальний за випуск
Роботу рекомендував до друку

Підписано до друку 2009 р.
Формат аркушів 60×84 1/26. Папір офсетний.
Умовно. – друк. Арк. 0,9. Обл. – вид. Арк. 1,1.
Замовлення №. Тираж 100 прим.

Видавництво УкрДАЗТ, свідоцтво ДК №2874 від 12,06,2007 р.
Друкарня УкрДАЗТ
61050, м. Харків – 50, пл. Фейєрбаха, 7