МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний авіаційний університет

ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Методичні вказівки і завдання до виконання курсової роботи для студентів Інституту заочного та дистанційного навчання спеціальності 8.100107 "Обладнання повітряних суден"

Київ 2003

УДК 629. 735. 083. 05 (076)
ББК 0582 р
Е 502

Укладач В.П. Захарченко
Рецензент Д.М. Красношапка

Затверджено на засіданні секції факультету систем управління редакційної ради НАУ “16” “квітня” 2003 року.

Електропостачання літальних апаратів:
Е 502 Методичні вказівки і завдання до виконання курсової роботи/Уклад.: В.П. Захарченко.— К.: НАУ, 2003. – 35 с.

Методичні вказівки містять програму, список літератури, рекомендації щодо вивчення дисципліни “Електропостачання літальних апаратів”, а також запитання для самоперевірки, завдання на курсову роботу, приклад виконання роботи.

Призначені для студентів спеціальності 8.100107 “Обладнання повітряних суден”.

Навчально-методичне видання

ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Методичні вказівки і завдання до виконання курсової роботи
з дисципліни "Електропостачання літальних апаратів"
для студентів Інституту заочного та дистанційного навчання
спеціальності 8.100107
"Обладнання повітряних суден"

Укладач ЗАХАРЧЕНКО Віктор Панасович

Технічний редактор А.І. Лаврінович
Коректор Л. М. Романова

Підписано до друку 03 Формат 60×84/16. Папір офсетний. Офсетний друк. Ум. фарбовідб. В.УМ.друк.арк. .Обл.–вид.арк3,0.
Тираж 100 прим. Замовлення № Вид. №

Видавництво НАУ.
03058. Київ-58, проспект Космонавта Комарова, 1.
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК №977 від 05.07.02.

ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

Основна мета навчальної дисципліни “Електропостачання літальних апаратів” - дати студентам знання в області теорії, принципів побудови, а також практичні навички експлуатації систем електропостачання літальних апаратів, необхідні для подальшого вивчення і експлуатації авіаційної техніки.

Сучасні системи електропостачання являють собою досить складний комплекс, що складається з різних за принципом дії і конструктивному виконанню апаратів, приладів, машин і інших пристроїв, грамотна експлуатація якого можлива лише у разі глибоких знань цього комплексу.

Теорія систем електропостачання літальних апаратів охоплює великий і складний комплекс електромагнітних, електричних, хімічних, теплових і механічних явищ. Однак в основі цієї теорії лежать закони, відомі з засвоєних раніше дисциплін. Для успішного засвоєння дисципліни необхідно володіти знаннями таких дисциплін як “Фізика”, “Математика”, “Теоретичні основи електротехніки”, “Електричні машини і апарати”.

Задачі дисципліни “Електропостачання літальних апаратів”:

- викладення студентам визначеного обсягу теоретичних питань для глибокого вивчення принципу дії сучасних систем електропостачання;
- вивчення типових систем електропостачання, які застосовуються на сучасних повітряних суднах;
- прищеплення студентам навичок проведення аналізу роботи систем електропостачання.

Повний курс відповідно до затвердженої програми складається з чотирьох розділів і вивчається протягом третього року навчання в шостому семестрі.

Основною формою вивчення дисципліни для студентів заочного факультету є самостійна робота, тобто робота з підручником, тому пропонується така послідовність його вивчення:

- ознайомитися з програмою дисципліни;
- вивчити основні положення і вимоги;

- по літературі, що рекомендується, зробити аналіз матеріалу, який необхідно вивчити відповідно до програми;
- ретельно вивчити матеріал, звернути увагу на теоретичні питання дисципліни, вивчити принцип дії як окремих елементів, так і систем у цілому;
- після вивчення кожного розділу дисципліни відповісти на контрольні запитання, поміщенні наприкінці кожного розділу.

У процесі вивчення дисципліни студент повинен виконати курсову роботу і лабораторні роботи.

При виконанні курсової роботи необхідно спочатку виписати умови. Процес розв'язування задач повинен бути докладно описаний з дотриманням усіх технічних вимог. Після отриманих числових значень величин повинні бути наведені позначення одиниць у системі СІ.

Лабораторні роботи виконуються в період лабораторно-екзаменаційної сесії.

До іспиту допускаються студенти, що вивчили дисципліну в обсязі, зазначеному програмою і отримали залік з лабораторних робіт та оцінку за курсову роботу.

ВСТУП

Загальні питання електропостачання літальних апаратів

Предмет курсу. Призначення електропостачання в області його застосування на повітряних суднах. Історія розвитку електропостачання літальних апаратів. Місце електроустаткування в системі допоміжного устаткування. Умови роботи систем електропостачання на літальних апаратах. Електричні системи сучасних літальних апаратів. Польотна маса систем електропостачання і її складові частини. Основні параметри електричного струму і напруг, застосовуваних на літальних апаратах.

Технічні вимоги до систем електропостачання літальних апаратів. Спеціальні вимоги щодо якості електричної енергії. Подальший розвиток цивільної авіації.

Література: [1, с. 4]; [2, с. 3]; [3, с. 3]; [5, с. 2].

Методичні вказівки

При вивченні матеріалу дисципліни “Електропостачання літальних апаратів” необхідно усвідомити її задачі, зрозуміти призначення і місце електропостачання на літальних апаратах. Варто мати уяву про шляхи і перспективи розвитку систем електропостачання літальних апаратів.

Запитання для самоперевірки

1. Яке місце дисципліна “Електропостачання літальних апаратів” займає в придбанні спеціальності “Обладнання повітряних суден” ?
2. Як підрозділяються системи електропостачання літальних апаратів?
3. Яке призначення і місце електропостачання на літальних апаратах ?
4. Які параметри електричної енергії бортових систем електропостачання?

1. ВИРОБНИЦТВО ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Авіаційні генератори постійного струму

Призначення, технічні вимоги, параметри і принципові схеми авіаційних електричних генераторів постійного струму. Особливості характеристик авіаційних генераторів постійного струму. Умови і способи охолодження генераторів. Особливості конструкції і застосування генераторів. Характеристика стартер-генераторів.

Принцип дії і характеристики генераторів типу ГСБК. Умови самозбудження. Несправності генераторів і способи їхнього усунення.

Література: [1, с. 34]; [8, с. 26].

Методичні вказівки

Електричні генератори постійного струму приводяться в обертання від авіадвигунів через редуктор. У зв'язку з такою системою приводу необхідно звернути увагу на конструктивні особливості генераторів. Варто також акцентувати увагу на процесі самозбудження генераторів. Під час вивчення конструкції генераторів типу ГСБК необхідно звернути увагу на електричну схему і принцип дії.

Запитання для самоперевірки

1. Які способи охолодження застосовуються для генераторів постійного струму ?
2. Як ви розумієте процес самозбудження генераторів ?
3. Які існують способи поліпшення умов комутації генераторів ?
4. У чому полягають особливості характеристик літакових генераторів постійного струму ?
5. Який принцип дії безконтактного генератора типу ГСБК ?

Стабілізатори напруги авіаційних генераторів постійного струму

Схеми регулювання напруг генераторів постійного струму. Способи регулювання струму збудження генераторів. Принцип стабілізації напруг генераторів по відхиленню і збуренню.

Вимоги до точності підтримки напруги. Пристрій і принцип дії вугільного регулятора напруги.

Характеристика основних способів підвищення точності стабілізації напруги.

Статичні і динамічні властивості системи автоматичного регулювання напруги “генератор постійного струму – вугільний регулятор напруги”. Основні несправності і експлуатація вугільного регулятора напруги.

Література: [1, с. 48]; [2, с. 44]; [3, с. 60]; [8, с. 48]; [5]; [6, с. 6].

Методичні вказівки

Під час вивчення матеріалу даної теми необхідно звернути увагу на перехідні процеси у системі "регулятор напруги-генератор". Треба вміти проводити аналіз передатної функції вугільного регулятора напруги. Варто розглянути принцип дії центрального коректора напруги. Особливу увагу варто звернути на основні характеристики вугільного регулятора напруги і ознайомитися з комбінованим регулюванням напруги.

Запитання для самоперевірки

1. Які існують принципи стабілізації напруги генераторів ?
2. Які вимоги стандартів до точності підтримки напруги ?
3. Від чого залежить значення коефіцієнта статичної стійкості генератора і статичної помилки при регулюванні напруги вугільного регулятора напруги ?
4. Який принцип дії вібраційного регулятора напруги ?
5. Як оцінити точність регулювання системи "генератор постійного струму–вугільний регулятор напруги" ?
6. Який принцип дії центрального коректора напруги ?

Автоматичне керування і захист генераторів постійного струму на повітряних суднах

Принцип автоматичного підключення генераторів постійного струму в мережу. Диференціально-мінімальне реле генераторів постійного струму, призначення, пристрій, схема включення, принцип дії. Правила настроювання диференційно-мінімального реле.

Захист генератора постійного струму від перенапруги. Спільна робота автомата захисту від перенапруги і диференціально-мінімального реле. Захист енерговузлів від струмів короткого замикання.

Література: [1, с. 54]; [2, с. 185, 208]; [3, с. 74]; [8, с. 58].

Методичні вказівки

При розгляді матеріалу варто звернути увагу на вивчення принципових електричних схем ДМР – 400 Т і ДМР – 600 Т, а також конструкцію автомата захисту від перенапруги (АЗП). У процесі вивчення матеріалу доцільно проробити класифікацію систем захисту електровузлів від струмів короткого замикання.

Запитання для самоперевірки

1. Які умови підключення і відключення генераторів постійного струму до мережі ?
2. Який принцип дії ДМР – 400 Т ?
3. Які особливості функціонування ДМР – 600 Т ?
4. Який принцип дії автомата захисту від перенапруги ?
5. У чому полягає принцип дії пристрою подовжнього струмового диференціального захисту від коротких замикань ?

Паралельна робота генераторів постійного струму

Вимоги до паралельної роботи генераторів постійного струму. Умови паралельної роботи генераторів. Методи паралельної роботи. Рівняння розподілу навантаження між рівнобіжно працюючими генераторами постійного струму. Принципова електрична схема двох паралельно працюючих генераторів постійного струму. Контроль і настроювання паралельної роботи генераторів у польоті. Паралельна робота генераторів з акумуляторною батареєю.

Література: [1, с. 74]; [2, с. 116]; [3, с. 89].

Методичні вказівки

При розгляді паралельної роботи генераторів постійного струму необхідно вивчити методи розподілу навантажень і добре усвідомити фізичні процеси, що протікають при цьому. Дуже важливим є розподіл струму між паралельно працюючими генераторами.

Треба знати аналітичні вирази, що пояснюють характер фізичних процесів, які відбуваються при паралельній роботі генераторів постійного струму. Особливу увагу необхідно звернути на паралельну роботу генераторів з акумуляторною батареєю.

Запитання для самоперевірки

1. Яких умов необхідно дотримуватись при паралельній роботі генераторів постійного струму ?
2. Як буде розподілятися навантаження при нерівності баластових опорів, якщо урівнююча обмотка розімкнута ?
3. Як по заданих зовнішніх характеристиках генератора та акумуляторної батареї і заданому струмові заряду батареї визначити струм генератора ?
4. Як здійснити процес настроювання паралельної роботи в польоті ?

Авіаційні хімічні (аварійні) джерела електричної енергії

Загальні відомості. Призначення хімічних джерел. Акумулятори кислотні і лужні. Типи акумуляторних батарей, застосовуваних на літальних апаратах.

Основні характеристики акумуляторних батарей. Вплив величини розрядного струму, температури і щільності електроліту на характеристики акумуляторних батарей. Особливості заряду акумуляторних батарей, «тепловий» розгін.

Типи аеродромних акумуляторних батарей, їхні технічні дані. Методи визначення стану кислотних і лужних акумуляторних батарей, режими заряду і розряду, несправності.

Порівняльна оцінка акумуляторних батарей: питома ємність, питома енергія, експлуатація акумуляторних батарей, їхнє збереження.

Встановлення акумуляторних батарей на повітряних суднах.

Література: [1, с. 15]; [2, с. 160]; [3, с. 8].

Методичні вказівки

Під час вивчення матеріалів даної теми необхідно звернути увагу на питання, пов'язані з поясненням фізичних і хімічних процесів, що протікають в акумуляторах, на характер зміни ємності від різного струму. Варто запам'ятати розшифровку короткого запису різних типів акумуляторних батарей. Доцільно вивчити основні характеристики кислотних і лужних акумуляторних батарей, питання експлуатації і збереження.

Запитання для самоперевірки

1. Які типи акумуляторних батарей застосовують на літальних апаратах і для аеродромного обслуговування ?
2. Які параметри характеризують електроенергетичні властивості акумуляторних батарей ?
3. Як впливає температура і величини розрядного струму на основні характеристики акумуляторів ?
4. Які існують види зарядів акумуляторних батарей ?
5. Які особливості експлуатації літакових акумуляторних батарей ?

2. ВИРОБНИЦТВО ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ЗМІННОГО СТРУМУ НА ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТАХ

Джерела електроенергії і регулюючі пристрої

Характеристики генераторів змінного струму. Устрій, принцип дії генераторів серії ГТ. Достоїнства і недоліки електричних систем змінного струму. Способи охолодження генераторів. Привід генераторів змінного струму. Типи регуляторів напруги і схеми їхніх вимірювальних елементів. Стабілізація напруги синхронних генераторів. Регулювання частоти синхронних генераторів. Особливості регулювання основних параметрів в енерговузлах змінного струму нестабільної частоти. Статична стійкість системи привід-генератор. Вимоги стандарту до якості електричної енергії змінного струму.

Література: [1, с. 90]; [2, с. 13, 71]; [3, с. 114]; [8, с. 74]; [10, с. 135]; [8].

Методичні вказівки

Під час вивчення даної теми необхідно звернути увагу на принцип побудови безконтактних генераторів серії ГТ, вивчити способи приводу зазначених генераторів. При вивченні схем каналів регулювання частоти і напруги особливу увагу треба звернути на схемні рішення блоків регулювання. Варто чітко знати аналітичну формулу для висновку статичної стійкості системи привід-генератор.

Запитання для самоперевірки

1. У чому полягає принцип дії синхронних генераторів серії ГТ ?
2. Які види приводу синхронних генераторів застосовують на повітряних суднах ?
3. У чому полягають принципи автоматичного регулювання напруги і частоти синхронних генераторів ?
4. Які вимірювальні елементи застосовують у блоках регулювання напруги і частоти ?
5. У чому полягає принцип статичної стійкості системи привід-генератор ?

Паралельна робота синхронних генераторів

Вимоги до синхронних генераторів за точністю розподілу навантажень при паралельній роботі. Методи вирівнювання навантажень паралельно працюючих генераторів. Схеми виділення сигналів, пропорційних активному і реактивному навантаженню генераторів. Способи з'єднання урівнюючих ланцюгів для рівномірного розподілу активних і реактивних навантажень синхронних генераторів.

Методи синхронізації синхронних генераторів. Динамічні характеристики системи паралельної роботи синхронних генераторів.

Література: [1, с. 94]; [2, с. 95]; [3, с. 128]; [8, с. 86].

Методичні вказівки

Під час вивчення матеріалу теми необхідно уяснити вимоги до паралельного включення синхронних генераторів на рівномірне навантаження. При цьому варто звернути увагу на електричні схеми виміру активної і реактивної потужності і схемні рішення синхронізаторів.

Запитання для самоперевірки

1. Чим відрізняються умови паралельної роботи синхронних генераторів від умов паралельної роботи генераторів постійного струму ?
2. Чому вимірник реактивної потужності впливає на обмотку збудження, а вимірник активної потужності на привід постійної частоти обертання ?
3. У чому полягає метод синхронізації ?
4. Якими засобами досягається рівномірний розподіл активних і реактивних потужностей ?

Керування і захист авіаційних синхронних генераторів

Вимоги до систем керування і захисту. Елементи системи керування і захисту синхронних генераторів.

Аварійні режими синхронних генераторів і їхня класифікація. Максимально-струмовий релейний захист синхронних генераторів. Подовжній і поперечний диференційно-струмовий захист.

Захист від зниження і підвищення частоти. Принцип побудови систем захисту і керування генераторами, увімкнених на паралельну роботу. Схеми керування і захисту генераторів змінного струму нестабільної частоти. Побудова захисту синхронних генераторів на логічних елементах.

Література: [1, с. 114]; [2, с. 198]; [3, с. 134]; [8, с. 112]; [10, с. 93].

Методичні вказівки

Під час вивчення матеріалу теми варто звернути увагу на схемні рішення систем керування і захисту синхронних генераторів, проаналізувати принцип побудови захисту енерговузлів при роздільній і паралельній роботі. Звернути увагу на принцип побудови систем керування і захисту на логічних елементах.

Запитання для самоперевірки

1. Як здійснюється керування синхронними генераторами ?
2. У чому полягає принцип захисту синхронних генераторів від підвищення або зниження напруги ?
3. Які несправності в енерговузлах мають небезпечні наслідки ?
4. Які основні елементи захисту застосовано в енерговузлах змінного струму нестабільної частоти ?
5. У чому полягає принцип побудови захисту синхронних генераторів на логічних елементах ?

3. АВІАЦІЙНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ СТРУМУ І НАПРУГИ

Необхідність застосування перетворювачів електричної енергії. Типи перетворювачів і їхні основні характеристики. Електромашинні перетворювачі постійного струму в однофазний і трифазний змінний струм. Системи автоматичного регулювання напруги і частоти в електромашинних перетворювачах. Умови експлуатації.

Статичні перетворювачі постійного струму в змінний. Принцип побудови схем статичних перетворювачів.

Статичні перетворювачі змінного струму в постійний. Конструкція і принцип дії трансформаторно-випрямляючих пристроїв, їх характеристики. Робота трансформаторно-випрямляючих пристроїв під навантаженням. Принцип регулювання вихідної напруги трансформаторно-випрямляючих пристроїв. Паралельна робота трансформаторно-випрямляючих

пристроїв. Можливі несправності трансформаторно-випрямляючих пристроїв і засоби їхнього усунення.

Статичні перетворювачі змінного струму змінної частоти в змінний струм постійної частоти 400 Гц.

Література: : [2, с. 125]; [3, с. 210]; [8, с. 335]; [10, с. 118]; [7, с. 138].

Методичні вказівки

Під час вивчення матеріалу теми необхідно звернути увагу на різноманіття перетворювачів електричної енергії на літальних апаратах. Варто з'ясувати принцип побудови електромашинних і статичних перетворювачів, вивчити принцип регулювання основних параметрів перетворювачів.

Необхідно акцентувати увагу на достоїнствах статичних перетворювачів, зупинитися на вивченні принципу дії перетворювачів типу ПО-750, ПТ-1000, ПТС-250 Ц, ТВУ-6 А.

Запитання для самоперевірки

1. У чому полягає принцип дії електромашинних перетворювачів ?
2. Як здійснюється принцип регулювання напруг і частоти електромашинних перетворювачів ?
3. У чому полягає принцип дії статичних перетворювачів постійного струму в змінний ?
4. У чому полягає принцип дії статичних перетворювачів змінного струму змінної частоти в змінний струм постійної частоти ?
5. У чому полягає принцип дії трансформаторно-випрямляючих пристроїв ?
6. Яка функція послідовної обмотки генератора в перетворювачі серії ПО-750 ?

4. РОЗПОДІЛ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТАХ

Літакові електричні мережі

Класифікація електричних мереж (по напрузі, по електричних параметрах, по передачі електричної енергії, по конфігурації).

Техніко-економічні вимоги до систем передачі і розподілу електричної енергії.

Конструктивні елементи електричних систем. Методи розрахунку електричних мереж (розрахунок на припустиму втрату напруги, розрахунок мережі на мінімум провідникового матеріалу). Типові режими роботи електричних мереж. Розрахунок струмів короткого замикання в електричних мережах.

Література: [1, с. 268]; [2, с. 237]; [3, с. 375]; [10, с. 245]; [4, с. 273].

Методичні вказівки

Вивчаючи методи розрахунку електричних мереж, необхідно звернути увагу на послідовність аналітичних виражень, що дозволяють робити розрахунки, усвідомити основні принципи побудови електричних мереж на літальних апаратах.

Варто також усвідомити принцип розрахунку електричних мереж при різних режимах роботи.

Запитання для самоперевірки

1. Які елементи входять у систему виробництва і розподілу електричної енергії ?
2. Які умови покладені в основу розрахунку електричних мереж ?
3. У чому полягають особливості розрахунку електричних мереж на мінімум провідникового матеріалу ?
4. У чому полягають особливості розрахунку електричних мереж, що живляться з двох сторін ?

5. Як розрахувати струм короткого замикання електричних мереж?

Комутаційна апаратура

Основні відомості. Конструктивне виконання контакторів і реле. Електромеханічні характеристики контакторів і реле. Комутаційна апаратура для ручного керування електричними ланцюгами (кнопки, вимикачі). Кінцеві і шляхові вимикачі і перемикачі. Запобіжники і їхні ампер-секундні характеристики. Реле часу. Особливості горіння і гасіння дуги змінного струму. Дугосигнальні пристрої. Безконтактна комутаційна апаратура.

Література: [1, с. 282]; [2, с. 257]; [4, с. 281].

Методичні вказівки

Під час вивчення матеріалу даного розділу необхідно звернути увагу на вибір захисної апаратури по ампер-секундних характеристиках і характеристиках споживачів. Важливо знати, як горіння електричної дуги між контактами впливає на термін роботи контакторів і реле.

Доцільно звернути увагу на переваги і недоліки контактної і безконтактної комутаційної апаратури.

Запитання для самоперевірки

1. Як проводиться вибір комутаційної і захисної апаратури ?
2. Як здійснюється вибір захисної апаратури для замкнутих електричних мереж ?
3. У чому полягає фізичний принцип горіння дуги між контактами, що розмикаються ?
4. Що забезпечують безконтактні апарати захисту і комутації ?
5. Які конструктивні відмінності безконтактних апаратів захисту і комутації для мереж постійного і змінного струму ?

5. КУРСОВА РОБОТА

Мета курсової роботи – закріплення знань, отриманих на лекціях та під час самостійного вивчення тем.

Завдання

Для розрахунку електричної мережі постійного струму заданої конфігурації необхідно:

1. Розрахувати перетин провідників для ділянок електромережі, провести вибір марки проводів.
2. Визначити місце розташування захисної апаратури споживачів і ділянок мережі.
3. Провести вибір типу захисного обладнання та його номіналів.
4. Провести підрахунок виграшу в масі електромережі при умові, що точність регулювання напруги генератора збільшиться на 3%.
5. Побудувати епюри струмів і падіння напруги на ділянках електромережі, виходячи з визначених раніше перетинів проводів.

Початкові дані для розрахунку подані в таблицях. Варіант вибирається за передостанньою цифрою номера залікової книжки.

Таблиця 5.1 Довжини ділянок електричної мережі

№ вар.	Довжина ділянки ℓ, м										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	2	4	5	3	1	3	3	1	11	2	4
1	1	3	4	2	2	7	4	2	10	3	3
2	3	5	2	7	3	6	5	2	9	4	4
3	4	4	3	6	4	2	7	7	8	5	3
4	1	5	1	3	7	8	3	5	7	4	1
5	5	1	6	2	1	3	2	4	6	3	7
6	6	7	5	4	2	4	8	3	5	2	6
7	1	5	3	5	6	5	2	1	4	1	5
8	2	3	2	4	5	4	7	2	3	3	4
9	7	3	2	4	6	3	6	3	1	2	2

Таблиця 5.2 Потужність споживачів електричної мережі

№ вар.	Потужність споживача Р, кВт										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	0,25	0,1	1,5	2,1	0,4	0,6	0,3	2,5	0,7	0,2	0,4
1	0,2	0,15	1,0	2,5	0,3	0,5	0,2	2,4	0,6	0,1	1,2
2	0,3	0,25	1,3	2,0	0,35	0,4	0,25	2,0	0,65	0,15	1,6
3	0,27	0,12	1,4	2,3	0,45	0,45	0,35	2,1	0,75	0,25	0,8
4	0,23	0,12	1,2	2,0	0,7	0,55	0,25	1,5	0, 6	0, 3	1,2
5	0,3	0,4	0,1	0,25	1,5	2,3	0,7	0,25	0,17	0,31	0,9
6	0,7	0,25	0,35	2,2	1,0	0,3	0,75	0,2	0,1	0,1	0,7
7	0,65	0,1	0,25	0,2	0,15	1,7	2,5	0,15	0,15	0,15	1,0
8	0,25	0,1	0,15	0,27	0,3	0,55	1,5	0,6	0,25	0,15	0,7
9	0,35	0,25	2,0	1,0	0,15	0,27	0,7	0,35	0,4	0,5	0,9

Таблиця 5.3 Коефіцієнт корисної дії споживачів електричної мережі

№ вар.	Коефіцієнт корисної дії споживача, η										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	0,9	0,75	0,6	0,65	0,8	0,6	0,8	0,85	0,75	0,9	0,7
1	0,8	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,85	0,75	0,6
2	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,9
3	0,6	0,6	0,65	0,75	0,75	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,65
4	0,75	0,7	0,85	0,8	0,9	0,9	0,65	0,75	0,7	0,8	0,8
5	0,7	0,75	0,65	0,85	0,75	0,65	0,7	0,75	0,8	0,8	0,65
6	0,8	0,75	0,6	0,65	0,7	0,7	0,65	0,75	0,75	0,8	0,6
7	0, 7	0, 8	0, 7	0,6	0, 7	0,75	0,8	0,85	0, 8	0,95	0,7
8	0,75	0,8	0,75	0,8	0,85	0,7	0,65	0,65	0,75	0,7	0,9
9	0,85	0,85	0,65	0,7	0,7	0,6	0,85	0,75	0,7	0,65	0,85

Примітка:

а) під час розрахунку вважати, що електромережа однопровідна;

б) перехідним опором контактів знехтувати;

в) розрахунок проводити з умови мінімуму ваги провідника;

г) вважати, що електромережа живиться постійним струмом напругою 28,5 ±5%В, а границі зміни напруги на клемах споживачів складають 27±10%В.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

На рис.1,а показана схема розімкненої, довільно розгалуженої мережі: розгалуження прикріплені до точок B та D; джерело електричної енергії прикріплено в точці A.

Необхідні дані для розрахунку: струми навантажень I_{KH}, довжина ділянок l_K і припустимі втрати напруги від джерела до всіх користувачів.

Розрахунок мережі складається з наступного. Вибирають одне з направлень за магістральне, зосередивши всі навантаження в точках цієї магістралі. Критерієм для вибору магістрального напрямку може бути або максимальна допустима втрата напруги $\Delta U_{D\max}$, або мінімум суми добутку струмів на ділянках на довжину ділянок ($\sum I_K\, l_K$) для вибраного напрямку.

Припустимо, що магістральним виявився напрямок ABCDEFG. При цьому початкова схема (рис.1,а) може бути перетворена на вид, що зображений на рис.1,б і розраховується як розімкнена мережа з декількома зосередженими навантаженнями. Розрахувавши перетини на ділянках магістралі, визначають втрати напруги від точки A до точок відгалуження B, D. Далі обчислюють допустимі втрати напруги на відгалуженнях. По знайдених значеннях втрат напруг розраховують перетин ділянок відгалужень (рис.1,в).

1. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ НА МІНІМУМ КОНСТРУКТИВНОЇ МАСИ

Потрібна потужність на користувачах

$$P_i' = \frac{P_i}{\eta_i},$$

де P_i - задана потужність *i*-го користувача; η_i - ККД *i*–го користувача

Номінальні струми в навантаженні (рис.1,а)

$$I_{Hi} = \frac{P_i^{'}}{U_H},$$

де U_H - номінальна напруга на клемах користувачів, яка дорівнює 27 В.

Струми на ділянках магістралі (рис.1,б)

$$I_{FG} = I_{4H};$$
$$I_{EF} = I_{3H} + I_{4H} = I_{3H} + I_{FG};$$
$$I_{DE} = I_{2H} + I_{EF};$$
$$I_{CD} = I_{9H} + I_{DE};$$
$$I_{BC} = I_{1H} + I_{CD};$$
$$I_{AB} = I_5 + I_6 + I_7 + I_8 + I_{BC}.$$

Діапазон зміни напруги генератора

$$\Delta U_{Г} = U_{Г\max} - U_{Г\min}.$$

Допустиме відхилення напруги на клемах користувачів

$$\Delta U_{П} = U_{П\max} - U_{П\min}.$$

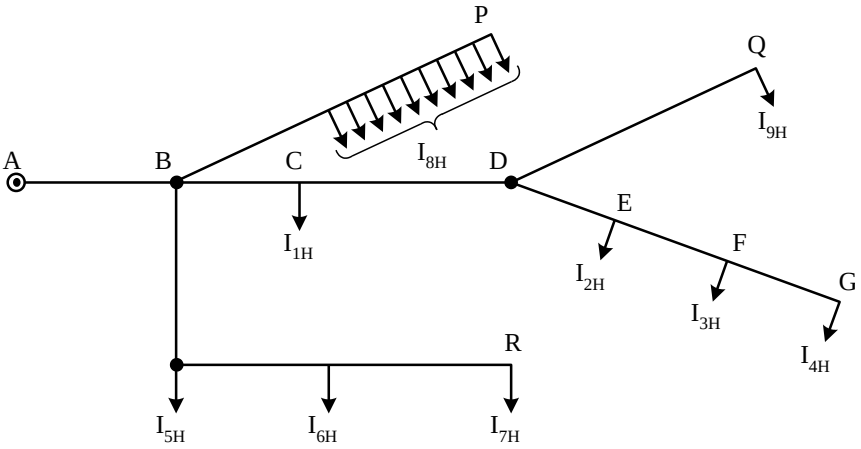
Допустимі втрати напруги в мережі

$$\Delta U_{Д} = \Delta U_{П} - \Delta U_{Г}.$$

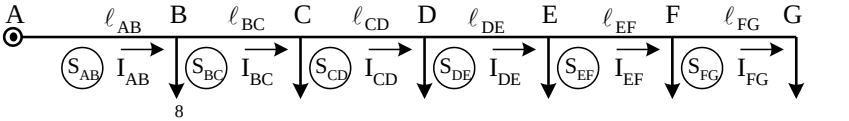
Визначення коефіцієнта α

$$\alpha = \frac{\sqrt{I_{AB}}}{\gamma_Э}\frac{l_{AB}}{\Delta U_Д} + \ldots + \frac{\sqrt{I_{FG}}}{\gamma_Э}\frac{l_{FG}}{\Delta U_Д}, \alpha = \frac{\sum_{i=1}^{n} l_i}{\gamma_Э}\frac{\sqrt{I_i}}{\Delta U_Д},$$

де $\gamma_Э$ - питома провідність, яка з урахуванням скрутки проводу береться $\gamma_Э$= (52,7…54) м/Ом мм^2 для міді і $\gamma_Э$= 30 м/Ом мм^2 для алюмінію.

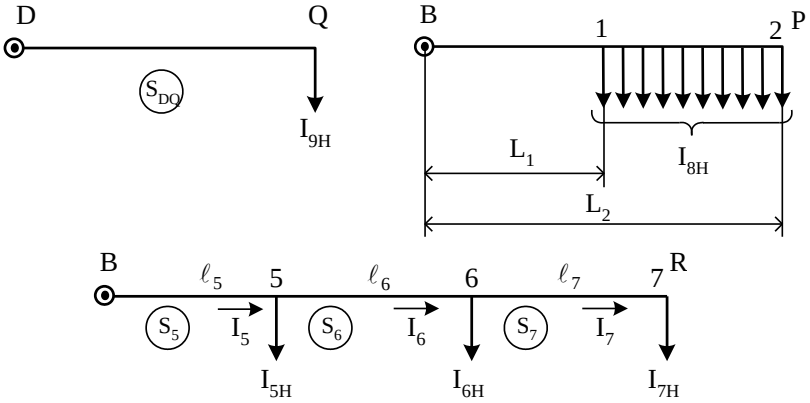


а



$$I_{BH} = \sum_{K=5}^{8} I_{KH} \quad I_{CH} = I_{1H} \quad I_{DH} = I_{9H} \quad I_{EH} = I_{2H} \quad I_{FH} = I_{3H} \quad I_{GH} = I_{4H}$$

б



в

Рис. 1

Визначення перетину ділянок магістралі

$$S_{AB} = \alpha\sqrt{I_{AB}}$$

$$\bullet$$

$$\bullet$$

$$\bullet$$

$$S_{FG} = \alpha\sqrt{I_{FG}}$$

$$S_i = \alpha\sqrt{I_i}\ .$$

Вибираються найближчі стандартні перетини ділянок магістралі [8; с.112, табл.3.1] або[1; с.259, табл.11.1]

$$S'_{AB},...,S'_{FG}\ .$$

Визначається дійсна (фактична) втрата напруги на ділянках магістралі від пункту живлення до точок прикладення зосереджених навантажень:

$$\Delta U'_{AB} = \frac{I_{AB}}{\gamma_Э}\frac{l_{AB}}{S'_{AB}}; \qquad \Delta U'_{AE} = \Delta U'_{AD} + \frac{I_{DE}}{\gamma_Э}\frac{l_{DE}}{S'_{DE}};$$

$$\Delta U'_{AC} = \Delta U'_{AB} + \frac{I_{BC}}{\gamma_Э}\frac{l_{BC}}{S'_{BC}}; \qquad \Delta U'_{AF} = \Delta U'_{AE} + \frac{I_{EF}}{\gamma_Э}\frac{l_{EF}}{S'_{EF}};$$

$$\Delta U'_{AD} = \Delta U'_{AC} + \frac{I_{CD}}{\gamma_Э}\frac{l_{CD}}{S'_{CD}}; \qquad \Delta U'_{AG} = \Delta U'_{AF} + \frac{I_{FG}}{\gamma_Э}\frac{l_{FG}}{S'_{FG}}.$$

Визначається допустима втрата напруги на відгалуженнях відносно вибраної магістралі

$$\Delta U_{DQ} = \Delta U_D - \Delta U'_{AD};$$

$$\Delta U_{BP} = \Delta U_D - \Delta U'_{AB};$$

$$\Delta U_{BR} = \Delta U_D - \Delta U'_{AB}.$$

Обчислюються перетини ділянок відгалужень.

Визначення перетину ділянки відгалуження із зосередженим навантаженням

$$S_{DQ} = \frac{I_{9H} l_{DQ}}{\gamma_Э \Delta U_{DQ}}.$$

Вибирається найближчий стандартний перетин S'_{DQ} ділянки [8; с.112, табл.3.1] або[1; с.259, табл.11.1].

Визначається дійсна (фактична) втрата напруги на ділянці DQ (рис.3)

$$\Delta U'_{DQ} = \frac{I_{9H} l_{DQ}}{\gamma_Э S'_{DQ}}.$$

Визначається перетин ділянки відгалуження з рівномірно розподіленим навантаженням

$$S_{BP} = \frac{I_{8H} l_{np}}{\gamma_Э \Delta U_{BP}},$$

де $lnp = L_1 + \frac{L_2 - L_1}{2}$ - приведена довжина лінії при рівномірному навантаженні.

Вибирається стандартний найближчий перетин S'_{BP} ділянки [8; с.112, табл.3.1] або[1; с.259, табл.11.1].

Визначається дійсна (фактична) втрата напруги на ділянці BP: $\Delta U'_{BP} = \frac{I_{8H} l_{np}}{\gamma_Э S'_{BP}}.$

Визначення перетину ділянки відгалуження з декількома зосередженими навантаженнями

Якщо обчислюється ділянка відгалуження на мінімум провідникового матеріалу, то шукаэться постійний коефіцієнт *C*.

$$C = \frac{\sqrt{I_5} l_5 + \sqrt{I_6} l_6 + \sqrt{I_7} l_7}{\gamma_Э \Delta U_{BR}},$$

де

$$I_7 = I_{7H};$$

$$I_6 = I_{6H} + I_{7H};$$

$$I_5 = I_{5H} + I_6.$$

перетини ділянок із зосередженими навантаженнями

$$S_5 = C\sqrt{I_5};$$

$$S_6 = C\sqrt{I_6};$$

$$\mathrm{S_7 = C\sqrt{I_7}}.$$

Вибираються найближчі стандартні перетини ділянок відгалужень S'_5, S'_6, S'_7 [8; с.112, табл.3.1] або[1; с.259, табл.11.1].

Визначається дійсна втрата напруги на ділянці BR

$$\Delta U'_{BR} = \frac{I_5 l_5}{\gamma_Э S'_5} + \frac{I_6 l_6}{\gamma_Э S'_6} + \frac{I_7 l_7}{\gamma_Э S'_7}.$$

Якщо перетин ділянок відгалуження по всій довжині однаковий, то

$$S_{BR} = \frac{I_5 l_5 + I_6 l_6 + I_7 l_7}{\gamma_Э \Delta U'_{BR}},$$

де

$$I_7 = I_{7H};$$

$$I_6 = I_{6H} + I_7;$$

$$I_5 = I_{5H} + I_6.$$

Вибирається найближчий стандартний перетин S'_{BR} [8; с.112, табл.3.1] або[1; с.259, табл.11.1].

Визначається дійсна втрата напруги на ділянці BR.

$$\Delta U'_{BR} = \frac{I_5 l_5 + I_6 l_6 + I_7 l_7}{\gamma_Э S'_{BR}}.$$

Проводиться перевірка умови, щоб при вибраних перетинах втрати напруги на всіх напрямках початкової мережі були не більше допустимих значень:

$$\Delta U'_{AP} \le \Delta U_{Д}, \quad \Delta U'_{AB} + \Delta U'_{BP} \le \Delta U_{Д},$$
$$\Delta U'_{AR} \le \Delta U_{Д}, \quad \Delta U'_{AB} + \Delta U'_{BR} \le \Delta U_{Д},$$
$$\Delta U'_{AQ} \le \Delta U_{Д}, \quad \Delta U'_{AD} + \Delta U'_{DQ} \le \Delta U_{Д},$$
$$\Delta U'_{AG} \le \Delta U_{Д}, \quad \Delta U'_{AD} + \Delta U'_{DG} \le \Delta U_{Д}.$$

2. Побудова епюр струмів і втрат напруги в мережі

Для побудови епюр використовуються дані про струми, довжину ділянок і втрати напруги. Побудова епюр виконується в масштабі для магістрального направлення (рис. 2) і для ділянок відгалужень (рис. 3, 4).

3. Вибір типів захисних пристроїв і їх номіналів

Апарати захисту вибирають по значенню і характеру струмового навантаження. Для мережі з відносно незмінним навантаженням номінальний струм апарата захисту повинен дорівнювати номінальному струму користувачів або мати найближче до нього значення.

$$I_{НА} \ge I_{Н.КОР.},$$

де $I_{Н.КОР.}$ - номінальний струм користувача.

Вибір апарата захисту виконується за графіком [8], рис. 2.3, 2.4, 2.5.

4. Розрахунок маси проводів

Початковими даними для розрахунку є перетини проводів S'_i і довжина ділянок l_i мережі. За таб. 3.1 [8] по відомому перетину знаходять розрахункову масу.

Маса провідників окремих ділянок $m_i = l_i$ ✕ (розрахункова маса, кг/км). Загальна маса

$$M = \sum_{з=1}^{9} m_з$$

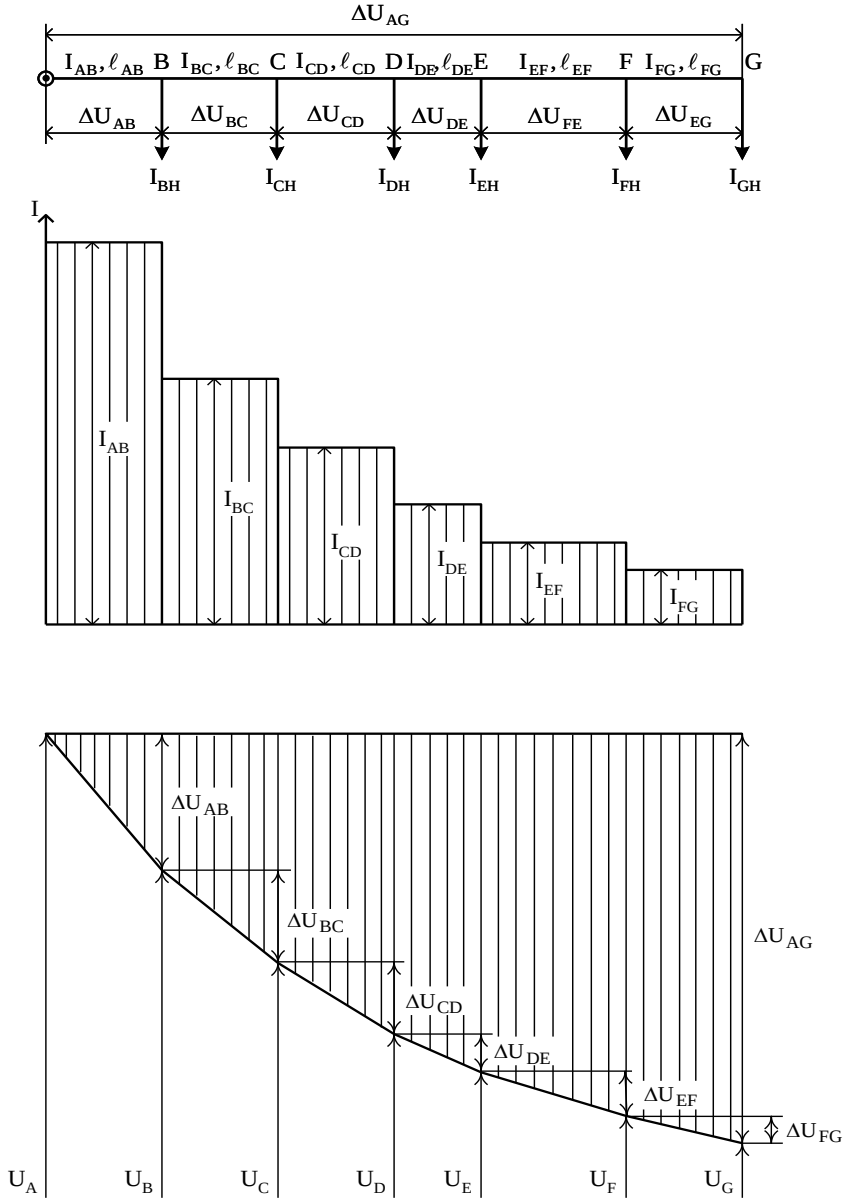

ΔU AG
I AB, ℓ AB B I BC, ℓ BC C I CD, ℓ CD D I DE, ℓ DE E I EF, ℓ EF F I FG, ℓ FG G
ΔU AB
ΔU BC
ΔU CD
ΔU DE
ΔU FE
ΔU EG
I BH
I CH
I DH
I EH
I FH
I GH
I
I AB
I BC
I CD
I DE
I EF
I FG
ΔU AB
ΔU BC
ΔU CD
ΔU DE
ΔU EF
ΔU FG
ΔU AG
U A
U B
U C
U D
U E
U F
U G

Рис. 2

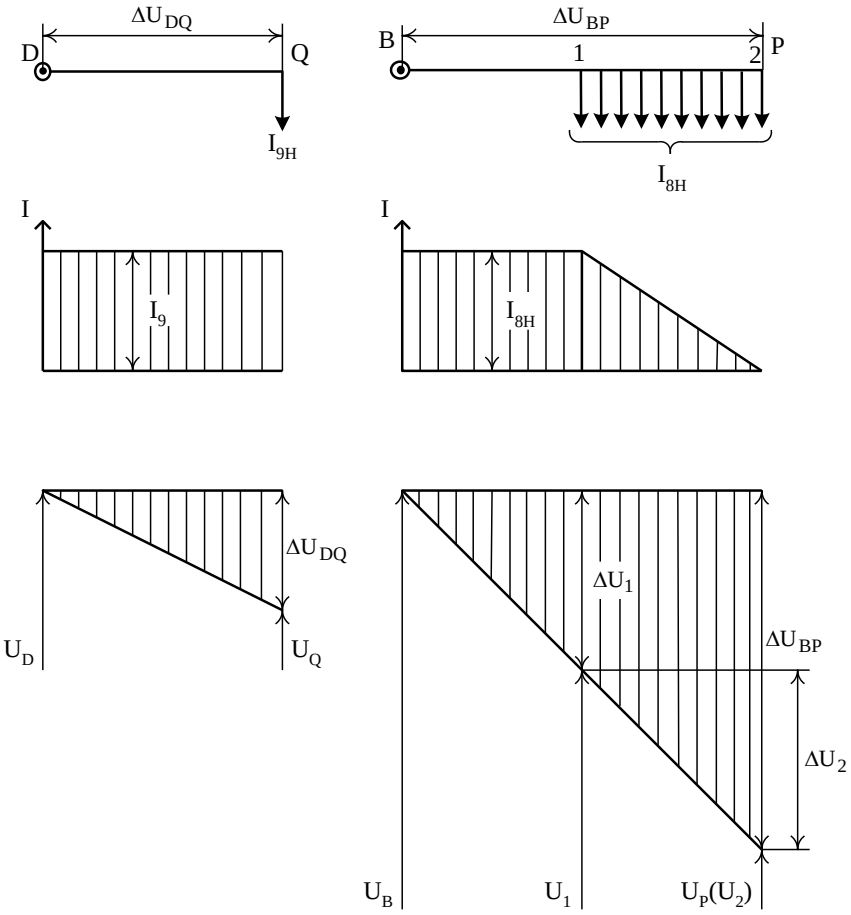

ΔU DQ
D
Q
I 9H
ΔU BP
B
1
2
P
I 8H
I
I 9
I
I 8H
ΔU DQ
U D
U Q
ΔU 1
ΔU BP
ΔU 2
U B
U 1
U P(U 2)

Рис. 3

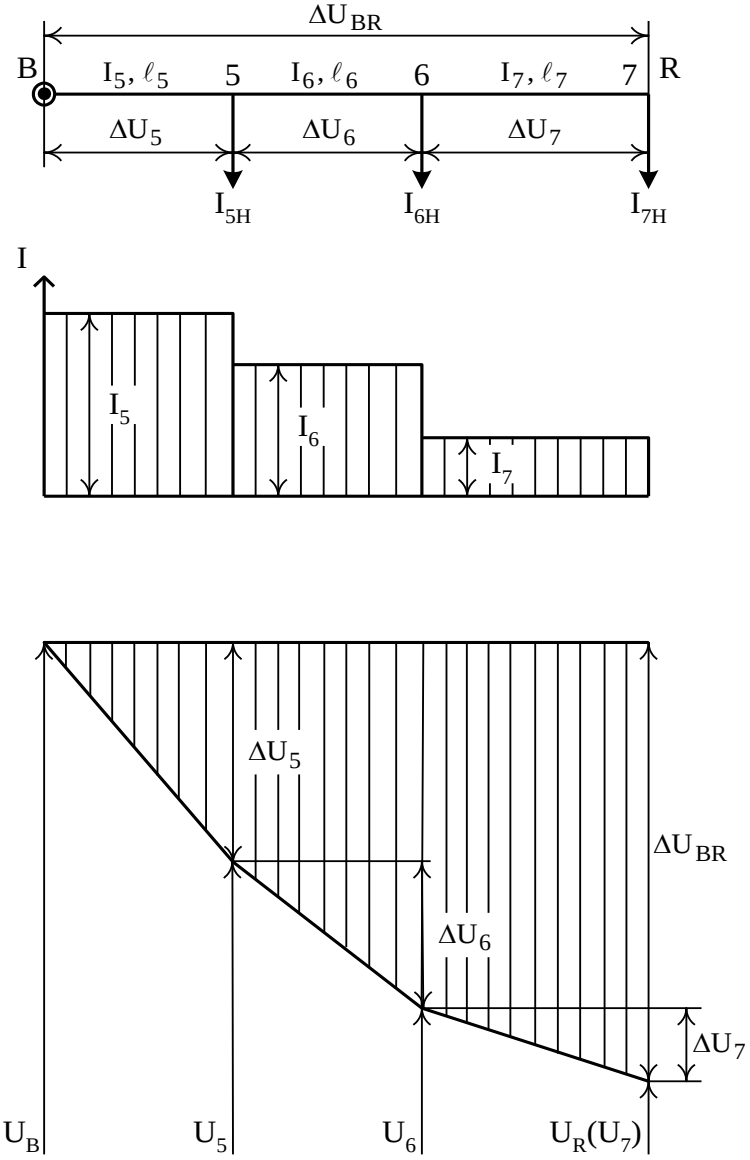

ΔU BR
B
I5, ℓ5
5
I6, ℓ6
6
I7, ℓ7
7
R
ΔU5
ΔU6
ΔU7
I5H
I6H
I7H
I
I5
I6
I7
ΔU5
ΔU BR
ΔU6
ΔU7
UB
U5
U6
UR(U7)

Рис. 4

ВАРІАНТИ КОНФІГУРАЦІЇ МЕРЕЖІ

Варіант вибирається за останньою цифрою номера залікової книжки.

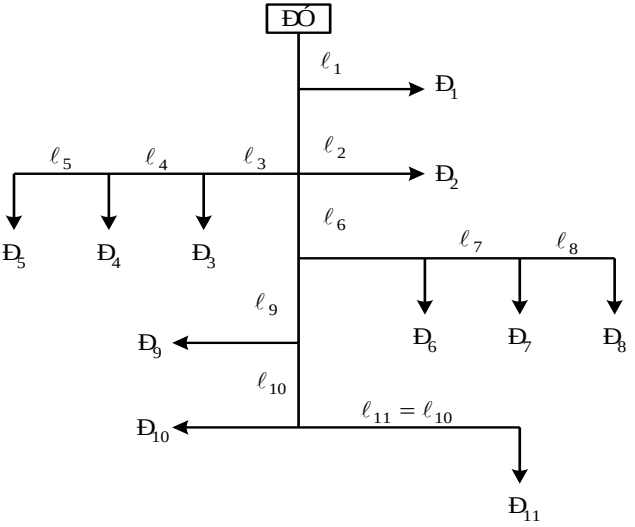


Схема 0

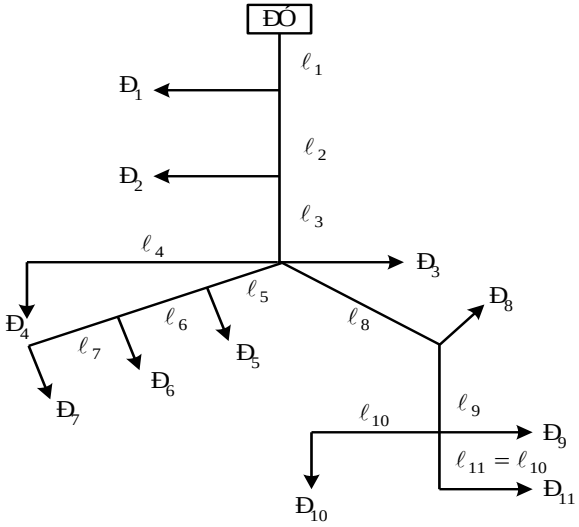


Схема 1

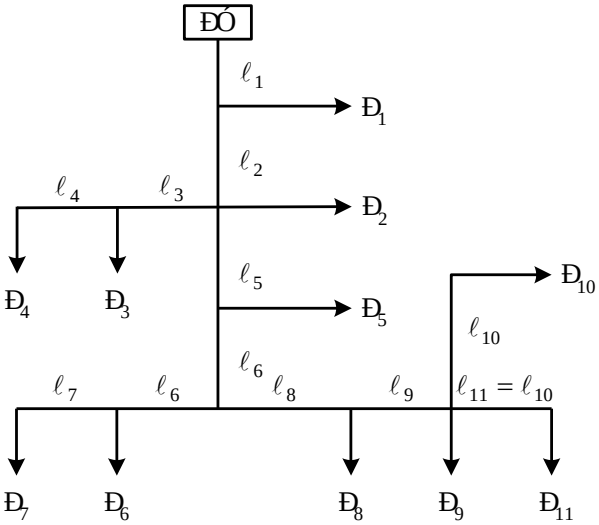


Схема 2

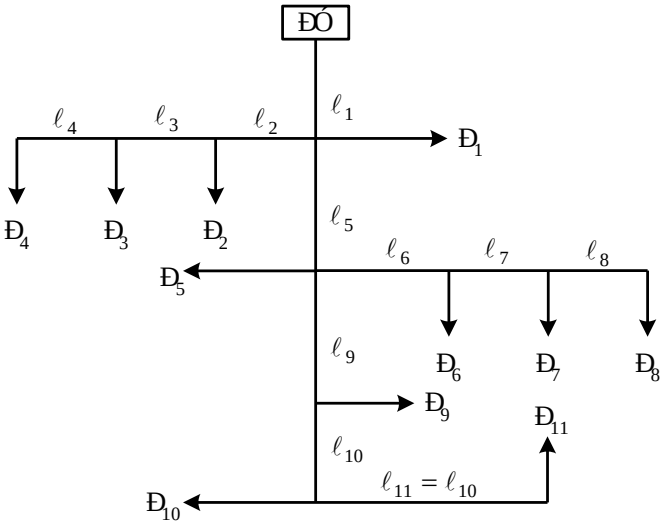


Схема 3

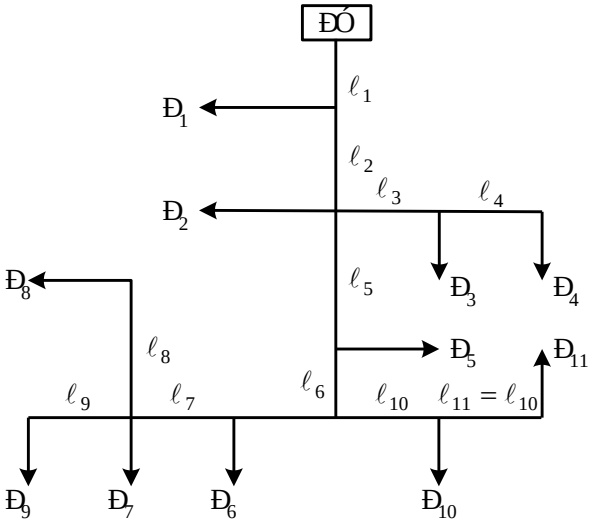


Схема 4

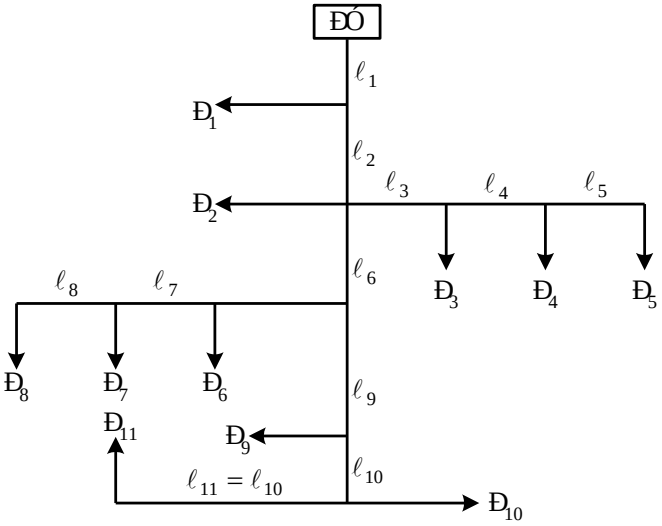


Схема 5

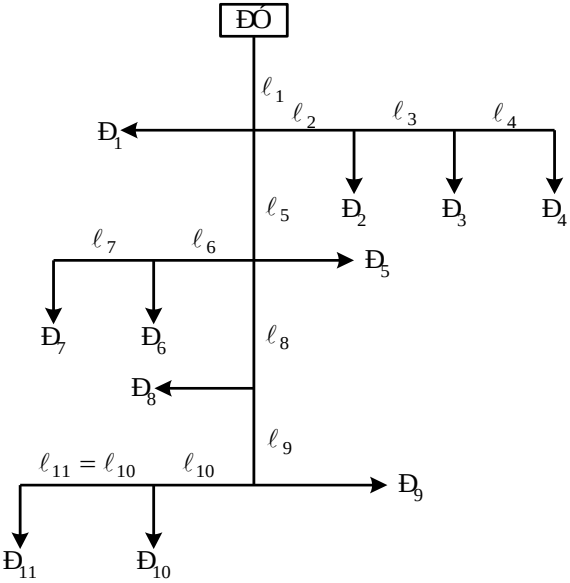


Схема 6

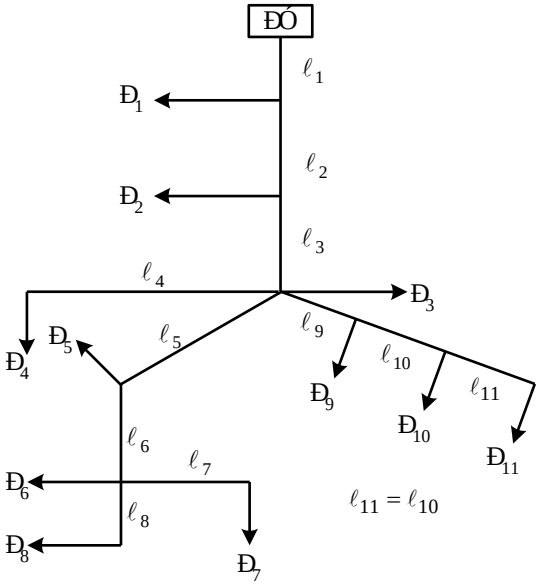


Схема 7

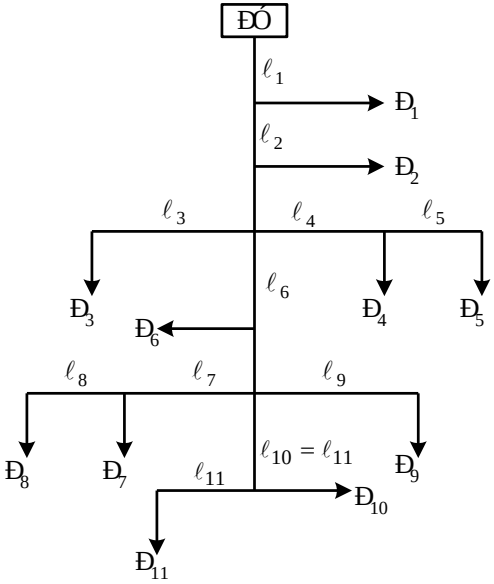


Схема 8

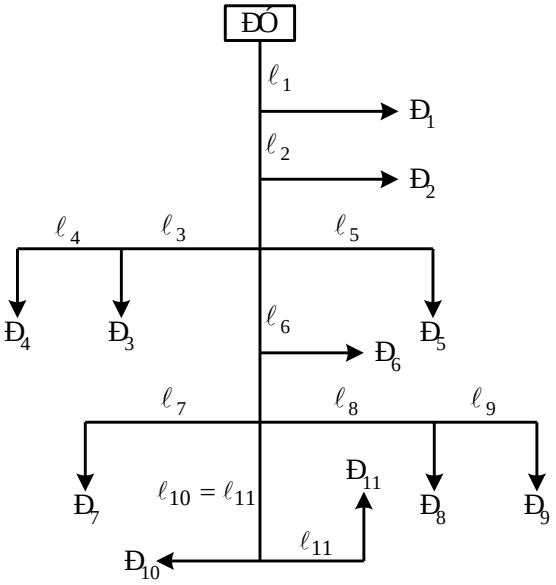


Схема 9

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

Основний

1. ЛУКИН И.И., ЛЮБИМОВ В.В. Системы электроснабжения самолетов и вертолетов. – М.: Транспорт, 1970. – 360 с.

2. СИНДЕЕВ И.М., САВЕЛОВ А.А. Системы электроснабжения воздушных судов. – М.: Транспорт, 1990. – 296 с.

3. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ летательных аппаратов / Под ред. Н.Т. Коробана. – М.: Машиностроение, 1967. – 412 с.

4. САПИРО Д.Н. Электрооборудование самолетов. – М.: Машиностроение, 1977. – 421с.

5. ГОСТ 19705-89. Требования к качеству электрической энергии на воздушных суднах. – Введ. 0I.0I.89.

6. ЗАХАРЧЕНКО В.А., ПАНОВ В.И. Оценка динамических свойств авиационных энергоузлов с применением вычислительной техники. Конспект лекций. – К.: КИИГА, 1984. – 36 с.

7. АЛДОШИН А.И., ЛУКИН И.И. Лабораторный практикум по курсу “Электроснабжение летательных аппаратов”. – К.: КИИГА, 1971. – 168 с.

Додатковий

8. ВЛАСОВ Г.Д. Проектирование систем электроснабжения летательных аппаратов.– М.: Машиностроение. 1967. – 412с.

9. МОРОЗОВСКИЙ В.Т., СИНДЕЕВ И.М., РУНОВ К.Д. Системы электроснабжения летательных аппаратов. – М.: Машиностроение. 1973. – 420с.

10. ГУТОВСКИЙ М.В. Помощь в проектировании и расчетах элементов и систем авиационного электрооборудования. – М.: Оборонгиз, 1961. – 267 с.

ЗМІСТ

Загальні методичні вказівки	3
Вступ. Загальні питання електропостачання літальних апаратів	4
1. Виробництво електроенергії постійного струму	5
2. Виробництво електроенергії змінного струму на літальних апаратах	10
3. Авіаційні перетворювачі струму і напруги	13
4. Розподіл електричної енергії на літальних апаратах	15
5. Курсова робота	17
Список літератури	34