

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання лабораторних робіт
із навчальних дисциплін

«ЕЛЕКТРИЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ»

та

«ЕЛЕКТРИЧНЕ ОБЛАДНАННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ»

*(для студентів усіх форм навчання освітнього рівня «бакалавр»
за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка, освітня програма «Електромеханіка»)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2020

Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт із навчальних дисциплін «Електричне обладнання транспортних засобів» та «Електричне обладнання рухомого складу» (для студентів усіх форм навчання освітнього рівня «бакалавр» за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, освітня програма «Електромеханіка») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : С. О. Закурдай, І. О. Костенко. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. – 121 с.

Укладачі: канд. техн. наук, доц. С. О. Закурдай,
асист. І. О. Костенко

Рецензент

О. В. Донець, кандидат технічних наук, доцент кафедри електричного транспорту Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

*Рекомендовано кафедрою електричного транспорту, протокол № 1
від 28 серпня 2018 р.*

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ПРО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ.....	4
ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ТА ПРОТИПОЖЕЖНІ ЗАХОДИ.....	5
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1.....	7
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2.....	14
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3.....	26
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4.....	36
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5.....	46
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6.....	57
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7.....	59
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8.....	71
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9.....	75
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 10.....	88
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 11.....	104

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ПРО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Мета лабораторних робіт – поглибити та закріпити теоретичні знання, які отримують студенти на лекціях, ознайомитись зі складом електрообладнання, принциповими схемами, розташуванням електрообладнання, навчитися перевіряти функціонування схем, досліджувати електричні схеми роботи систем керування транспортних засобів у різних режимах (підготовка до роботи, пуск, гальмування), визначати несправності і знати способи їх усунення.

Досягнення цієї мети визначається підготовкою робочих місць та організацією проведення лабораторних робіт.

Робочим місцем для проведення лабораторних робіт є спеціальні стенди, що містять електрообладнання транспортних засобів, які підготовлені до роботи при зниженій напрузі. Робочі місця обладнані плакатами принципових схем, таблицями номінальних та припустимих значень параметрів, правилами техніки безпеки.

Тривалість однієї лабораторної роботи – 2 години.

Для виконання лабораторних робіт студентів розподіляють на групи по 4-5 осіб, одного з них призначають старшим.

Перед початком занять викладач знайомить студентів з порядком зміни робочих місць, загальною організацією проведення та оформлення робіт, основними правилами техніки безпеки. Особлива увага звертається на підготовку студентів до занять, перевірку знання принципових схем, які вони будуть досліджувати. Студенти повинні дома готуватися до лабораторної роботи, уявити мету та завдання її проведення, ознайомитися з літературою.

При виконанні лабораторних робіт рекомендується штучно створювати пошкодження, які студенти повинні виявляти, відшукати причину, усунути її і правильно пояснити причини зміни того чи іншого режиму, а також вказати ознаки, за якими можна виявити несправності.

У заключній частині виконання лабораторних робіт студенти оформлюють звіт, який повинен містити:

- найменування і мету роботи;
- найменування лабораторного стенда, на якому проводилась робота;
- схеми лабораторного стенда або його складових, які вивчались і досліджувались;
- опис лабораторного стенда або його складових, які вивчались і досліджувались;
- опис режимів роботи стенда та його складових;
- осцилограми з параметрами досліджень;
- висновки.

ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ТА ПРОТИПОЖЕЖНІ ЗАХОДИ

Перед початком лабораторних робіт студенти повинні пройти інструктаж з безпечних методів роботи і розписатися у спеціальному журналі. Перед проведенням кожної роботи студенти додатково проходять інструктаж на робочому місці, під час якого звертається увага на особливості охорони праці при виконанні конкретних лабораторних робіт.

Відповідно до інструктажу кожен студент повинен ознайомитися з технологією виконання лабораторних робіт, організацією робочих місць, уявити наявність небезпечних зон, освоїти безпечні прийоми виконання тих чи інших операцій, ознайомитись зі схемами розташування електрообладнання у лабораторії і на робочому місці, встановленою апаратурою увімкнення-вимкнення, захисту і сигналізації.

Запускати двигуни, а також вмикати в роботу установки й прилади можна тільки з дозволу викладача, завідувача лабораторії або лаборанта. Перед пуском «двигун-генератора» у роботу потрібно встановити в нульові положення рукоятки апаратів управління.

Дії студентів однієї групи повинні строго узгоджуватися.

Дозволяється увімкнення електрообладнання тільки на одному лабораторному стенді.

При роботі з електричними й електронними приладами слід забезпечити їх електробезпеку та надійність. При виконанні лабораторних робіт не дозволяється працювати на несправному обладнанні, використовувати несправний інструмент.

Необхідно додержуватись запобіжних заходів при діагностиці електрообладнання і увімкнених джерелах живлення.

Забороняється залишати увімкненим електрообладнання навіть на короткий термін.

У приміщенні лабораторії категорично забороняється курити й використовувати відкритий вогонь.

Забороняється проводити будь-які роботи під час встановлених перерв.

У разі виникнення пожежі вогонь треба гасити за допомогою вогнегасника. При загорянні електропроводки потрібно спочатку вимкнути живлення, а потім гасити вогонь. Місцеве живлення лабораторних стендів вимикається встановленим на кожному стенді вимикачем *ВВЦ*, кнопками відключення, встановленими на розподільних щитках *ЯУ1*, *ЯУ2*, а загальне живлення лабораторних стендів вимикається автоматом *SF*, встановленим на розподільному пристрої *РП*.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

СХЕМА ДИСТАНЦІЙНОГО УПРАВЛІННЯ РОЗПОДІЛОМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ СТЕНДІВ

МЕТА РОБОТИ: отримати практичні навички з організації дистанційного управління та розподілу електропостачання в лабораторії «Електричне обладнання транспортних засобів».

ЗМІСТ РОБОТИ

1. Ознайомитися з розташуванням та складом лабораторних стендів, які містять електрообладнання транспортних засобів і пристосовані для живлення зниженою напругою.
2. Вивчити схему дистанційного управління розподілом електропостачання лабораторних стендів.
3. Вивчити розташування джерел вводу й розподілу електричної енергії, розташування дистанційних апаратів управління, контроль стану і захист споживачів.
4. Скласти звіт.

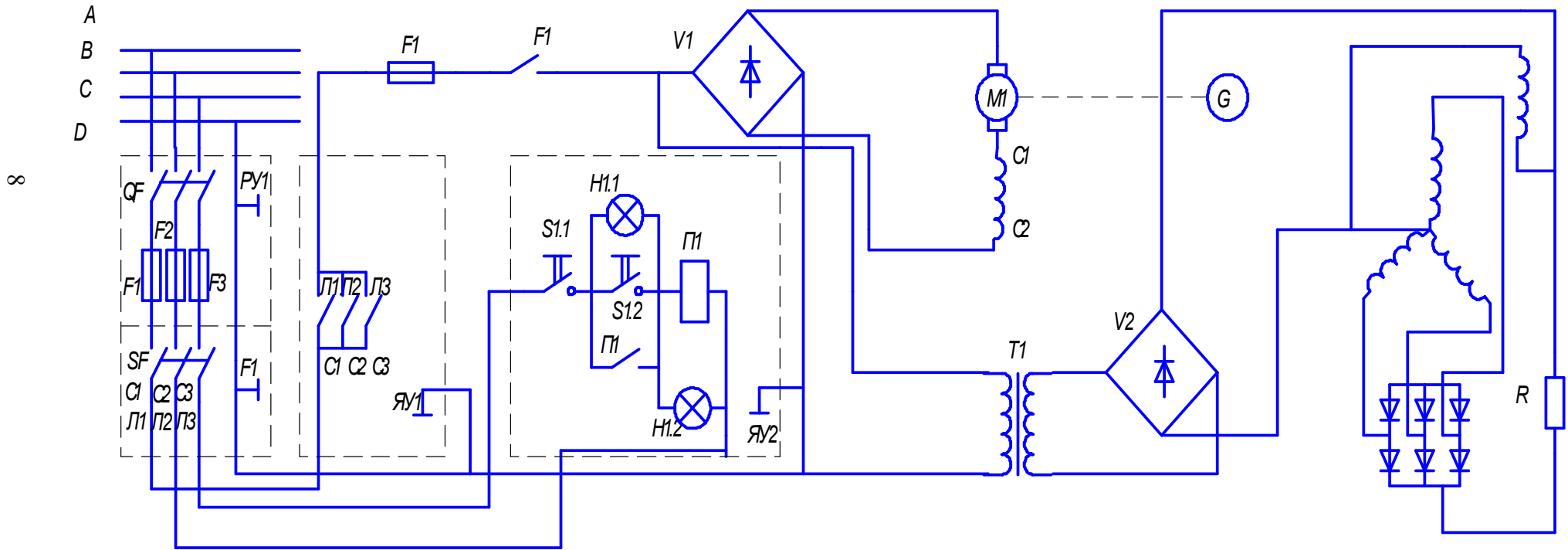


Рисунок 1.1 – Схема підключення до споживачів

Загальні відомості про систему розподілу електричної енергії в лабораторії

Системою розподілу електричної енергії є сукупність пристроїв, що передають електричну енергію від системи генерування до споживачів.

Елементами системи розподілу електричної енергії є електрична мережа (дроти, шини, комутаційна апаратура, апаратура захисту мережі, прилади контролю електричної енергії (вольтметри, амперметри), монтажні-установочне обладнання (розподільні пристрої та т.п.)).

У лабораторії «Електричне обладнання транспортних засобів» рухомого складу електрична енергія від розподільного пристрою *РП* спочатку підводиться до місцевого розподільного пристрою, а тоді через автоматичний вимикач *SF* типу *AE 2066* й проміжні розподільні пристрої *ЯУ1-ЯУ8* передається до лабораторних стендів, а підключення до споживачів виконується через місцеві комутуючі та захисні апарати (див. рис.1.1). За способом підключення джерел система розподілу енергії в лабораторії є централізованою, тобто підключення джерел виконано згідно з рисунком 1.2.

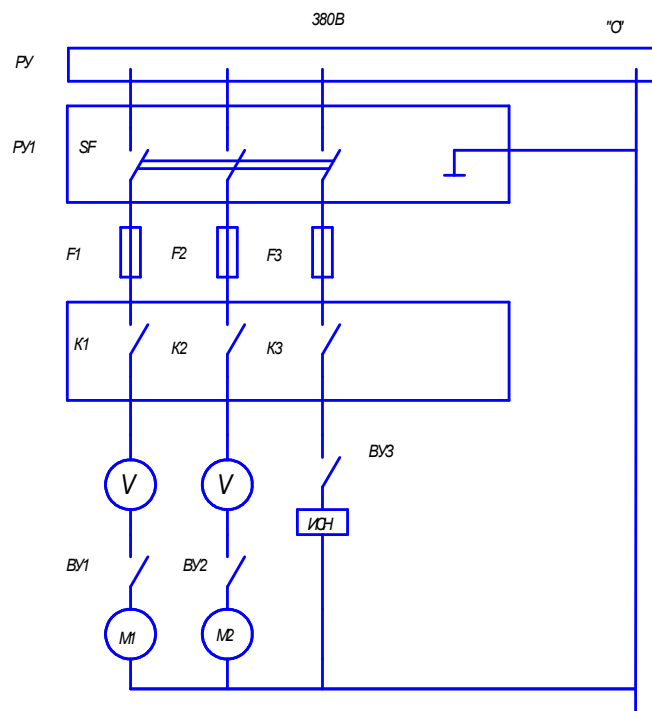


Рисунок 1.2 – Схема розподілу електроенергії в лабораторії «Електричне обладнання транспортних засобів»

В якості первинної системи електропостачання використовується трифазна мережа змінного струму напругою 380 В , $f = 50\text{Гц}$, у другорядній системі - мережа однофазного змінного струму 220В , яка через перетворювачі знижується до напруги постійного струму $U = 24\text{В}$ для живлення електрообладнання, встановленого на лабораторних стендах.

Технічне використання мережі характеризується способом з'єднання з корпусом. У лабораторії використана трифазна мережа з нейтралею, яка з'єднана з металевим корпусом, що дозволяє підключати споживачів як на фазу, так і на лінійну напругу. Використання мережі однофазного струму, у якому в якості «мінусового» дроту використаний металевий корпус дозволило зменшити масу мережі та монтажного обладнання.

Електричні дроти згруповані у джгути, які прокладені у мурі, та виведені до розподільних пристроїв *ЯУ1-ЯУ8*.

Максимальний струмовий захист, який призначений для захисту первинної мережі при виникненні недопустимих перевантажень та коротких замикань, виконаний з використанням автомата *AE2066* $I_n = 50\text{А}$, відсічка $12 I_n$.

Для споживачів, увімкнення яких супроводжується перехідним процесом (джерела живлення власних потреб «двигун-генератор»), для захисту при виникненні недопустимих перевантажень використовуються запобіжники. При використанні в якості апарата захисту запобіжників, їх характеристики повинні задовольняти співвідношенню, $I_{HA} \geq I_{H3П}$, виходячи з пускового струму двигуна.

Опис схеми дистанційного управління розподілом електропостачання лабораторних стендів

Схема дистанційного управління розподілом електропостачання наведена на рисунку 1.1, згідно з якою підключення однофазного змінного струму до лабораторних стендів виконується магнітними пускачами, які встановлені у розподільних коробках *ЯУ1-ЯУ8*.

Дистанційне управління магнітними пускачами виконано за допомогою кнопок увімкнення *S1.2, S2.2, S3.2* і кнопок вимкнення *S1.1, S2.1, S3.1*, а контроль вимкненого й увімкненого стану магнітних пускачів виконано неоновими лампами *Н1.1 - Н3.1, Н1.2 - Н3.2*, встановлених в розподільних коробках *ЯУ1-ЯУ2*.

У кнопках увімкнення *S1.2-S1.3* використані замикаючі контакти, а в кнопках вимкнення *S1.1-S3.1* – розмикаючі. Згідно зі схемою (див. рис. 1.1) розмикаючий контакт кнопки *S1.1* увімкнене послідовно з замикаючим контактом *S1.2*, що забезпечує «дозвіл» увімкнення магнітного пускача при натисканні на кнопку *S1.2*, при цьому обмотка *III* пускача одержує живлення, а його замикаючий контакт *III* блокує кнопку *S1.2* при його відпусканні. Обмотка пускача *III* при відпусканні кнопки залишається увімкнутою, при цьому лампа *Н1.1* гасне, а лампа *Н1.2* засвічена. Силові контакти пускача *III*, з'єднані паралельно, через запобіжник підключають однофазне живлення до лабораторних стендів. Вимкнення живлення від стенда виконується натисканням на кнопку *S1.1*, яка розриває ланцюг живлення пускача, при цьому лампа *Н1.1* засвічена, а лампа *Н1.2* гасне.

ОБЛАДНАННЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ

- Розподільні щитки системи електропостачання лабораторії і схема їх підключення до лабораторних стендів.
- Дистанційні комутаційні апарати, які встановлені на розподільних щитках і лабораторних стендах.
- Прилади, що дозволяють перевірити подачу напруги до робочого місця.
- Джерела живлення власних потреб.
- «Двигун-генератор», джерело випрямленої напруги.

ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Перевірте початковий стан автоматичного вимикача, магнітних пускачів, вимикачів ланцюгів управління. При цьому автоматичний вимикач SF повинен знаходитись у положенні « O ». Усі сигнальні лампи на розподільних пристроях $ЯУ1$ - $ЯУ2$ виключені, що свідчить про відключений стан магнітних пускачів.

2. Натисніть автоматичний вимикач ланцюгів управління. При цьому автоматичний вимикач SF на розподільному пристрої $РП$ знаходиться у положенні « I ».

3. Натисніть кнопку $S1.2$ на розподільному пристрої $ЯУ2$, при цьому сигнальна лампа $Н1.1$ гасне, а лампа $Н1.2$ – засвічена. За вольтметром, який підключений до розетки на лабораторному стенді №1 перевірте надходження однофазної змінної напруги $U = 220V$.

4. Підключіть вольтметр до точок 5,6 клемника контактної панелі, що встановлено на лабораторному стенді №1.

5. Натисніть вимикач ланцюгів управління $ВВЦ$. Починає працювати джерело власних потреб, у точках 5,6 встановлюється напруга $U = 20-24 V$ за час $t = 2-5c$.

6. Відключіть вимикач $ВВЦ$.

7. Відключіть кнопку $S3.2$ на розподільному пристрої $ЯУ2$, при цьому лампа $Н1.2$ гасне, а лампа $Н1.1$ засвічена.

8. Натисніть кнопку $S3.2$ на розподільному пристрої $ЯУ1$, при цьому сигнальна лампа $Н3.1$ гасне, а лампа $Н3.2$ – засвічена. За вольтметром, який підключено до розетки на лабораторному стенді №3, перевірте надходження однофазної змінної напруги $U = 220 V$.

9. Підключіть вольтметр до об'єднаних контактів контролера водія KB та до точки « O » контакторної панелі.

10. Увімкніть вимикач ланцюгів управління *ВВЦ*, при цьому починає працювати джерело власних потреб і в точках підключення вольтметра, встановлюється напруга $U = 17-19 \text{ В}$ за час $t = 2-5 \text{ с}$.

11. Відключіть вимикач *ВВЦ*.

12. Натисніть кнопку *S3.1* на розподільному пристрої *ЯУ1*, при цьому лампа *НЗ.2* гасне, а лампа *НЗ.1* засвічена.

13. Вимкніть автоматичний вимикач *SF*.

ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Опис розподілу електропостачання та дистанційного управління його підключенням до одного з лабораторних стендів по вказівці викладача.
2. Схема дистанційного підключення напруги до вказаного лабораторного стенду.
3. Технічні характеристики системи живлення.

ЗАПИТАННЯ ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ №1

1. Що є системою розподілу електричної енергії?
2. Що використовується в якості первинної системи електропостачання?
3. Що використовується в якості другорядної системи?
4. Що собою уявляє дистанційне управління?
5. Які технічні характеристики системи живлення мають лабораторні стенди?
6. Які елементи розподілу електричної енергії використані при підключенні напруги лабораторних стендів?
7. Які пристрої захисту використовуються в лабораторних стендах та як вибирають їх параметри?
8. Яке технічне виконання електричної мережі в лабораторії?
9. Як працює джерело живлення власних потреб лабораторного стенду, які його технічні данні?
10. Який порядок увімкнення джерела живлення лабораторних стендів?

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТІВ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

МЕТА РОБОТИ: вивчення електромагнітних механізмів конструкції електромагнітних контакторів і реле постійного струму, експериментальне визначення магнітних потоків у різних перерізах магнітопроводу і тягової характеристики.

ЗМІСТ РОБОТИ

1. Вивчити конструкцію електромагнітних реле і контакторів постійного струму клапаного типу.
2. Вивчити принципові електричні схеми випробування реле і контактора.
3. Експериментально визначити поточозчеплення в різних перерізах магнітопроводу за різних значень робочого повітряного зазору.
4. Зняти тягову характеристику електромагнітного контактора постійного струму.
5. Скласти звіт.

Загальні відомості про контактори та реле

Електромагнітні реле та контактори будуються на різних електромагнітних механізмах.

Електромагнітні механізми застосовують для приведення в дію багатьох апаратів. Конструкції електромагнітів – різноманітні. Вони можуть бути класифіковані:

- 1) за способом дії:
 - *що утримують* – для утримання тих або інших вантажів або деталей (наприклад, електромагнітні столи верстатів, електромагніти підйомних кранів і т. п.);
 - *що притягують* – здійснюють певну роботу, притягуючи свій якір.

2) способу включення:

- *паралельною котушкою* – струм у котушці визначають параметрами самого електромагніту і напругою мережі;

- *з послідовною котушкою*.

3) за родом струму:

- *постійного струму* – при паралельному включенні струм в котушці залежить від опору її обмотки і прикладеної напруги, електромагнітна система працює при постійній МДС;

- *змінного* – при паралельному включенні струм у котушці залежить від індуктивності системи.

4) за характером руху якоря:

- *поворотні* – якір повертається навколо якоїсь осі або опори;

- *пряморухові* – якір переміщається поступально.

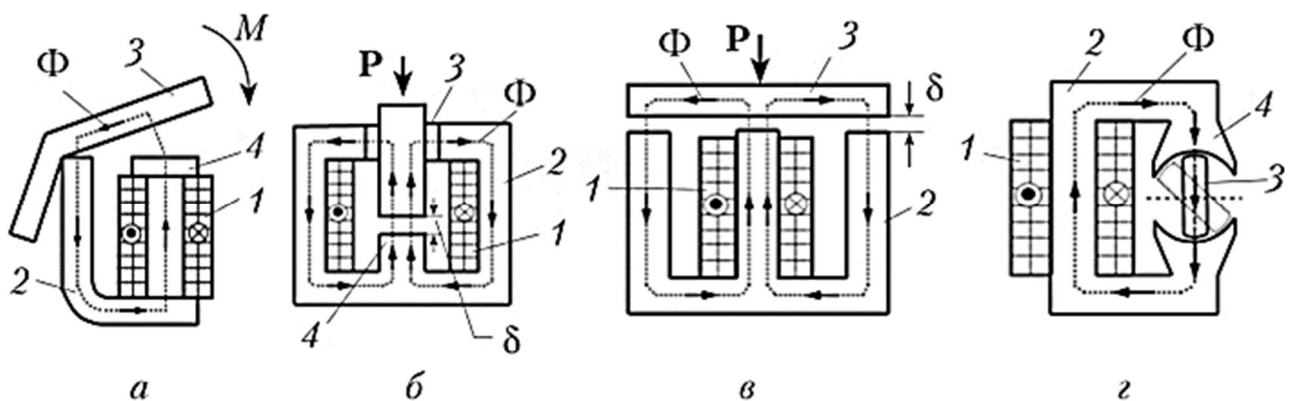


Рисунок 2.1 – Схеми електромагнітів: *а* – електромагніт клапанного типу з поворотним якорем; *б* – броньовий електромагніт із втягувальним якорем; *в* – електромагніт клапанного типу з поступальним рухом якоря (пряморуховий)

із Ш або П-образним осердям; *г* – електромагніт із поворотним якорем із С-подібним осердям; 1 – котушка; 2 – осердя (магнітопровід); 3 – якір;

4 – полюс осерді електромагніту

Усі представлені конструкції належать до електромеханічних перетворювачів електромагнітного типу, у яких діюча на якір сила або момент виникають через намагнічування в магнітному полі електромагніту, виконаного

з магнітом'якого матеріалу якоря. Осердя і полюса електромагнітів також виготовляються з магнітом'якого матеріалу.

Електромагніт клапанного типу з поворотнім якорем складається з котушки на П-подібному сердечнику. Якір закріплений на опорі обертання з одного боку сердечника. При включенні струму в котушці виникає момент, що повертає якір до полюса електромагніту. При виключенні струму якір повертається у вихідне положення поворотної пружиною (на малюнках не показана). Цей тип конструкції частіше використовується на постійному струмі.

Броньований електромагніт із втягувальним якорем складається з котушки, вміщеній всередину порожнього циліндричного осердя. Усередині котушки розміщені полюс електромагніту як продовження осердя (такий полюс іноді має назву «стоп») і рухливий стрижневий якір. Якір здійснює зворотно-поступові рухи. При включенні електромагніту він притягується до полюса, при відключенні – повертається у вихідне положення поворотної пружиною. Цей тип електромагніту дозволяє отримати великі за величиною питомі силові характеристики через менші в порівнянні з іншими конструкціями значень магнітних потоків розсіювання і переважно застосовується на постійному струмі.

Електромагніт клапанного типу з поступальним рухом якоря (пряморуховий) і з Ш або П-образним сердечником містить одну або кілька котушок, включених у такий спосіб, щоб отримати максимальний магнітний потік в якорі. Якір або у вигляді пластини, або Ш або П-подібний, але без котушок, йод дію магнітних сил і сили зворотної пружини здійснює зворотно-поступальний рух. Використовуються конструкції, де якір здійснює обертальний рух щодо окремо встановленої опори обертання. Конструкція відрізняється простотою виготовлення шихтованих сердечників і якоря, тому вона широко застосовується на змінному струмі.

Електромагніт із поворотним якорем і С-подібним осердям працює наступним чином. При включенні струму якір під дією моменту магнітних сил прагне встати в положення по напрямку ліній магнітної індукції, тобто вертикально. Якщо в початковому положенні якір знаходиться перпендикулярно лініям магнітної індукції, то з такого положення нестійкої рівноваги він може повернутися в будь-яку сторону. Тому вихідне положення, яке встановлюється поворотною пружиною з упором, вибирається з кутом, меншим 90° .

У розглянутих електромагнітах зміна напрямку струму в котушках не змінює напрямок діючої на якір сили. Управляти напрямком сили за допомогою зміни напрямку струму в котушках дозволяють конструкції поляризованих магнітних систем, у яких є два джерела магнітного поля: поляризований і керуючий. До простих типів поляризованих магнітних систем можна віднести магнітоелектричні і електродинамічні електромеханічні перетворювачі: Поляризоване джерело є некерованим. Це зазвичай постійний магніт або котушка з постійним струмом. Керуюче джерело – це котушки з струмом, перемикання напрямку струму в яких призводить до зміни напрямку сили.

Застосування постійного магніту дозволяє зафіксувати якір після спрацьовування, відключити котушку управління і не витрачати енергію у неробочий період. Поляризовані електромагніти також споживають меншу енергію на управління і мають більш високу швидкодію через менші електромагнітні постійних часу в порівнянні з неполяризована електромагнітами. Вони застосовуються для приводів високочутливих швидкодіючих реле, електромагнітних перетворювачів електричного сигналу в пропорційне кутове або лінійне переміщення, швидкодіючих автоматичних вимикачів, блокувальних пристроїв і т. п. Залежно від схеми конструкції поляризовані електромагніти діляться на послідовні, диференціальні і мостові. Кожна з цих схем має багато різновидів.

Під *механічною характеристикою* апарату розуміють залежність сумарної сили опору, протидіючої переміщенню рухомої системи, від ходу якоря. Сумарна сила опору складається з протидіючих сил контактних пружин, що відключають, ваги рухомої системи і сил тертя в підшипниках і шарнірах між рухомими деталями. При цьому протидіючі сили пружин і ваги завжди в один бік незалежно від напрямку переміщення якоря, сили тертя свій напрям залежно від напрямку руху якоря.

Характеристики звичайно, будують: для пряморухомих систем в осях «протидіюча сила P_n – робочий зазор δ », для поворотних магнітних систем в осях «протидіючий момент M_n — кут повороту α ».

Тягова характеристика $Q_m = f(\delta)$ (див. рис. 2.2.) – це залежність сили тяжіння електромагніту від зазору (відповідно залежність моменту тяжіння від кута повороту якоря). Рух якоря почнеться, коли електромагнітна сила тяжіння при $Q_m > P_n$ стане більше протидіючої. Для забезпечення чіткого і надійного включення апарату тягова характеристика повинна лежати вище за механічну і відповідати їй. Залежно від конструкції і роду струму електромагніту можуть бути одержані різного роду статичні тягові характеристики.

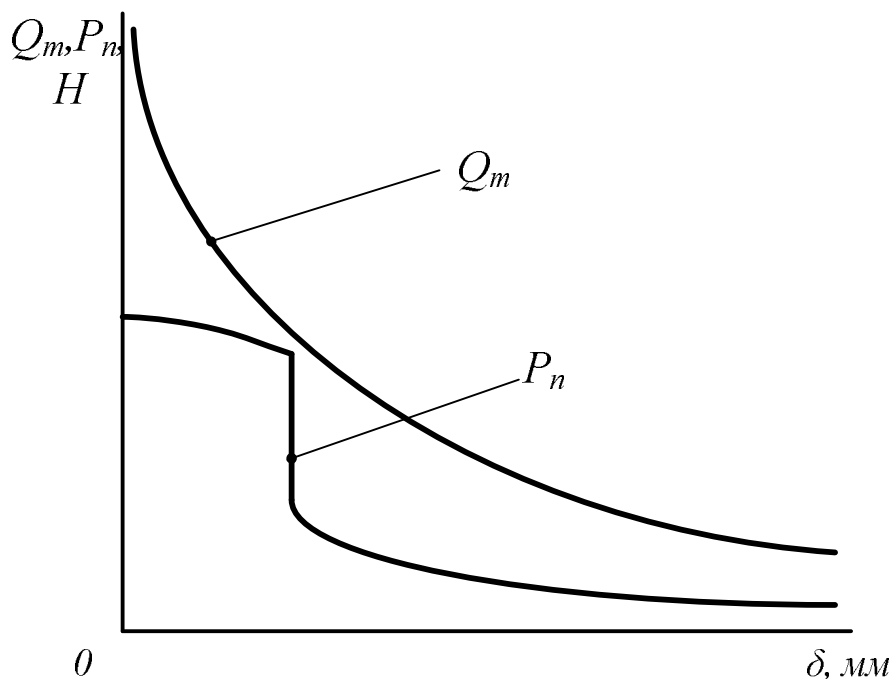


Рисунок 2.2 – Тягова $Q_m = f(\delta)$ протидіюча $P_n = f(\delta)$ характеристики електромагніту

Розташування котушки в магнітній системі робочого зазору в значній мірі визначає потік розсіювання. Таким чином, при даній МДС значення сили тяжіння електромагніту також залежить від розташування котушки в магнітній системі. Велика сила тяжіння виходить, коли робочий зазор розташований усередині котушки. При цьому котушка повинна бути зміщена в бік якоря.

Магнітний потік за довжиною магнітопроводу змінюється через наявність потоків розсіювання Φ_{σ} . Величина магнітного потоку Φ_{δ} (див. рис. 2.3), що проходить через робочий повітряний зазор, значно менша потоку в основі скоби.

Закон розподілу магнітного потоку за довжиною магнітопроводу можна виразити за формулою:

$$\Phi_x = \Phi_{\delta} \left[1 + \frac{q}{2lG_{\delta}} (l^2 - x^2) \right]. \quad (2.1)$$

де q – магнітна провідність потоків розсіювання на одиницю довжини магнітного кола, Гн/м;

G_{δ} – магнітна провідність робочого повітряного зазору, Гн;

l – довжина осердя, м.

Цей вираз потоку Φ_x одержано в припущенні, що магнітний опір зазору між осердям і основою скоби дорівнює нулю.

Зразкова крива розподілу потоку за довжиною осердя при $R_0=0$ наведена на рисунку 2.3, б. При R_0 , не рівному нулю, максимум потоку буде зсунутий трохи праворуч (див. рис. 2.3, в).

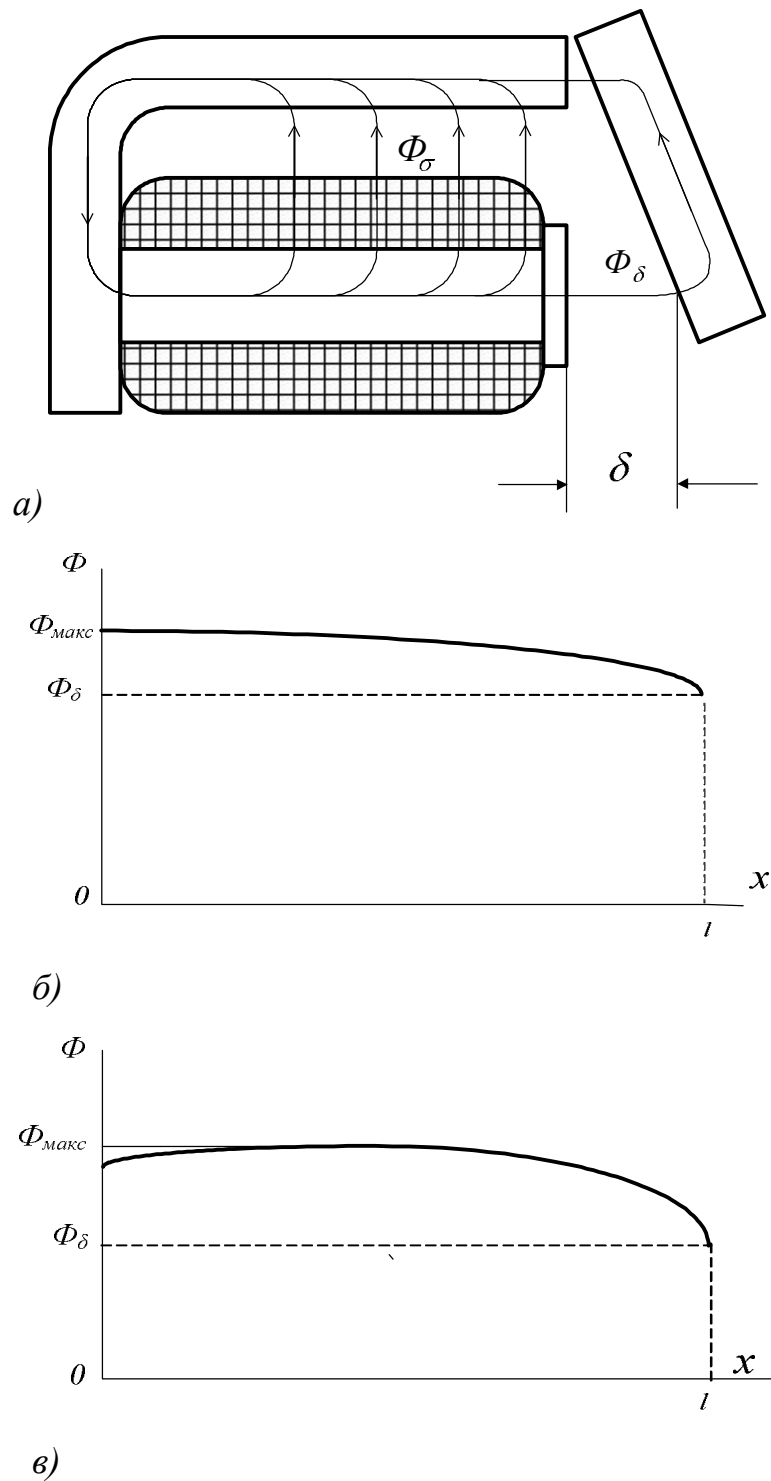


Рисунок 2.3 – Розподіл магнітного потоку за довжиною магнітопроводу

ОБЛАДНАННЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ

- Розподільні щитки системи електропостачання лабораторії і схема їх підключення до лабораторних стендів.

- Дистанційні комутаційні апарати, які встановлені на розподільних щитках і лабораторних стендах.

- Прилади, що дозволяють перевірити подачу напруги до робочого місця.

- Джерела живлення власних потреб.

Лабораторна установка для дослідження магнітних кіл складається з електромагнітного реле постійного струму клапанного типу, змонтованого на панелі. Живлення головної обмотки реле здійснюють від мережі постійного струму напругою 220 В. У різних перерізах магнітопроводу вкладені вимірювальні обмотки з числом витків $W=6$. Кінці обмоток виведені на панель установки.

Для зняття тягової характеристики, електромагнітний контактор змонтований на спеціальній основі (див. рис. 2.4). Кут повороту якоря (повітряний зазор) встановлюють за шкалою з допомогою спеціального гвинта.

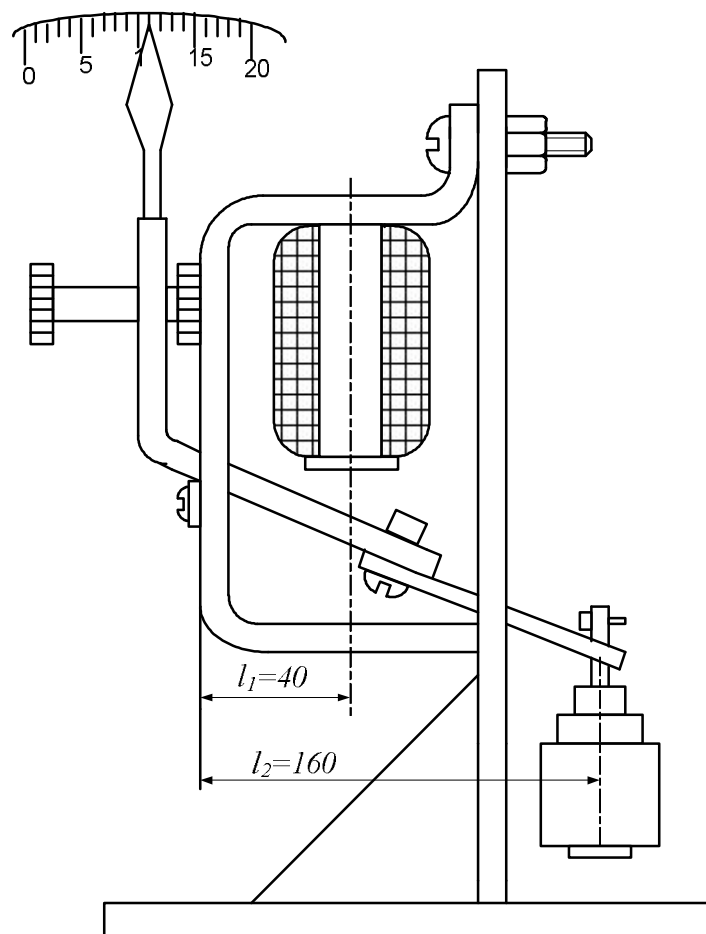


Рисунок 2.4 – Установка для зняття тягової характеристики

Обмотка контактора живиться постійним струмом напругою 220В. До роботи додаються гирі (спеціальні) різної ваги.

При протіканні струму намагнічуючою обмоткою контактора створюється магнітний потік, що обумовлює тягове зусилля, під дією якого рухома частина магнітопроводу (якір) переміщується до осердя. При переміщенні якоря буде змінюватися повітряний зазор, а отже, і магнітна провідність останнього. Це, в свою чергу, призведе до зміни магнітного потоку і тягового зусилля. В електромагнітах постійного струму тягове зусилля обернено пропорційне квадрату величини робочого зазору.

ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Дослідити розподіл магнітного потоку за довжиною магнітопроводу.
2. Вивчити конструкцію електромагнітного реле клапанного типу, ознайомитися з обладнанням робочого місця. Зібрати робочу схему дослідження магнітного кола (див. рис. 2.5).

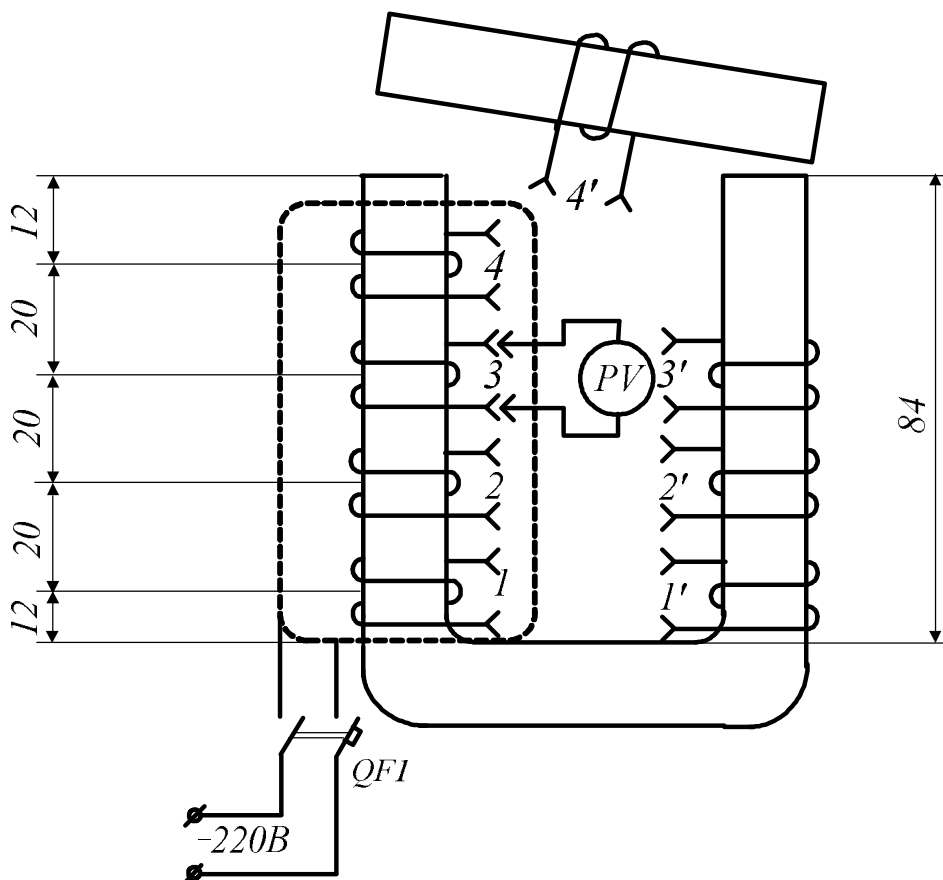


Рисунок 2.5 – Схема дослідження магнітного кола

3. Зробити вимірювання потокозчеплення в різних перерізах магнітопроводу. Для цього необхідно:

- зафіксувати положення якоря реле за допомогою гвинта, розташованого на хвостовій частині якоря (повітряний зазор, при якому проводиться дослід, задається викладачем);
- після перевірки схеми керівником, включити живлення і зробити вимір;
- аналогічно виміряти потокозчеплення в перерізах усіх вимірювальних обмоток.

4. Дослід повторити для другого робочого зазору, заданого викладачем. Результати занести до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Вимірювання потокозчеплення в різних перерізах магнітопроводу

№ вимірювальної		1	2	3	4	1'	2'	3'	4'
обмотки									
$\delta=\delta_1$	$e_i, мВ$								
	$*\psi_i, мВб$								
	$\Phi_i, мВб$								
$\delta=\delta_2$									
	$e_i, мВ$								
	$*\psi_i, мВб$								
	$\Phi_i, мВб$								

***Примітка:** При підключенні живлення до головної обмотки магнітний потік зміниться від нуля до деякого значення і у вимірювальній обмотці наведеться ЕРС. У цьому випадку потокозчеплення треба розрахувати: $\psi = K \cdot e$,

де e - електрорушійна сила, $мВ$;

K - коефіцієнт пропорційності, $K=4$.

5. Зняти тягову характеристику електромагнітного контактора.

6. Ознайомитися з обладнанням робочого місця.

7. Зібрати робочу схему (див. рис. 2.5) і виміряти тягове зусилля при різному положенні якоря. Для цього необхідно:

-установити максимальну вагу за допомогою спеціальних гирь і стрілку показчика зазору в середнє положення;

-після перевірки схеми викладачем включити живлення і, плавно зменшуючи зазор, за допомогою спеціального гвинта (див. рис. 2.4.) зафіксувати його, при цьому якір притягнеться до осердя. Одночасно зафіксувати вагу Q_T ;

- зменшити вагу, а зазор збільшити так, щоб якір при вмиканні живлення не притягувався до осердя, одночасно зафіксувати вагу вантажу;

- плавно зменшуючи зазор, зафіксувати його; коли якір притягнеться до осердя, одночасно зафіксувати вагу вантажу;

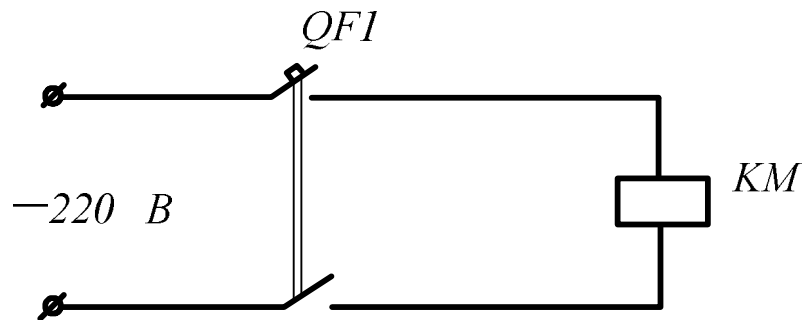


Рисунок 2.6 – Схема включення контактора

- аналогічні вимірювання зробити для 5–6 значень зазору, а результати занести до таблиці 2.2.

Таблиця 1.2 – Вимірювання тягового зусилля при різному положенні якоря

№ досліду	1	2	3	4	5	6
Величини, що вимірюються						
$\delta, \text{мм}$						
$Q_m, \text{Н}$						
$Q_m \text{ пр}, \text{Н}$						

Приведене тягове зусилля Q_T . пр. слід визначити за виразом:

$$Q_{m. np.} = \frac{l_2}{l_1} \cdot Q_m. \quad (2.2)$$

де $l_1 = 40$ мм, $l_2 = 160$ мм - відповідні плечі установки.

$$Q_m = m \cdot 9,81 \text{ (Н)},$$

де m – маса гир.

ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Ескіз контактора (рис. 2.4) і схему дослідження магнітного кола (рис. 2.5).
2. Таблиці 2.1 і 2.2, у яких наведені результати дослідів і розрахунки.
3. Графік залежності $\Phi = f(x)$ при двох положеннях якоря, що побудований за даними таблиці 2.1 окремо для осердя і скоби.
4. Графік залежності $Q_{m. np.} = f(\delta)$, що побудований за даними таблиці 2.2.
5. Аналіз отриманих результатів.

ЗАПИТАННЯ ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ №2

1. Класифікація електромагнітних механізмів за способом дії.
2. Класифікація електромагнітних механізмів за способом включення.
3. Класифікація електромагнітних механізмів за родом струму.
4. Класифікація електромагнітних механізмів за різновидом та за характером руху якоря ?
5. Що таке тягова і протидійна характеристики електромагніту?
6. Назвіть фактори, що впливають на величину і розподіл магнітних потоків розсіювання.
7. Яка конструктивна відмінність електромагнітів постійного і змінного струму?
8. Як залежить форма тягової характеристики від ступеня насичення сталі?
9. З яких елементів складається електромагніт?
10. Назвіть сфери використання електромагнітів.

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО РЕЛЕ ЧАСУ

МЕТА РОБОТИ: вивчення конструкції електромагнітного реле часу і дослідження впливу різних чинників на часові параметри реле.

ЗМІСТ РОБОТИ

1. Вивчити конструктивні й схемні способи зміни часових параметрів.
2. Вивчити принципову електричну схему випробування реле часу (див. рис. 3.1).

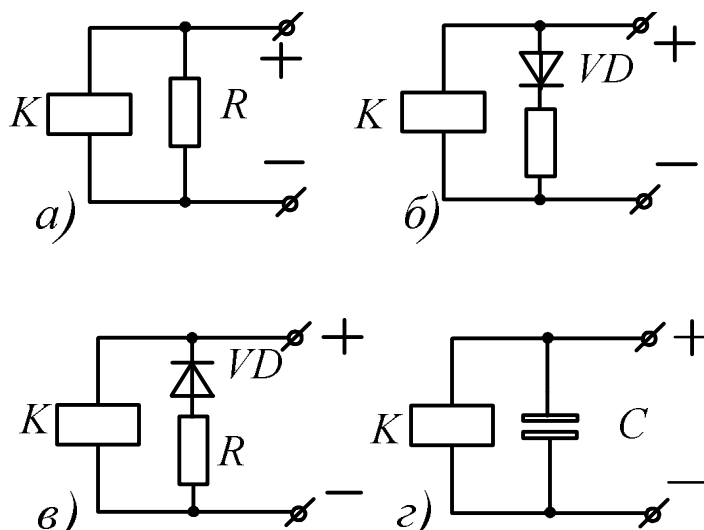


Рисунок 3.1 – Схема вмикання реле для уповільнення при відпусканні

3. Експериментально визначити вплив розміщення екрану схем вмикання намагнічуючої обмотки реле на час спрацьовування і час відпускання.
4. Скласти звіт.

ОБЛАДНАННЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ

Розподільні щитки системи електропостачання лабораторії і схема їх підключення до лабораторних стендів.

- Дистанційні комутаційні апарати, які встановлені на розподільних щитках і лабораторних стендах.
- Прилади, що дозволяють перевірити подачу напруги до робочого місця.

- Джерела живлення власних потреб.

Лабораторна установка складається з трьох електромагнітних реле постійного струму. На осерді реле $K1$ і $K2$ змонтовані демпферні шайби (екрани), причому в реле $K1$ екран установлений з боку основи скоби, а в реле $K2$ 1- з боку робочого зазору. Крім того, на установці змонтовані: конденсатор, резистор і напівпровідниковий діод для дослідження схемних способів виміру часових параметрів.

Витримку часу реле при спрацьовуванні й відпусканні вимірюють електросекундоміром типу $ПВ-53$, який підключають до мережі змінного струму напругою $220 В$. Живлення намагнічуючих обмоток реле здійснюють від джерела постійного струму через пакетний перемикач $S1$. Тому при проведенні досліду перемикач необхідно встановити у відповідне положення.

Динамічні властивості електромагнітів характерні двома часовими параметрами: часом спрацьовування $t_{сп}$ і часом відпускання $t_{відп}$. Запізнювання переміщення якоря стосовно зміни вхідного сигналу визначається, по-перше, електромагнітною інерцією кола обмотки електромагніту, що призводить до відставання струму в обмотці від прикладеної до неї напруги; по-друге, – механічною інерцією рухомих частин.

Реле часу являє собою автоматично діючий апарат, в якого замикання, розмикання або переключення контактів настає через деякий строго визначений час після подачі сигналу (напруга на обмотку реле). Реле часу є, по суті, проміжними реле, оскільки вони сприймають здебільшого сигнали у вигляді імпульсів електроенергії, а потім через деякий час чинять електричний вплив на інші апарати.

У схемах релейного захисту, де до витримки часу ставляться більш високі вимоги, звичайно застосовують реле часу з годинниковим механізмом.

Для зміни часових параметрів електромагнітів існують конструктивні й схемні способи. З конструктивних способів найбільш широко використовують електромагнітні демпфери (екрани), годинникові механізми і пневматичні сповільнювачі.

Для зменшення часу відпускання додатково збільшують кінцеве значення робочого повітряного зазору з тим, щоб зменшити тягове зусилля в притягнутому положенні якоря. З цією метою в магнітне коло вводять спеціальні немагнітні прокладки, які закріплюють на осерді або якорі в робочому повітряному зазорі. Крім цього, немагнітні прокладки застосовують для виключення так названого “залипання” якоря. Останнє полягає в тому, що якорі навіть після відключення котушки залишається притягнутим до осердя під дією залишкової намагніченості магнітопроводу. Тому немагнітні прокладки іноді називають штифтами відлипання.

Збільшення t_{cnp} та $t_{відн}$ введенням короткозамкнутої обмотки (екрану) пояснюють тим, що ця обмотка сповільнює зміну магнітного потоку, утворює головна обмотка. Така гальмуюча дія короткозамкнутої обмотки визначається законом електромагнітної індукції, за яким будь – яка зміна магнітного поля, що зчеплюється з обмоткою, наводить у ній ЕРС, струм від якої, у свою чергу, створює магнітний потік, який спрямований так, що він прагне без зміни зберегти результуючий магнітний потік, який пронизує цю обмотку.

На рисунку 3.2 зображені криві наростання магнітного потоку при вмиканні обмотки реле з короткозамкнутою обмоткою (крива 2) і без неї (крива 1).

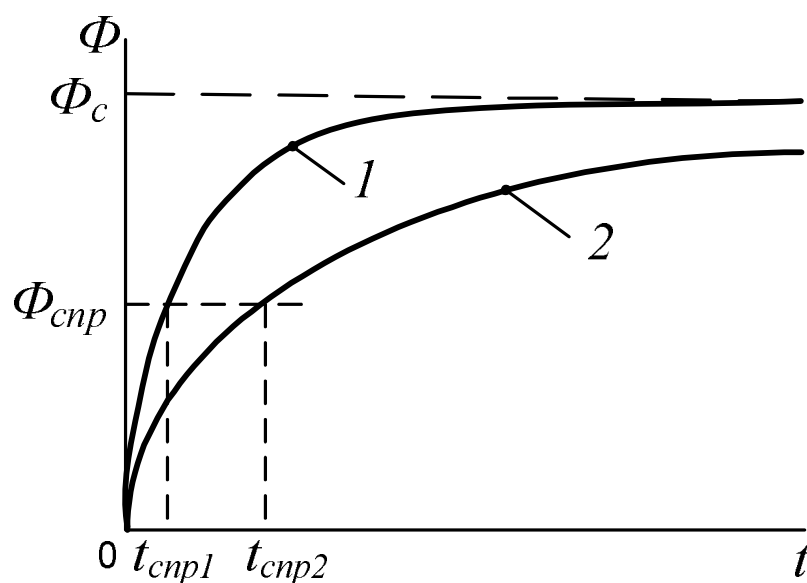


Рисунок 3.2 – Зміна магнітного потоку при вмиканні електромагніту

Криві спаду магнітного потоку (при знеструмленні обмотки) представлені на рисунку 3.3 з короткозамкнутою обмоткою (крива 2) і без неї (крива 1).

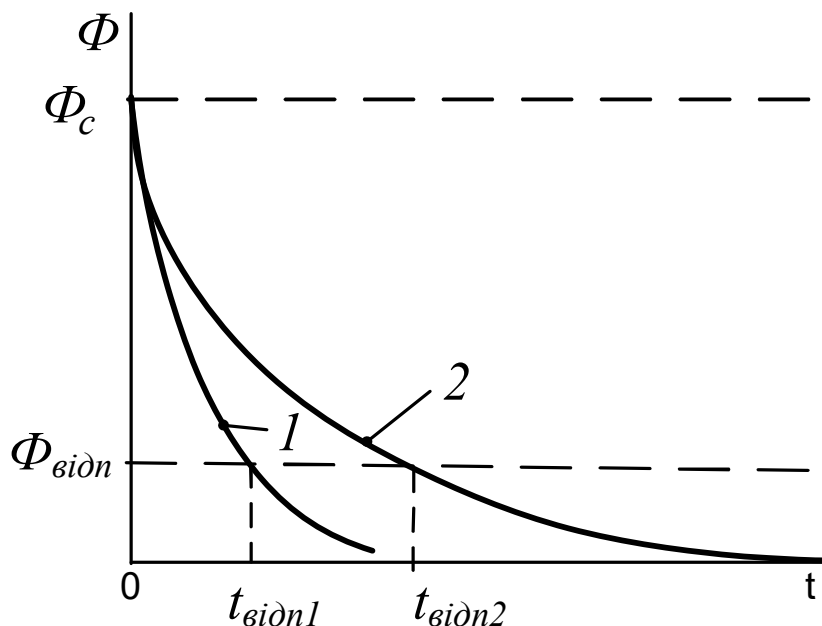


Рисунок 3.3 – Зміна магнітного потоку при відключенні електромагніту

Екран, вміщений біля скоби (див. рис. 3.4,в), у порівнянні з екраном уздовж усього осердя, майже рівноцінний. Це пояснюється тим, що тут при спрацьовуванні, дія екрану зводиться до витиску потоку з кінця осердя і основи скоби в повітря, як це показано на рисунку 3.4 пунктиром. Проте це перешкоджає проходженню потоку через робочий зазор. При відпусканні всі три варіанти розміщення екрану приблизно рівноцінні, тому що робочий зазор тут малий і розсіювання незначне.

Реле часу з годинниковим механізмом бувають як на постійному, так і на змінному струмі. Будова реле представлена на рисунку 3.5.

При поданні напруги до обмотки якір втягується і звільняє поводок із зубчастим сектором. Під дією головної пружини 2 починає обертатися зубчастий сектор 7, валик, рухомий контактний місток і фрикційне зчеплення. Останнє зв'язує рухливу систему реле з годинниковим механізмом.

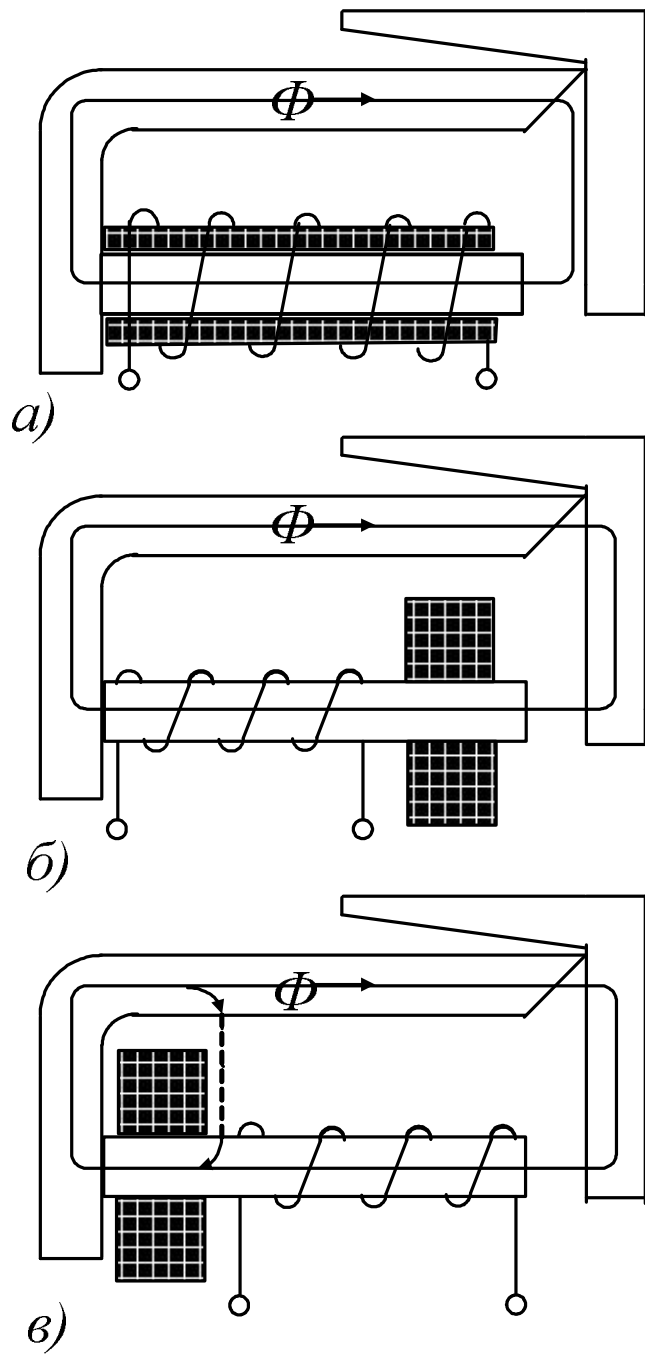


Рисунок 3.4 – Розміщення екрану на осерді магнітопроводу

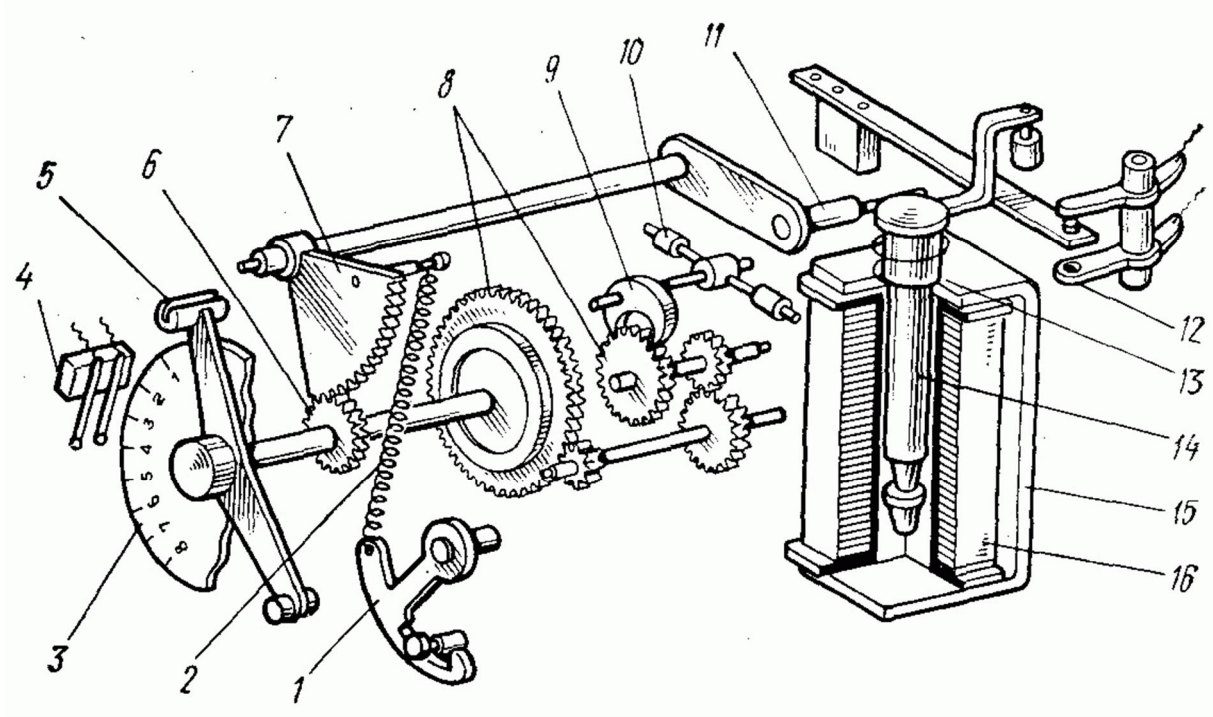


Рисунок 3.5 – Реле часу РВ-100:

1 – регулятор натягування пружин, 2 і 11 – пружина і рибалка часового механізму, 3 – шкала, 4 і 5 – неподібні і підвісні контакти, 6 – ведуча шестерня, 7 – зубчастий сектор, 8 і 9 – часовий і анкерний механізми, 10 – регуляторні гвинти, 12 – контакти миттєвої дії, 13 – пружина якоря, 14 – якорь, 15 – магнітопровід, 16 – обмотка електромагніти

Через шестерні 8 рух передається на анкерне колесо 9. Швидкість обертання останнього обмежується коливальним рухом анкерного механізму, що залежить від моменту його інерції. Витримка часу змінюється положенням нерухомого контакту 4. При відпусканні якоря зубчастий сектор 7 і зчеплена з ним ведуча шестерня 6 під дією поворотної пружини 13 повертаються в зворотному напрямку, викликаючи розмикання контактів 4. Завдяки наявності спеціального пристрою 8 повернення реле в початкове положення відбувається швидко.

Часто для зміни часових параметрів готових електромагнітів застосовують схемні способи, засновані на зміні тривалості перехідних процесів. Вмикання і відключення електромагнітних механізмів супроводжується перехідними процесами в електричних колах. У ряді випадків вони відіграють істотну роль,

визначаючи часові параметри, а також конструктивні особливості того чи іншого механізму.

Для електромагнітного механізму, що являє собою котушку зі сталлю, залежність $i(t)$ при нерухомому якорі складає експоненту, наведену на рисунку 3.6 (крива 1). Після закінчення часу рухання $t_{рух}$ починається рух якоря. При цьому струм котушки, дещо підвищуючись на початку, потім падає. Після зупинки якоря значення $i(t)$ зростає до встановленої величини I_y з іншою постійною часу. Така зміна струму котушки (див. рис. 3.6, крива 2) пояснюється тим, що притягання якоря змінює магнітну провідність повітряного зазору, а отже, і індуктивність обмотки.

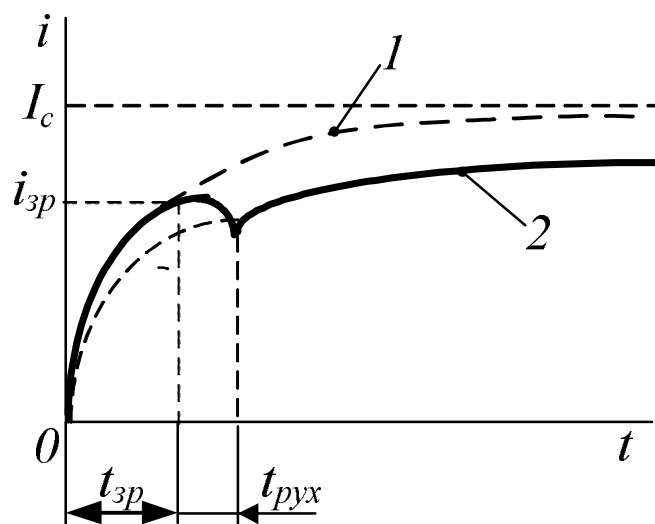


Рисунок 3.6— Зміна намагнічуючого струму обмотки при спрацьовуванні

Схемні способи зміни часових параметрів засновані на зміні часу рухання, обумовленого електромагнітною інерцією. На рисунку 3.6, а наведена схема вмикання реле для уповільнення при відпусканні. У цьому випадку зменшення струму при відключенні обмотки наводить у ній ЕРС самоіндукції. Струм, що викликається цією ЕРС, буде замикатися в контурі, утвореному резистором і обмоткою. За законом Ленца цей струм буде перешкоджати зменшенню струму в обмотці, збільшуючи тим самим час відпускання.

Недоліком цієї схеми є те, що в резисторі мають місце втрати потужності. Тому краще застосовувати схеми, відтворені на рис. 3.1,б,в. У схемі на рис. 3.1,б

сповільнення не буде, тому що діод включений у зворотному напрямку і вплив ЕРС самоіндукції буде незначним.

ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Ознайомитися з конструкцією реле часу й обладнанням робочого місця.
2. Зібрати робочу схему для проведення досліду (див. рис. 3.7).

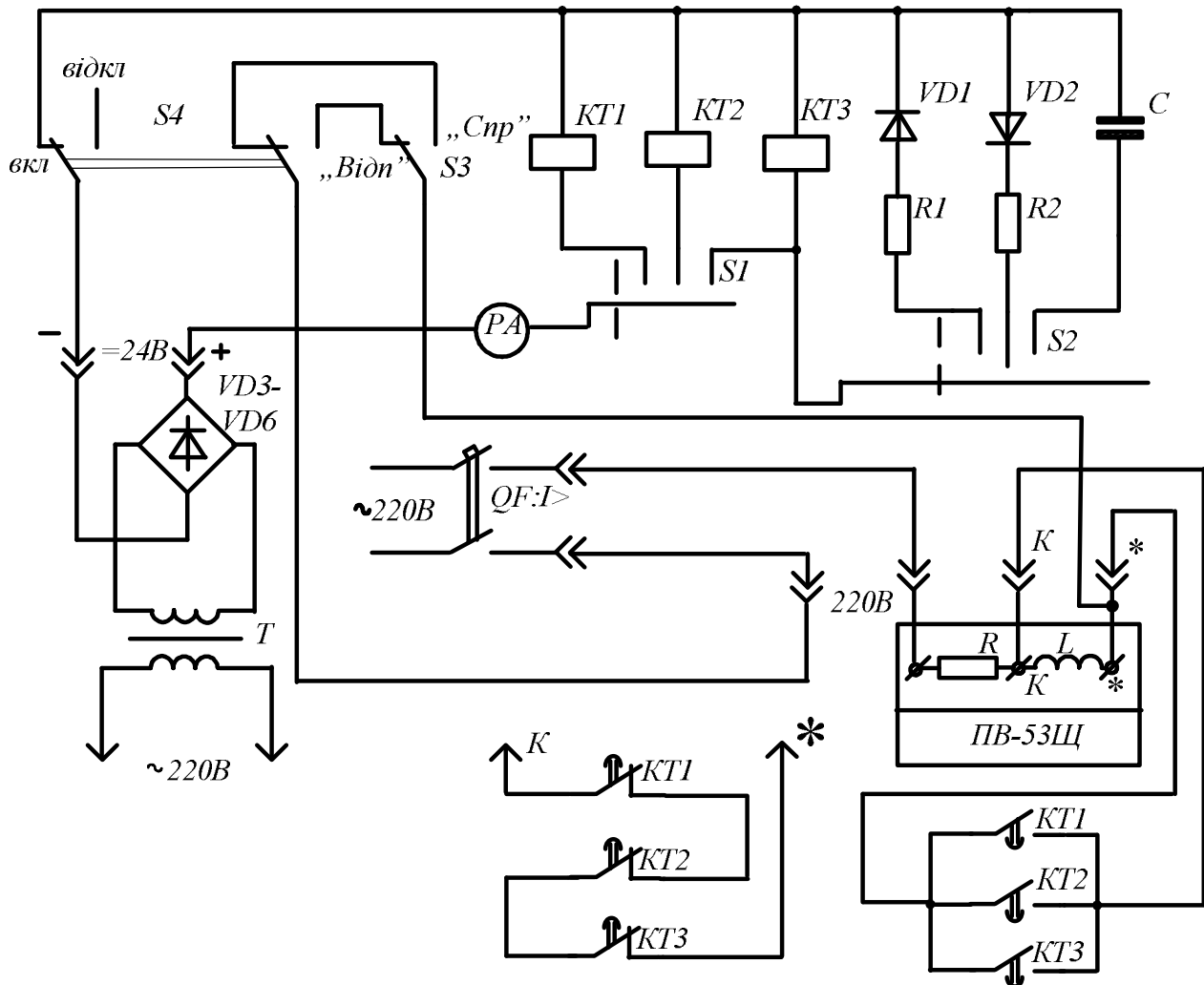


Рисунок 3.7 – Схема випробування реле

3. Дослідити вплив розміщення демпфера на час спрацьовування реле.
4. Поставити перемикач S4 у положення «Відключено».
5. Поставити перемикач S3 у положення « $t_{спр}$ ».
6. Поставити перемикач S1 у положення «К1».
7. Приєднати до електросекундоміра клемами замикаючих контактів реле.

8. Після перевірки схеми викладачем, включити живлення і за електросекундоміром визначити час спрацьовування реле.

9. Одночасне управління роботою реле і електросекундоміром здійснюють перемикачем S4.

10. Перемикач S1 встановити в положення К2 і аналогічно визначити час спрацьовування реле К2.

11. Дослідити вплив розміщення демпфера на час відпускання реле.

12. Приєднати до електросекундоміра клеми контактів, що розмикають реле.

13. Поставити перемикач S3 у положення “ $t_{\text{відп}}$ ”.

14. Поставити перемикач S4 у положення “Включено”.

15. Включити живлення і заміряти час відпускання, поставивши перемикач S4 у положення “Відключено”. Аналогічно визначити час відпускання реле К2.

***Примітка.** Перед кожним виміром стрілки електросекундоміра встановлюють у нульове положення.

16. Результати дослідів занести до табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Випробування реле

№ реле, витримка часу	К ₁	К ₂	К ₃	Схема включення реле		
				б	в	г
$t_{\text{спр}}, \text{с}$						
$t_{\text{відп}}, \text{с}$						

17. Дослідити схемні способи заміру часових параметрів.

18. Поставити перемикач S1 у положення К3.

19. Зробити вимір часу спрацьовування і часу відпускання реле КЗ.

20. Зробити аналогічні виміри при вмиканні в коло намагнічуючої обмотки за допомогою перемикача Π_2 (S2) відповідних елементів, як показано в п. 3-14.

ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Схема випробування реле часу (рис. 3.7).
2. Таблиця 3.1 з результатами дослідів.
3. Аналіз отриманих результатів.

ЗАПИТАННЯ ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ №3

1. Які схеми вмикання реле для уповільнення при відпусканні Ви знаєте?
2. Якими динамічними властивостями характеризуються електромагніти?
3. З яких елементів складається електромагнітне реле?

2. Назвіть головні чинники, що впливають на час спрацьовування і час відпускання електромагнітних реле.

3. Поясніть вплив розміщення демпфера щодо обмотки, яка намагнічує, на час спрацьовування реле.

4. Що називають явищем “залипання” якоря та заходи щодо його запобігання?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЧНИХ ПОВІТРЯНИХ ВИМИКАЧІВ АВ-8 і 2НА

МЕТА РОБОТИ: вивчення конструкції і головних характеристик автоматичних вимикачів, які застосовуються на міському електричному транспорті.

ЗМІСТ РОБОТИ

1. Вивчити конструкцію автоматичних вимикачів типу АВ-8А-1 і 2НА «Шкода».
2. Вивчити електричну схему випробування автоматичних вимикачів.
3. Зняти і побудувати залежність струму спрацьовування $I_{спр}$ від сили натягу регулювальних пружин $Q_{пр}$ автоматів АВ-8А (QF2)-1 і 2НА (QF3).
4. Скласти звіт.

Загальні відомості про автоматичні вимикачі

Автоматичний повітряний вимикач – це апарат, призначений для автоматичного відключення електричних кіл за ненормального і аварійного режиму роботи, а також для нечастих оперативних переключень за нормального режиму. Повітряним його називають тому, що електричну дугу гасять в середовищі навколишнього повітря на відміну від масляного вимикача, в якому дугу гасять в мастилі. Незалежно від призначення і швидкодії автомат складається з таких головних частин: чутливого органу у вигляді елемента захисту; виконавчого органу у вигляді контактної пристрою; механізму автомата; дугогасильного пристрою; приводу автомата.

Складовою частиною кінематики більшості автоматів є механізм вільного розчіплювання, що не допускає утримування автомата включеним за аварійного

режиму. У різних конструкціях автоматів вільне розчіплювання забезпечують за допомогою зламних важелів або механізму з клямкою.

На рисунку 4.1 показана схема механізму вільного розчіплювання, що виконано у вигляді шарнірно – зв'язаних зламних важелів.

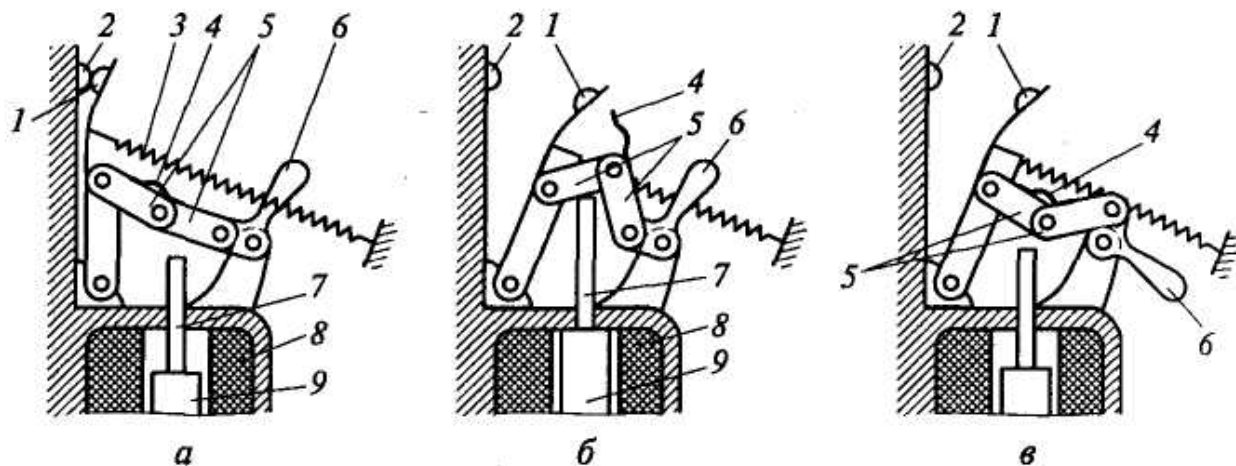


Рисунок 4.1 – Механізм вільного розчіплювання:

а – вихідний стан; *б* – положення «включено»; *в* – положення «вимкнено автоматично»; 1 – рухомий контакт; 2 – нерухомий контакт; 3 – відключаюча пружина розчіплювача; 4 – упор; 5 – «ламаються» важелі; 6 – рукоятка автоматичного вимикача; 7 – шток; 8 – котушка електромагніту; 9 – якір

Сам механізм вільного розчеплення являє собою систему шарнірно-зв'язаних важелів 5, що з'єднують привід включення (рукоятку) 6 з рухомим контактом 2, який з'єднаний з відключає пружиною 3. Котушка електромагніту включена послідовно в ланцюг головних контактів автомата 1 і 2, через які проходить робочий струм споживача, наприклад, двигуна.

У верхньому положенні рукоятки 6 (див. рис. 4.1, а) автомат включений, його контакти 1 і 2 замкнуті і утримуються в такому стані важелями 5, з'єднаними шарнірно, і упору 4; при цьому пружина 3 розтягнута.

При короткому замиканні в мережі або в пристрої, який отримує живлення через головні контакти автомата, струм в котушці 8 досягає значення, при якому якір 9 виштовхується нагору і своїм штоком 7 вдаряє по важелів 5, «переламуючи» їх в кулю Нірея.

Пружина 3, позбавлена упору важелями 5, стискається і розмикає контакти 1 і 2 (див. рис. 4.1, б). До тих пір, поки струм в котушці 8 не знизиться до значення менше уставки автомата, шток 7 не допустить включення автомата.

Після усунення короткого замикання автомат слід включити. Для цього рукоятку 6 необхідно відвести вниз (див. рис. 4.1, в), при цьому важелі 5 випростовується, а упор 4 утримуватиме їх в такому стані. Потім рукоятку слід перевести в верхнє положення, при якому контакти 1 і 2 замкнуться, а пружина 3 залишиться натягнутою.

Для гасіння електричної дуги в конструкціях автоматів найбільше застосування знайшли дугогасильні камери з вузькими щілинами, магнітне дуття і деіонні ґрати.

Автоматичний вимикач типу АВ-8А-1

На вітчизняних тролейбусах і трамвайних вагонах для захисту силового кола від перевантажень і коротких замикань застосовують автоматичний вимикач типу АВ-8А-1 (див. рис. 4.2).

Автоматичний вимикач "забезпечений приводом для ручного вмикання і вимикання.

Складається вимикач з корпусу 3, рухомого 7 і нерухомого 6 контактів, шунта 12, важеля 23 з ізолюваною ручкою 28, засувки 22, бойка 17, максимальною котушки 14, регулювальної 13 і відключаючої 1 пружин, дугогасильні камери 10.

Принцип дії: при переміщенні рукоятки вправо, важіль приводу замикає контакти 6 і 7, пружина 1 стискається і проходження струму відбувається наступним чином: вхідний затискач 2, контакти 6 і 7, гнучкий шунт 12, максимальна котушка 14 і затиск 16.

Коли струм в ланцюзі ТЕД зростає вище 480-500 А, якір притягається до сердечника котушки, а вона своїм бойком вдарить по засувці, яка звільнить важіль приводу.

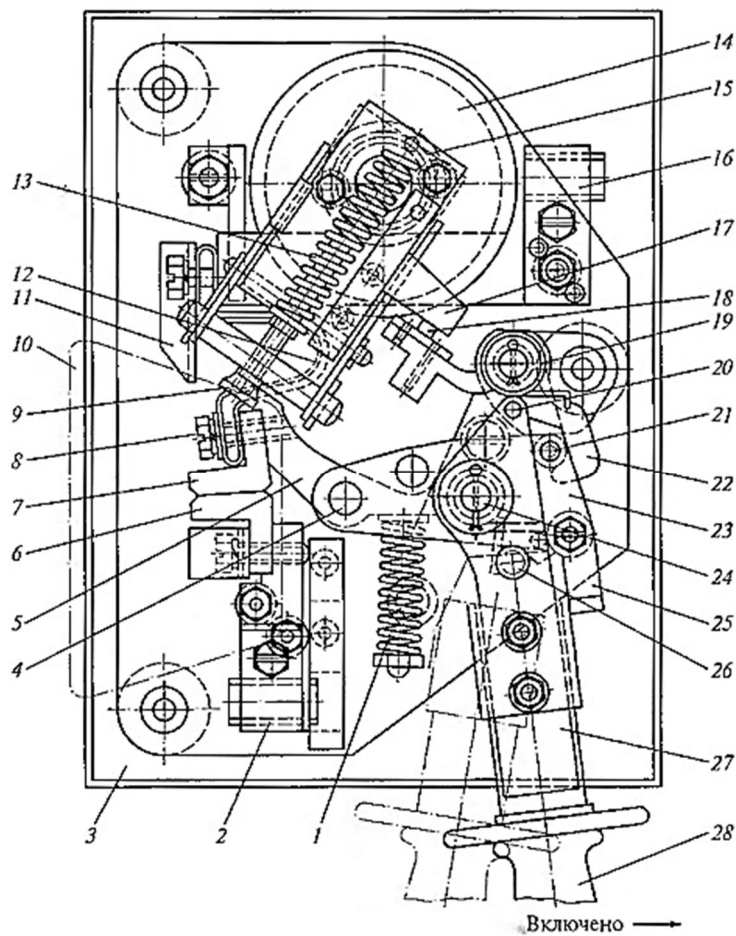


Рисунок 4.2 – Автоматичний вимикач АВ-8А-І

В результаті, під дією пружини, контакти розімкнуться і розірвуть ланцюг живлення ТЕД. При розмиканні контактів виникає дуга, яка потрапляє в камеру 10 і гаситься. Регулювання струму уставки проводиться за допомогою регулювальної гайки 9 і пружини 13.

Технічні дані:

Напруга – 550В

Час відключення – 0.04 сек.

Тривалий струм – 240 А

Маса – 8,2 кг

Контактне натискання – 9-14 кгс

Автоматичний вимикач 2НА «Шкода»

Автоматичний вимикач 2НА1 (див. рис. 4.3) має розмикаючий, контактний і дугогасний пристрій. Розмикаючий пристрій складається з валика 2 і одягнутою на нього пружини 1. Валик проходить через підшипник 5 і ізоляційну втулку 3 з пальцем. При переміщенні палець повертає ексцентрик 7, який через ізольовану регулювальну тягу 8 одночасно переміщує розмикаючий 10 і контактний 11 важелі.

Контактний пристрій складається з головних 9 і допоміжних 15 контактів. Головні контакти і струмовий котушка включені в силовий ланцюг, а допоміжні контакти - в ланцюг керування. Розчин головних контактів 8 мм, контактне натискання у включеному стані 6 кгс / мм². Дугогасний пристрій складається з струмового котушки 16 з сердечником, якоря 17, полюсних наконечників 4 і дугогасильні камери 20.

Автоматичний вимикач регулюється на 450 А шляхом зміни натягу пружин 13 регулювальний гвинт 19, причому значення струмів уставки відградувані на шкалі 18. Автоматичний вимикач включається за допомогою рукоятки ручного приводу, який треба поставити в положення "Включено". При цьому головні (високовольтні) і допоміжні (низьковольтні) контакти автоматичного вимикача замикаються, а важіль рухомого контакту 11 блокується засувкою 12. Якщо струм силового ланцюга перевищить уставку автоматичного вимикача 450 А, то осердя струмової котушки притягне якір, який стрижнем 14 відведе засувку і звільнить контактний важіль.

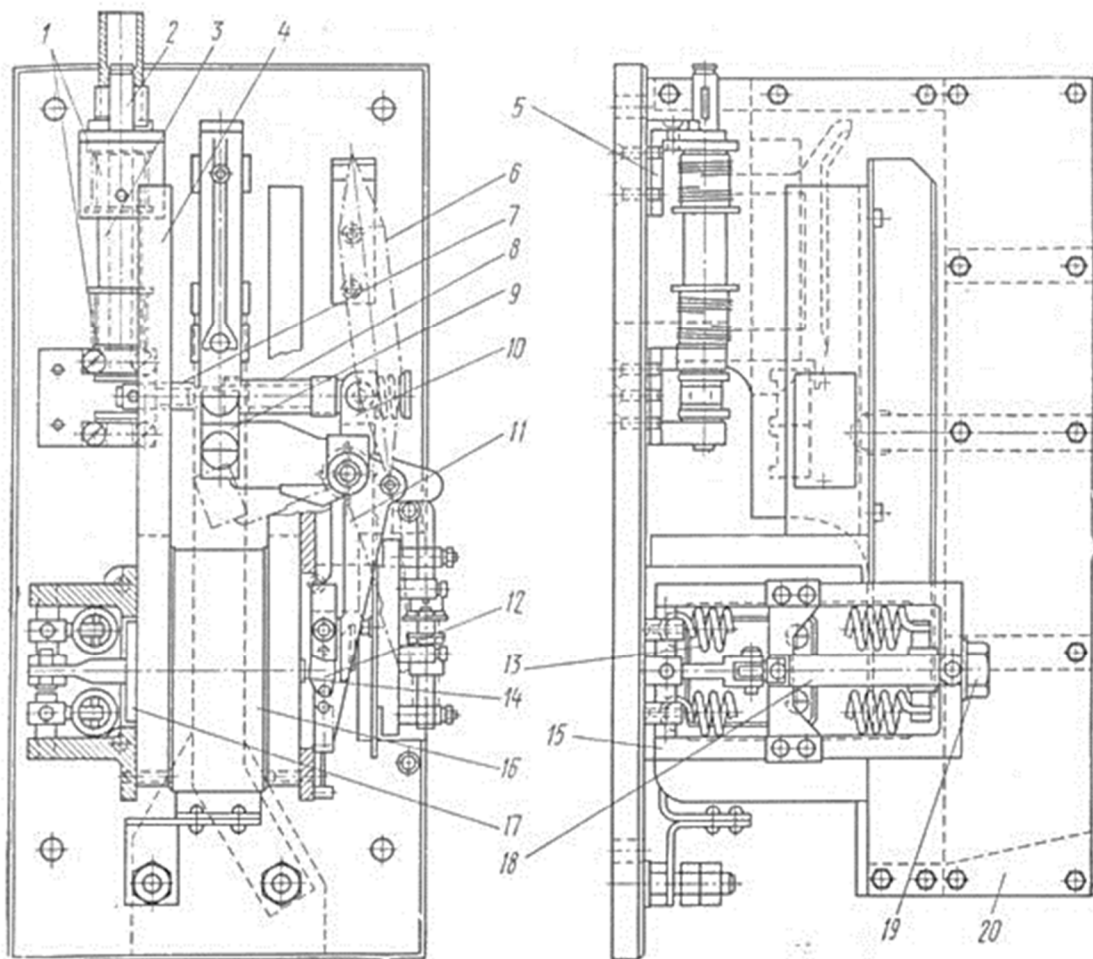


Рисунок 4.3 – Автоматичний вимикач 2НА1: 1, 6 – пружини, 2 – валик, 3 – ізоляційна втулка, 4 – полюсний наконечник, 5 – підшипник, 7 – ексцентрик, 8 – ізольована тяга, 9 – головні контакти, 10 – розмикаючий важіль, 11 – важіль рухомого контакту, 12 – засувка, 13 – натяжна пружина, 14 – стрижень якоря, 15 – допоміжні контакти, 16 – струмова котушка, 17 – якір, 18 – шкала, 19 – регулювальний гвинт, 20 – дугогасильні камери

Відключення автомата вручну здійснюють поворотом ручки за годинниковою стрілкою.

Гасіння дуги при розмиканні контактів в автоматі забезпечується дугогасною камерою з магнітним дуттям, магнітне поле якого створюється намагнічуючою обмоткою розчіплювача.

ОБЛАДНАННЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ

- Розподільні щитки системи електропостачання лабораторії і схема їх підключення до лабораторних стендів.

- Дистанційні комутаційні апарати, які встановлені на розподільних щитках і лабораторних стендах.

- Прилади, що дозволяють перевірити подачу напруги до робочого місця.

- Джерела живлення власних потреб.

Лабораторна установка містить автоматичні вимикачі: АВ-8А та 2НА. Живлення обмоток розчіплювачів автоматів здійснюють від мережі змінного струму напругою 220 В через лабораторний автотрансформатор (ЛАТР) і випрямляч. Для виміру струму спрацьовування В автоматичних вимикачів передбачений амперметр постійного струму.

В автоматичних вимикачах, що задіяні в цій роботі заводські котушки замінені лабораторними. Намагнічуючі сили котушок дорівнюють заводським, але лабораторна котушка має більше число витків і розрахована на менший струм.

Функціональну схему автоматичних вимикачів можна подати у вигляді, що наведено на рисунку 4.4. Принципове розходження автоматичних вимикачів полягає в наявності елементів захисту, що в автоматах називають розчіплювачами. На рисунку 4.4 відтворені чотири розчіплювача відповідно до ненормальних режимів роботи електричних кіл: максимального струму; мінімального струму; мінімальної напруги; максимальної напруги, зворотного струму.

Найбільше поширення в автоматах одержали електромагнітні і теплові розчіплювачі. Головним елементом в останніх є біметалічна пластина.

Механізм автоматичних вимикачів (МА) здійснює зв'язок розчіплювачів і приводу (П) с головним (ГК) і блокувальним контактами (БК), утримуючи їх у замкнутому стані, і забезпечує швидкість розбіжності контактів, необхідну для гасіння дуги.

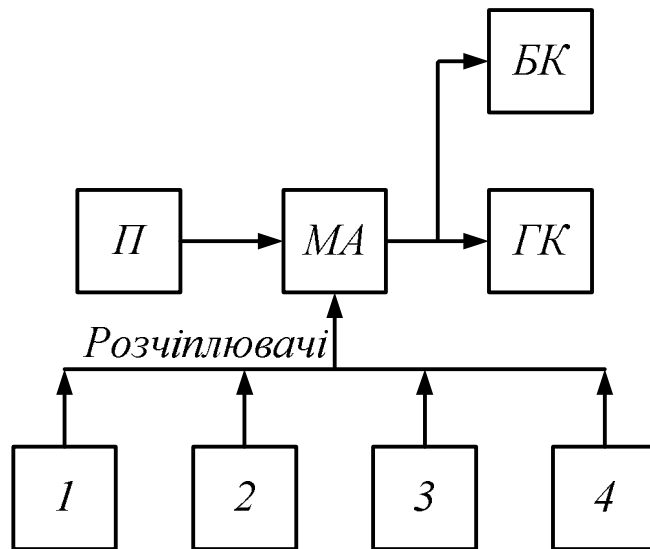


Рисунок 4.4 – Функціональна схема автоматичних вимикачів

ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Автоматичний вимикач АВ-8А-1

1. Вивчити конструкцію і принцип дії автоматичного вимикача, ознайомитися з обладнанням робочого місця.
2. Провести вручну вмикання і відключення автомата, спостерігаючи його роботу.
3. Зібрати схему випробування автоматів (див. рис. 4.5).

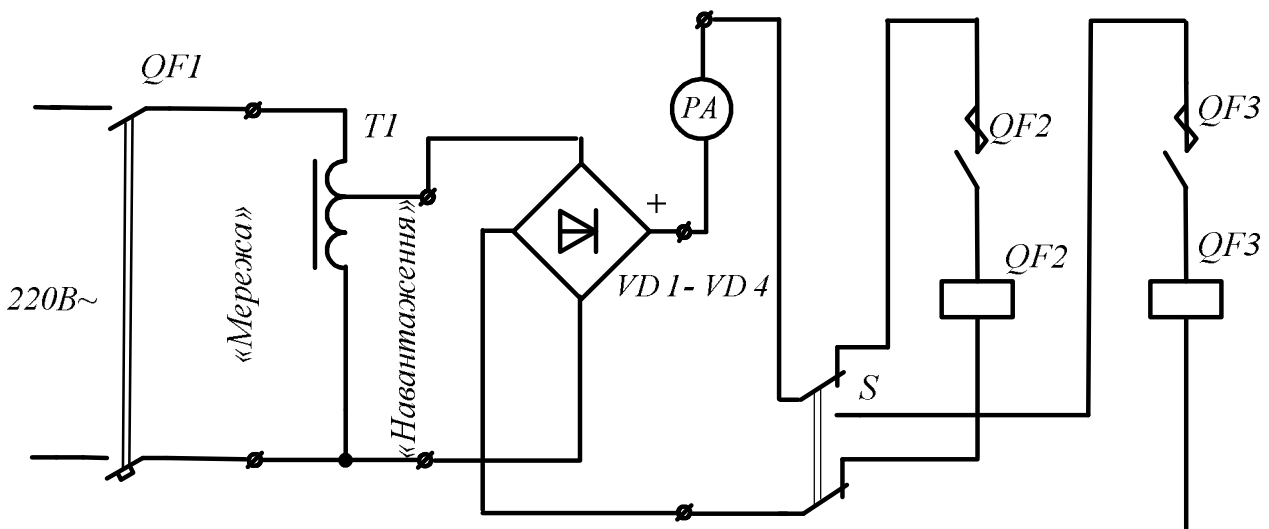


Рисунок 4.5 – Схема випробування автоматичних вимикачів

4. Вивести регулювальним гвинтом натяг пружини 1 (див. рис. 4.2) до нульового положення.

5. Поставити перемикач S в положення "АВ-8А-1" і включити автоматичний вимикач QFI . Плавно обертаючи ручку ЛАТРа, вивести його до нульового положення.

6. Повернути регулювальний гвинт натягу пружини 1 (див. рис. 4.2) на два оберти і знову, збільшуючи струм, визначити струм спрацьовування $I_{спр}$, при якому відбудеться відключення автомата. Після цього вивести ручку ЛАТРа в нульове положення. Результати дослідів занести до таблиці 4.1. Вказані операції проробити декілька разів, здійснюючи в кожному досліді поворот регулювального гвинта на два оберти.

Таблиця 4.1 – Результати вимірювань для автоматичного вимикача АВ-8А-1

Число оборотів гвинта	2	4	6	8	10	12
Сила натягу пружини $Q_{пр}$, Н	10	20	30	40	50	60
Струм спрацьовування дослідний $I_{спр\delta}$, А						
Струм спрацьовування дійсний $I_{спр}$, А*						

*Примітка: При заповненні графі 4 вважати, що струм І А лабораторної котушки відповідає 70 А заводської котушки.

Автоматичний вимикач 2НА

7. Проробити операції, вказані в пунктах 1 – 6, з автоматом 2НА.

Результати дослідів записати до таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Результати вимірювань для автоматичного вимикача 2НА

Число оборотів гвинта	2	4	6	8	10	12
Сила натягу пружини $Q_{пр}$, Н	5	10	15	20	25	30
Струм спрацьовування дослідний $I_{спр\delta}$, А						
Струм спрацьовування дійсний $I_{спр}$, А*						

Примітка: *При заповненні графі 4 вважати, що струм І А лабораторної котушки відповідає 100 А заводської котушки. При заповненні графі 2 табл. 4.2 вважати, що два оберти гвинта відповідають силі натягу регулювальних пружин $Q_{пр}=5$ Н.

ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Схема випробування автоматів (рис. 4.5).
2. Таблиця 4.1 і 4.2, що мають результати дослідів і заміри.
3. Графіки залежності струму спрацьовування $I_{спр}$ від натягу пружини $I_{спр} = f(Q_{пр})$, побудовані за даними табл. 4.1 і 4.2.
4. Аналіз отриманих результатів.

ЗАПИТАННЯ ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ №4

1. Назвіть способи класифікації автоматичних вимикачів.
2. Призначення автоматичного вимикача типу SL 11
3. Призначення електромагнітного розчіплювача автоматів.
4. Призначення сталевих полюсів дугогасної камери.
5. Що уявляє собою струм миттєвого розчеплення?
6. Що таке «магнітне дугтя»? Як воно здійснюється в автоматах?
7. Як відбувається гасіння електричної дуги в автоматичних вимикачах?
8. Чим відрізняються контактори від автоматичних вимикачів?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМАТИЧНИХ ВИМИКАЧІВ ЗМІННОГО СТРУМУ

МЕТА РОБОТИ: Усвідомлення принципу дії автоматичних вимикачів, засвоєння основних технічних показників характеристики захисту автоматичних вимикачів, дослідження методики контролю параметрів автоматичних вимикачів, набуття практичних навичок у визначенні електричних параметрів автоматичних повітряних вимикачів.

ЗМІСТ РОБОТИ

1. Вивчити узагальнену конструкцію автоматичного вимикача, типи механізмів управління автоматами, види розчеплювачів.
2. Вивчити електричну схему випробування повітряних автоматичних вимикачів.
3. Зняти і побудувати залежність часу спрацьовування $t_{спр}$ від струму.
4. Скласти звіт.

Загальні відомості про автоматичні вимикачі змінного струму

Повітряним автоматичний вимикач називають тому, що гасіння електричної дуги здійснюється в середовищі навколишнього повітря.

Звичайно, власний час спрацьовування автомата залежно від величини номінального струму й конструкції і лежить у межах від 0,02 до 0,1 сек. Для забезпечення селективного захисту доводиться використовувати автомати зі спеціальними приставками, що дозволяють робити регулювання часу спрацьовування. Такі автомати одержали назву селективних. На рисунку 5.1 наведено узагальнену схему автоматичного вимикача, яка дозволяє розібратися в призначенні й дії окремих його вузлів.

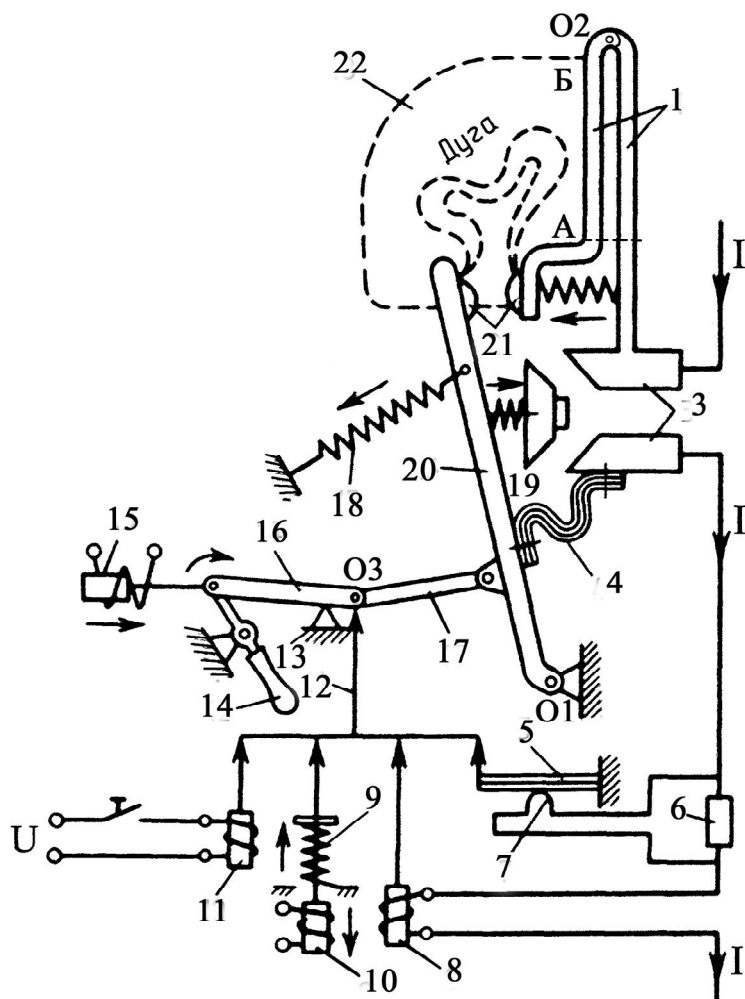


Рисунок 5.1.— Узагальнена конструкція автоматичного вимикача

Автомат призначено для комутації деякого кола струму I . У зазначеному положенні автоматичний вимикач відключений і силове електричне коло розімкнуте. Для того, щоб включити автомат треба або повернути рукоятку ручного включення 14 за годинниковою стрілкою, або подати напругу на електромагнітний привод 15 . У обох випадках створюється зусилля, яке переміщаючи важелі 16 і 17 вправо, буде, повертати основну несучу деталь 20 автомата навколо нерухомої вісі по годинній стрільці. Першими замикаються (дугогасні) контакти 21 через гнучкий зв'язок 4 створюють коло струму. При подальшому русі деталі 20 вправо замикаються головні контакти 3 , якими буде проходити основна частина струму силового кола. Після завершення операції включення, вся система залишається в крайньому правому положенні за

рахунок дії спеціальної засувки, що на рисунку не показана. Опора 13 не дозволяє важелям 16,17 зміщуватися вниз.

Одночасно при включенні автомата зводиться пружина, що відключає 18, що призначена для зміщення рухомої системи автомата вліво й розмикання контактів, якщо важелі 16 і 17 перевести вгору за мертву точку. Таке зміщення може бути здійснене через механічний зв'язок 12 від кожного із чотирьох розчіплювачів.

Для захисту від перевантажень, автомати обладнують біметалічними розчіплювачами 5. Для подачі напруги на підігрівник розчіплювача 7 до головного кола автомата включений додатковий резистор 6.

Для забезпечення необхідного контактного натискання головні й розривні контакти мають спеціальні пружини 2 і 19. Однак практика показує, що сили натискання цих пружин може виявитися недостатньо для утримання контактів у замкнутому стані при протіканні ними струмів короткого замикання, оскільки в контактах з'являються електродинамічні зусилля, які можуть відірвати контакти один від одного. Розрив контактів зі струмом короткого замикання може призвести до утворення електричної дуги й зварювання контактів. Щоб уникнути самовільного розмикання контактів при протіканні ними струмів короткого замикання застосовують компенсатори електродинамічних зусиль. Найбільше поширення одержали компенсатори, засновані на електродинамічному принципі.

На рисунку 5.1 зображений компенсатор типу петлі. Двома паралельними шинками 1, що зв'язані одна з одною загальною віссю O2, на ділянці А–В протікають струми різного напрямку. У просторі між провідниками магнітні силові лінії згущаються і властиві їм сили бічного розпору приводять до того, що з'являється електродинамічна сила, яка впливає на рухому деталь компенсатора в той же бік, що й контактна пружина 2. Результуюча сила здатна протистояти електродинамічній силі відштовхування контактів і запобігти самовільному розмиканню. При протіканні підвищеного щодо номінальної величини струму біметалічний елемент вигинається догори й

створює силу, що передається через механічний зв'язок 12 і переводить важелі 16, 17 догори за мертву точку. У результаті цього твердий зв'язок між важелями порушується і автомат відключається.

Захист від струмів короткого замикання здійснює максимальний розчіплювач 8. Коли його котушкою проходить струм короткого замикання, на яке діє сила, що переводить важелі 16 і 17 догори за мертву точку, в результаті чого автомат відключається.

Для захисту від зниженої напруги мережі використовують мінімальні розчіплювачі. На котушку такого розчіплювача 10 подають напругу захищеної мережі. За нормальної напруги електромагнітна сила утримує осердя котушки розчіплювача в притягнутому стані в нижньому положенні. При зниженні напруги у мережі, сила, що розвивається електромагнітною системою розчіплювача, буде вже недостатньою для протидії зворотній пружині. Рухома система розчіплювача 12 переходить у верхнє положення, переводячи важелі 16, 17 за мертву точку, тим самим відключає автомат.

Для дистанційного відключення автомата від кнопки управління (КУ) служить незалежний розчіплювач 11, дія якого аналогічна дії електромагнітного розчіплювача.

При відключенні автомата спочатку розмикаються головні контакти 3 і весь струм переходить у паралельне коло розривних контактів 21. Таким чином, при розмиканні головних контактів, дуга на них не утвориться й вони не піддаються обгоранню.

Коли головні контакти розходяться на досить велику відстань, розмикаються розривні (дугогасні) контакти 21. На них виникає електрична дуга, яка видувається в дугогасну камеру 22 і гаситься там. Оскільки розривні контакти призначені для гасіння дуги, їх виготовляють з матеріалу, здатного протистояти її впливу.

У реальних автоматах система важелів 16, 17 має більш складний устрій, ніж на згаданій вище схемі. Механізм вільного розчіплювання дозволяє автомату відключатися в будь-який момент часу, у тому числі й у момент

включення, коли кожний із розглянутих розчіплювачів здійснює вплив на рухому систему автомата. Це забезпечується тим, що в цьому, випадку важелі 16,17 зміщуються вгору за мертвою точкою й твердий зв'язок між приводною системою 14, 15 і рухомою системою автомата 20 порушується. Автомат негайно вимикається за рахунок дії зворотної пружини 18, незалежно від впливу сили (що включає) приводної системи автомата.

Одним з відповідальних вузлів автомата є струмоведуче коло, оскільки режим тривалого протікання номінального струму є для нього нормальним. З іншого боку струмоведуча система автомата піддається впливу великих електродинамічних навантажень при протіканні струмів короткого замикання. В той же час автомат повинен забезпечувати багаторазове відключення таких струмів і після відключення повинен бути придатним для тривалого пропускання номінального струму навантаження. Варто додати, що для одержання малого власного часу спрацьовування, вага рухомих частин струмоведучого кола повинна бути мінімально можливою.

При номінальних струмах до 200 А застосовують одну пару контактів, які для збільшення дугостійкості облицьовують металокерамікою. Більші номінальні струми вимагають застосування двоступінчастого контакту типу мосту, що перекочується, або пари головних і дугогасних контактів.

Дугогасильна система автомата повинна забезпечувати надійне гасіння дуги за всіма можливими режимами роботи мережі. В установочних і універсальних автоматах частіше всього використовують напівзакрите виконання, за якого автомат закритий кожухом з отворами для виходу гарячих газів. Обсяг кожуха роблять досить великим, щоб уникнути появи всередині кожуха надлишкового тиску. Широке поширення в цих автоматах одержали деіонні дугогасні ґрати зі сталевих пластин. У цьому випадку гасіння дуги відбувається спокійно з мінімальним викидом іонізованих і нагрітих газів з дугогасного пристрою.

При більших струмах застосовують лабіринтові – щілисті камери й камери із прямою поздовжньою щілиною. Втягування дуги в щілину здійснюється за рахунок серієсного магнітного дуття.

Для здійснення операції з включення апарата, застосовують ручні приводи безпосередньої дії й електромеханічні дистанційні приводи. Ручні приводи застосовують при струмах до 200 А. При більших струмах використовують електромеханічні приводи, що забезпечують необхідну швидкість наростання тиску в контактах. Як електромеханічні приводи знайшли поширення електромагнітні й електродвигунні. Необхідна для відключення енергія в цьому випадку накопичується в заведеній приводом пружині. Після команди на відключення звільняється утримуюча засувка – автомат відключається.

Недоліком електромагнітного привода є велика швидкість руху та удари в механізмі. Перевагою електродвигунного привода є плавний хід механізму й відсутність ударів. Однак потужність, яку споживає електродвигун, більша, ніж потужність, що необхідна для зведення пружини.

Одним з найважливіших вузлів будь – якого автомата є механізм вільного розчіплювання. Цей механізм передає рух від привода до контактів, утримує контакти у включеному положенні, робить звільнення контактів.

При відключенні автомата механізм фіксує контакти в положенні «ВІДКЛЮЧЕНО», підготовляє автомат до нового включення, унеможливорює утримування контактів у включеному положенні при наявності ненормального режиму в колі, що захищається. Звичайно механізм являє собою систему шарнірно – зв'язаних важелів, що з'єднують привод включення із системою рухомих контактів, які зв'язані із пружиною, що відключає. Конструкція механізмів вільного розчіплювання досить різноманітна, однак дія їх подібна зображеному на рисунку 5.1. Слід зазначити, що відключаючі контактні пружини в автоматичних вимикачах розвивають зусилля в десятки, сотні й навіть тисячу кілограмів, а система важелів механізму вільного розчіплювання будується так, що для розчіплювання досить зусилля в десятки, максимум – у

сотні грамів. Це дозволяє конструювати ці механізми легкими й високої чутливості.

Самі розчіплювачі являють собою елемент, що контролює величину відповідного параметра захисту мережі і дають сигнал на відключення автомата, коли ця величина досягне заданого уставкою значення. Можливість регулювати уставку розчіплювача, що дозволяє здійснювати селективний захист мережі.

Залежно від виконуваних функцій захисту розчіплювачі бувають:

- максимального струму, миттєвої або вповільненої дії (останній використовують як розчіплювач перевантаження або як селективний);
- мінімальні, для відключення автомата при зниженні напруги нижче певного рівня;
- відключаючі, для дистанційного відключення автомата, що спрацьовує при подачі на нього напруги;
- зворотного струму, що спрацьовують при зміні напрямку струму;
- теплові, що спрацьовують в залежності від величини струму і часу його протікання, які застосовують зазвичай, для захисту від перевантаження;
- комбіновані, що спрацьовують при поєднанні низки факторів.

Нижче розглянуті особливості конструкції деяких вимикачів та методика контролюючою технічної характеристики.

На рисунку 5.2 наведена часострумова характеристика автоматів. Для дослідження обрані автомати типу С. Вони відрізняються один від одного кратністю струму короткого замикання від номінального струму.

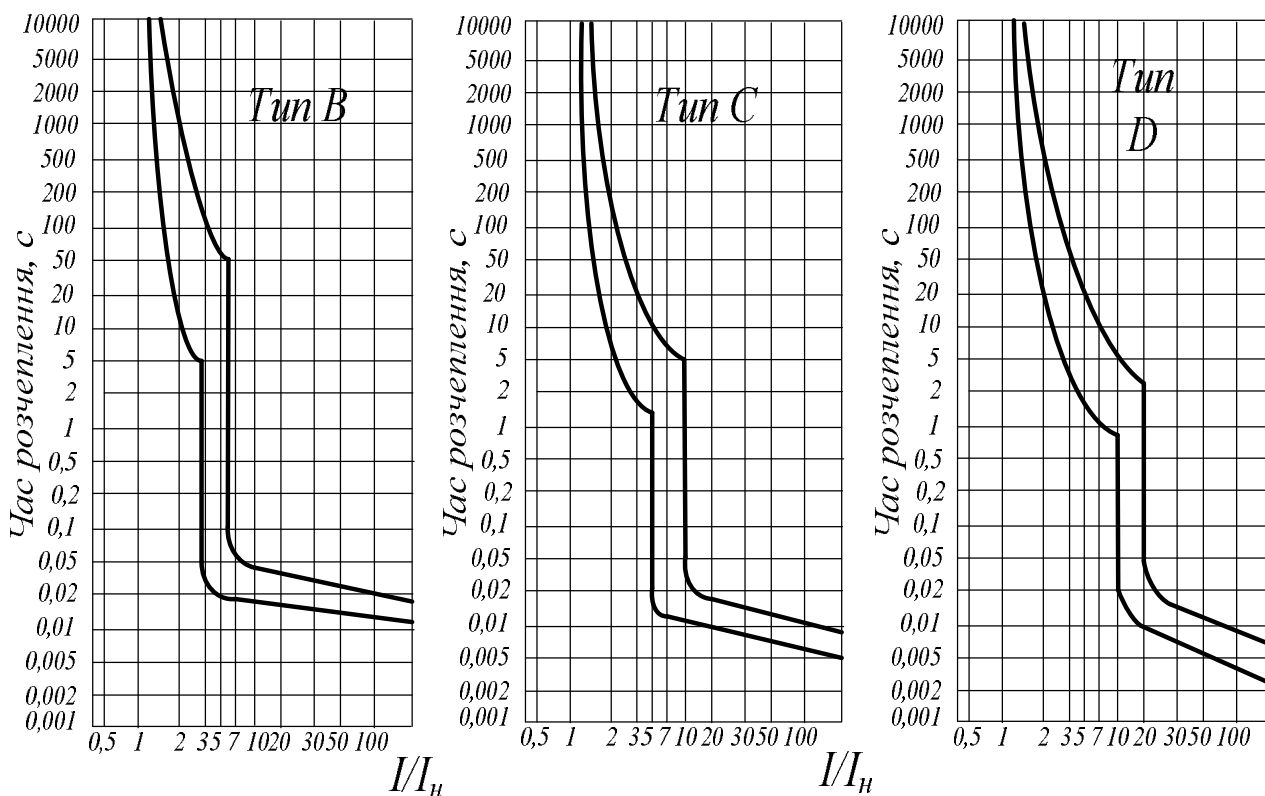


Рисунок 5.2 – Часо-струмова характеристика автоматів ВА–2000 (тип В), ВА–2001 (тип С) і ВА–2006 (тип D)

Вимикачі автоматичні серії ВА зібрані в корпусах, що не підтримують горіння, з механічно- та термостійкої пластмаси і мають замки для монтажу на DIN-рейку; забезпечені двома типами захисту: тепловим – для захисту від тривалих перевантажень струму, виконаного на базі біметалічної пластини та електромагнітним - для захисту від струмів короткого замикання, виконаного на базі соленоїду.

Розчіплювач струму виконаний з обмідненої сталі і має контакти зі сплаву, що містить срібло. Дугогасильна камера, що складається з дев'яти пластин, підвищує комутаційну зносостійкість і, відповідно, граничну комутаційну здатність. Надійний контакт з провідниками забезпечують комбіновані затискачі, що виконані з оцинкованої сталі і посрібленої латуні. Вимикачі з лицьового боку (на важелі) забезпечені індикатором стану „вкл/викл”.

При роботі в нормальних умовах автоматичні вимикачі пропускають через себе електричний струм від мінімальних величин до номінального струму. У разі

виникнення в мережі перевантаження (перевищення струму споживання на рівень – $1,45I_n$) або струму короткого замикання (перевищення струму споживання від $5 I_n$ до $12 I_n$), спрацьовує механізм захисту і автомат вимикається.

ОБЛАДНАННЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ

- Розподільні щитки системи електропостачання лабораторії і схема їх підключення до лабораторних стендів.

- Дистанційні комутаційні апарати, які встановлені на розподільних щитках і лабораторних стендах.

- Прилади, що дозволяють перевірити подачу напруги до робочого місця.

- Джерела живлення власних потреб.

Лабораторна установка містить п'ять автоматичних вимикачів ВА–2001, що досліджуються. Захист і підключення до мережі здійснюють через автоматичний вимикач *QF1*. Живлення обмоток розчіплювачів автоматів здійснюється від мережі змінного струму напругою 220 В через лабораторний автотрансформатор (ЛАТР) і випрямляч. Для зниження величини напруги і забезпечення безпеки при виконанні роботи використовують розподільчий трансформатор *T2* і обмежувач резистор *R*. Для виміру струму спрацьовування автоматів передбачений амперметр змінного струму. Установка має також електричний секундомір типу ПВ–53Щ і реле струму РТ–40.

На рисунку 5.3 наведена електрична схема випробування автоматів.

Схема працює наступним чином:

1. Встановлюється ручка ЛАТРа в крайнє ліве положення.
2. Встановлюється шунтуючий автоматичний вимикач *QF2*, що включений паралельно, у положення «Включено».
3. Включається досліджуваний вимикач (наприклад *QF3*).
4. Включається автомат мережі *QF1* і за допомогою ручки ЛАТРа виставляється струм досліджу.
5. Відключається автомат *QF2*, при цьому досліджуваний струм проходить через реле струму *КА* і відповідний досліджуваний автомат.

6. Контакт реле КА розмикається і включається електричний секундомір.

7. У момент спрацьовування досліджуваного вимикача реле КА лишається струму і електричний секундомір зупиняється.

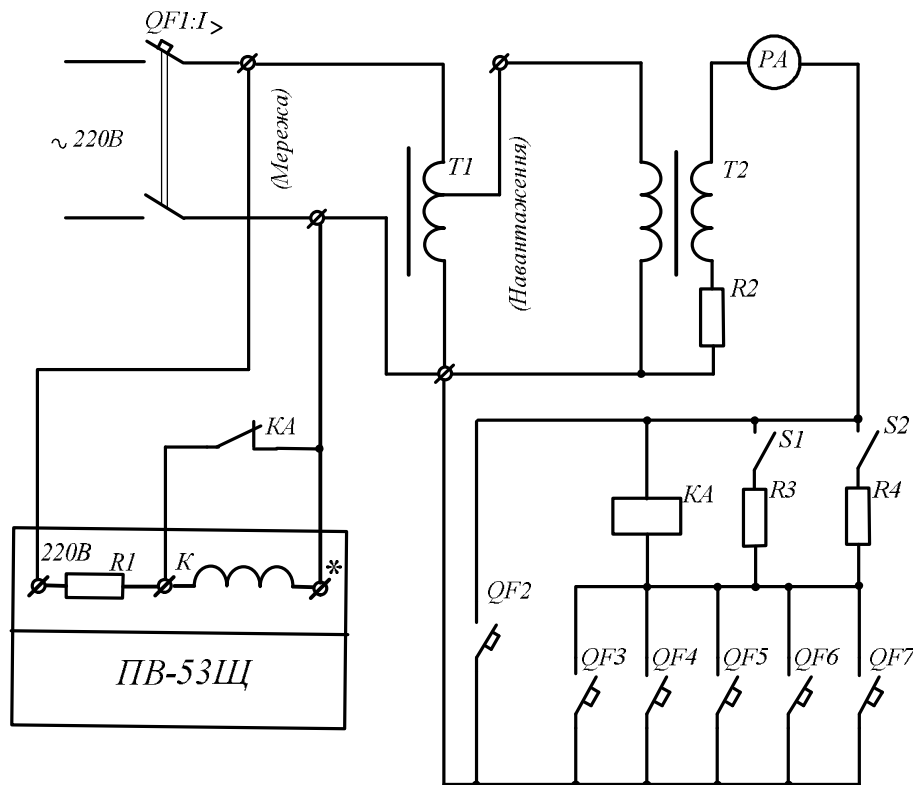


Рисунок 5.3 – Електрична схема випробування автоматів.

ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Установити ручку ЛАТРа в крайнє ліве положення.
2. Установити автоматичний вимикач QF2, що включений паралельно, в положення «Включено».
3. Включити досліджуваний вимикач QF3.
4. Включити автомат мережі QF1.
5. За допомогою ручки ЛАТРа виставити досліджуваний струм з таблиці 5.1 – 2А.
6. Відключити автомат QF2.
7. Зняти показання електричного секундоміра і записати показання до таблиці 5.1.
8. Повторити п. 1-7 для автомата QF4 зі струмом 4А і т.д.

9. Включити тумблер S1.
10. Повторити п. 1-7 для автомата QF5 зі струмом 6А і т.д.
11. Повторити п. 1 – 7.для автомата QF6 зі струмом 8А і т.д.
12. Включити тумблер S2.
13. Повторити п. 1 – 7 для автомата QF7 зі струмом 10А і т.д.
14. Повторити п. 1 – 7 для автомата QF3 зі струмом 12А і т.д.
15. Повторити п. 1 – 7 для автомата QF4 зі струмом 14А і т.д.

Таблиця 5.1 – Результати досліджень

Струм дослідного автомата I, A	2	4	6	8	10	12	15	18
Час спрацьовування вимикача								

ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Електрична схема випробування автоматів.
2. Таблиця 5.1 з дослідними даними спрацьовування автоматичних вимикачів.
3. Характеристика часу від струму навантаження.

ЗАПИТАННЯ ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ № 5

1. Призначення автоматичних повітряних вимикачів змінного струму.
2. В яких межах знаходиться середній час спрацьовування автоматичних вимикачів?
3. Які бувають розчіплювачі автоматичних повітряних вимикачів згідно з узагальненою схемою конструкції автоматичних вимикачів?
4. Чим відрізняються функції автоматичних вимикачів від контакторів?
5. Чим відрізняються автоматичні вимикачі типу В, С і D?
6. Які дугогасні системи використовують у автоматичних вимикачах?
7. Які типи приводів мають місце в автоматичних вимикачах?

ПОШУК ПОШКОДЖЕНЬ У СХЕМІ КЕРУВАННЯ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

МЕТА РОБОТИ: визначити пошкодження у схемі керування транспортного засобу з проведенням мінімальної кількості перевірок при пошуку будь-якого пошкодженого елемента.

ЗМІСТ РОБОТИ

1. Дослідити ланцюги керування транспортного засобу.
2. Знайти пошкодження в ланцюгах керування, що пов'язані з невмиканням контакторів, зломів проводів й порушенням контактів на клемниках контакторних панелей, згідно з визначеним завданням.
3. Скласти звіт з лабораторної роботи, який для спрощення виконують у вигляді таблиці.
4. Виконати принципову електричну схему заданого для перевірки кола.
5. Скласти звіт.

ОБЛАДНАННЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ

- Розподільні щитки системи електропостачання лабораторії і схема їх підключення до лабораторних стендів.
- Дистанційні комутаційні апарати, які встановлені на розподільних щитках і лабораторних стендах.
- Прилади, що дозволяють перевірити подачу напруги до робочого місця.
- Джерела живлення власних потреб.

ЗАВДАННЯ З ПОШУКУ ПОШКОДЖЕНЬ У СХЕМІ КЕРУВАННЯ

1. Не вмикається лінійний контактор *ЛКЗ*.
2. Реостатний контролер не повертається на першу позицію.
3. Не збирається схема реостатного гальмування.

4. Не має фіксації реостатного контролера на 15й позиції.

5. Реостатний контролер не виводить пускові опори.

ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ ТАБЛИЦІ

Для схеми електрообладнання транспортного засобу для маневрового режиму роботи (контроль ділянки кола, що містить котушки реле часу *PВ* і лінійного контактора *ЛКЗ*) таблиця має такий вигляд:

Операція керування	Ділянка кола, що перевірюється	Ознаки нормальної роботи	Метод визначення пошкоджень
Пуск	Ланцюг котушок <i>PВ</i> , <i>ЛКЗ</i>	<i>PВ</i> - спрацьовує, якщо контакти <i>КВ(М-3)</i> і <i>ЛК2</i> -замкнуті. <i>ЛКЗ</i> - спрацьовує, якщо <i>PВ</i> -спрацювало та його замикаючий контакт через час <i>0,6-0,7с</i> включає <i>ЛКЗ</i>	Візуально, за допомогою сигнальної лампочки

ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Скласти звіт з лабораторної роботи, який для спрощення виконують у вигляду таблиці, яка повинна містити: Вид операції керування. Ділянку ланцюга, що перевірюється. Ознаки нормальної роботи кола. Метод визначення пошкодження ланцюга.
2. Виконати принципову електричну схему заданого для перевірки кола.

ЗАПИТАННЯ ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ №6

1. Конструкція та призначення лінійних контакторів.
2. Призначення контакторів *P* і *T* і алгоритм їх роботи.
3. Робота схеми в тяговому режимі.
4. Робота схеми в гальмівному режимі.
5. Робота схеми в режимі вибігу.
6. Спосіб регулювання прискорення тролейбуса.
7. Призначення і конструкція стоп-реле.

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ СТАТИЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ВЛАСНИХ ПОТРЕБ

МЕТА РОБОТИ: дослідити роботу статичного перетворювача власних потреб.

ЗМІСТ РОБОТИ

1. Ознайомитись з конструкцією статичного перетворювача.
2. Ознайомитися з фізичними процесами, що відбуваються в статичному перетворювачі при його роботі.
3. Виконати підключення статичного перетворювача до універсального стенду.
4. За допомогою осцилографа зняти криві напруги в контрольних точках.
5. Скласти звіт.

Загальні відомості про статичний перетворювач

Перетворювач ПС4-550/28,5Д призначений для живлення бортової мережі з напругою 28,5 В тролейбусах серії ПМЗ. Він працює в буфері з акумуляторною батареєю, що сприймає пікові навантаження. Крім живлення споживачів низької напруги перетворювач забезпечує підзарядку акумуляторної батареї при знижених навантаженнях. Первинним джерелом електроенергії є контактна мережа з напругою 550 В. Наявність трансформаторів у схемі перетворювача забезпечує гальванічну розв'язку між ланцюгами високої і низької напруг.

Перетворювач ПС4-550/28,5Д містить чотири одиночних модулі А, що працюють паралельно на загальне навантаження (див. рис. 7.3), підключених через загальний фільтр LC - фільтр до контактної мережі. Фільтр виконує роль накопичувача енергії W_c і обмежувача пускового струму. Кожен модуль складається з двох силових комірок зі своїми схемами керування і загального блоку стабілізації опорної напруги. Крім того усі модулі містять струмові

захисти і захисти від зниження вихідної напруги. Захист від перенапруг з боку високої напруги загальний.

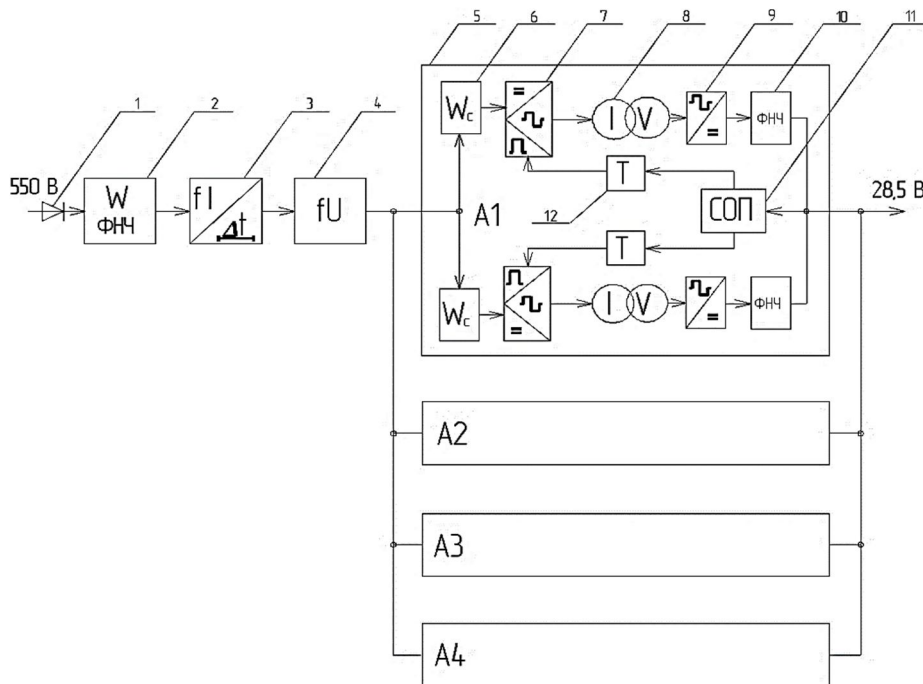


Рисунок 7.1 – Структурна схема перетворювача ПС4-550/28,5Д:

1 – діод вхідний; 2 – накопичувач енергії (ФНЧ); 3 – обмежувач пускового струму; 4 – обмежувач перенапруг; 5 – елементарний перетворювач А1 – А4; 6 – ємнісний дільник напруги; 7 – півмостовий інвертор; 8 – силовий трансформатор; 9 – випрямляч; 10 – фільтр низьких частот (ФНЧ); 11 – система керування; 12 – стабілізатор оперативної напруги 12 В.

Технічні дані ПС4-550/28,5Д

Напруга живлення, В.....	400 - 720
Вихідна напруга, В.....	28,5±1,5
Діюче значення пульсації вихідної напруги В, не більше.....	1,7
Максимальна вихідна потужність, кВт.....	4,0
Габаритні розміри, мм.....	375x520x780
Маса, кг, не більше.....	70
Перевантаження по струму не більше I50А.	

Для охолодження силових транзисторів у кожному модулі перетворювача вбудований вентилятор, що забезпечує примусову циркуляцію холодного повітря.

Постійна напруга 550 В через діод $VD2$ надходить на вхідний фільтр, що складається з конденсаторів $C1$ і $C2$ і дроселів $L1$ і $L2$. (див. рис.7.2). Вхідний діод $VD2$ служить для захисту перетворювача від переполюсовки і виключає циркуляцію енергії із зарядженого фільтра у контактну мережу, тобто фільтр виступає в ролі накопичувача енергії: електричної в конденсаторах і магнітної енергії в дроселях.

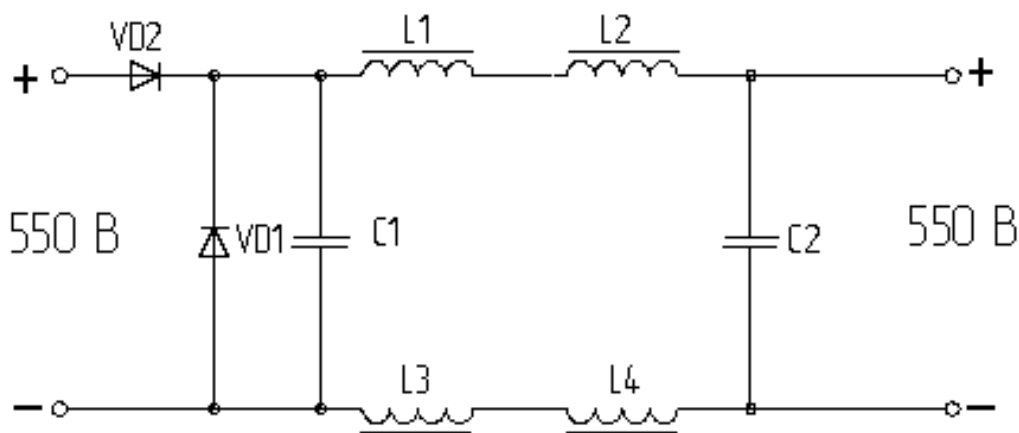


Рисунок 7.2 – Схема вхідного П - подібного LC фільтра

$$W = \frac{CU^2}{2} + \frac{LI^2}{2}, \quad (7.1)$$

де C – ємність конденсаторів $C1$ і $C2$;

L – індуктивність дроселів $L1...L4$.

Наявність діода $VD1$ дозволяє виключити виникнення перенапруг при розриві вхідного кола і забезпечує підтримку струму на виході фільтра за рахунок ЕРС дроселів. На виході фільтра встановлюється обмежувач перенапруги $FV1$ з обмеженням напруги на рівні 1000 В, що захищає шини високої напруги перетворювача ПС4-550/28,5Д.

Силова комірка містить три автономних інвертори, виконаних за напівмостовою схемою, причому входи інверторів підключені до контактної мережі послідовно через ємнісний дільник $C1 \dots C6$, а виходи низької напруги паралельно (див. рис. 7.3). У якості силових ключів використані високовольтні кремнієві біполярні p-p-n транзистори $VT1 \dots VT6$. Гальванічна розв'язка по високій і низькій напругах досягається застосуванням двообмоточних понижуючих силових трансформаторів $TV1$ і $TV2$. Перетворення біполярних імпульсів низької напруги здійснюється однофазним випрямлячем із середньою точкою (діоди $VD5$ $VD1$ і $VD14$). Для зниження пульсації випрямленої напруги застосовано фільтр нижніх частот, із дроселів $L1 \dots L3$ і конденсаторів, $C7 \dots C9$. Для вирівнювання потенціалів на обкладках конденсаторів $C1 \dots C6$ і зняття залишкового заряду після відключення перетворювача від контактної мережі вони зашунтовані резисторами $R1 \dots R6$ з опором 220 кОм.

Вирівнювання потенціалів досягається застосуванням резисторів з опором меншим ніж опір ізоляції, що забезпечує її захист від пробоя, адже ізоляція конденсаторів розрахована на робочу напругу 250 В. Конденсатори працюють в імпульсному режимі з високим ступенем розряду, з великою швидкістю і значними струмами, що вимагає застосування конденсаторів з малими значеннями тангенса кута втрат і інтенсивного їхнього охолодження.

Інвертор зібраний за півмостовою схемою (див. рис. 7.4), два плеча якої складають накопичувальні конденсатори $C1$ і $C2$, а два інших плеча - керовані ключі $VT1$ і $VT2$, виконані на транзисторах. До однієї діагоналі моста прикладається напруга $U_{кв}/3$, а до іншої діагоналі підключена первинна обмотка силового однофазного двообмоточного понижуючого трансформатора $TV1$.

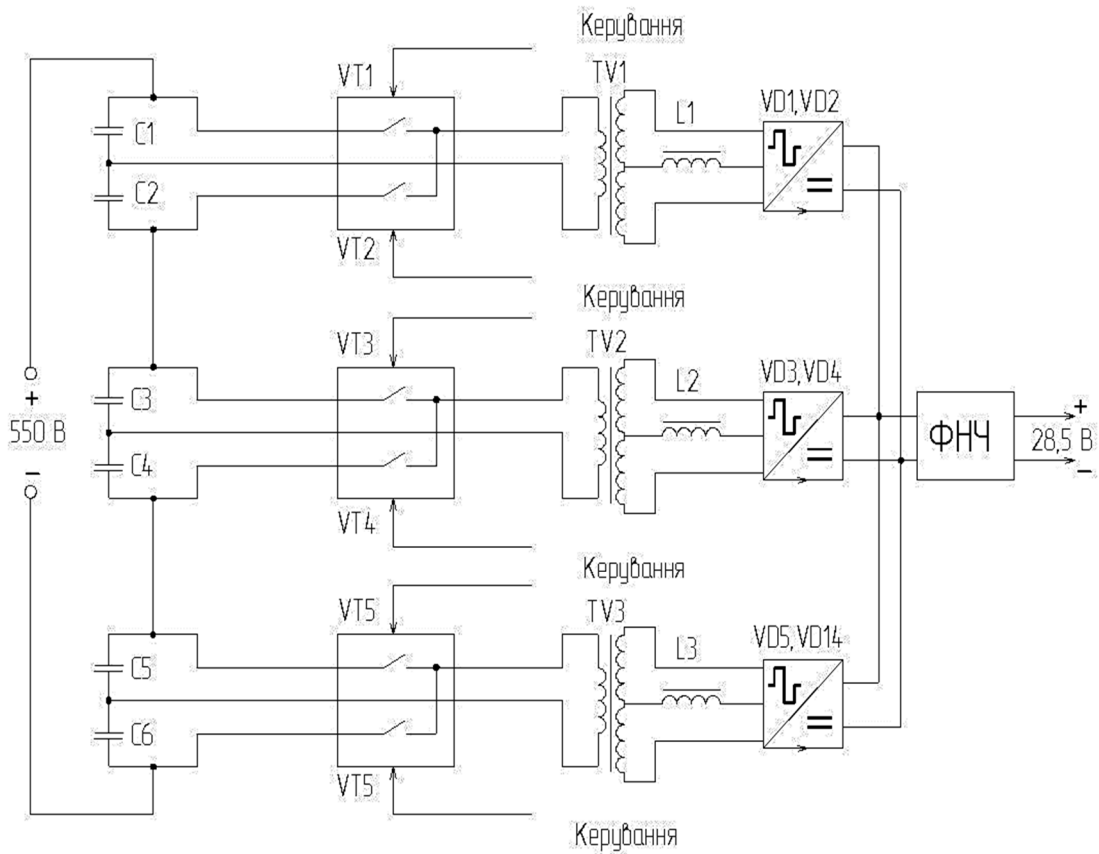


Рисунок 7.3 – Структурна схема силової комірки перетворювача

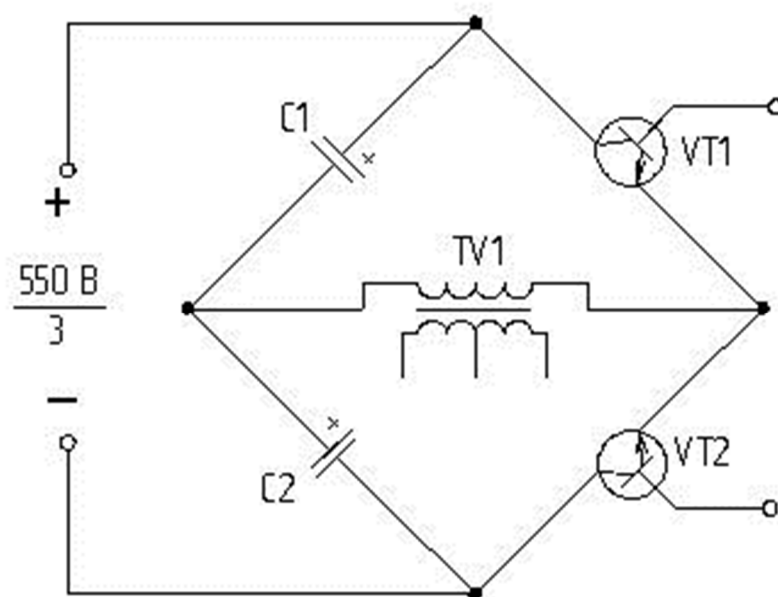


Рисунок 7.4 – Еквівалентна схема інвертора

Почергове відкриття ключів $VT1$ і $VT2$ забезпечує протікання струму розряду конденсаторів $C1$ і $C2$ у різних напрямках через первинну обмотку трансформатора $TV1$, що у свою чергу, створює можливість формувати біполярні

імпульси у вторинній обмотці трансформатора *TV1*. Частота проходження біполярних імпульсів лежить у межах 17 - 20 кГц і визначається роботою системи керування. Вторинна понижуюча обмотка трансформатора виконана із середньою точкою, що дозволяє забезпечити перетворення біполярної імпульсної напруги в пульсуючу однополярну, за допомогою тільки двох вентилів (див. рис. 7.4).

Відмінна риса однофазної напівперіодної схеми випрямлення із середнім виводом, полягає в тому, що через вентиль протікає струм $I_{max} = 1,57 I_d$.

Зниження пульсації напруги (струму) досягається застосуванням *LC*-фільтра нижніх частот.

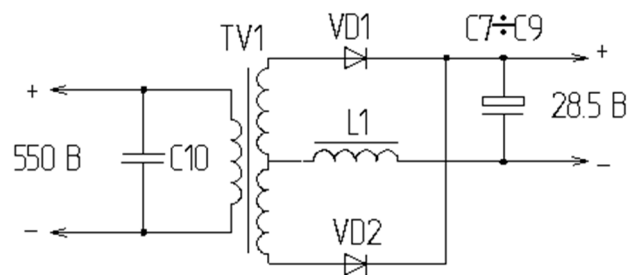


Рисунок 7.5 – Схема випрямляча

Тут індуктивність *L1* і ємність *C7...C9* працюють як акумулятори енергії і функціонують у режимі накопичення енергії (заряду) і її віддачі (розряду). Енергія магнітного поля дроселя *L1* у моменти зміни полярності вторинних імпульсів витрачається повністю, а електрична енергія конденсаторів *C7...C9* – тільки на величину, обумовлену рівнем пульсації вихідної напруги. Оскільки власна частота фільтра значно нижче частоти комутації транзисторних ключів, то він виконує роль інтегратора, тобто фільтра нижніх частот.

Для зниження перенапруги на вході силового трансформатора *TV1*, що виникають за рахунок крутих фронтів біполярних імпульсів, первинна обмотка трансформатора шунтується конденсатором *C10*. Захист від подачі на колектор - емітер напруги зворотної полярності забезпечується діодом *VD6*.

Енергія електричного поля, запасена в накопичувальних конденсаторах *C1* і *C2*, перетворюється в енергію магнітного поля силового трансформатора *TV1*

завдяки періодичній комутації цих конденсаторів, зв'язаних з первинною обмоткою силового трансформатора за допомогою транзисторних ключів $VT1$ і $VT2$. Оскільки всі транзисторні ключі виконані за однотипною схемою, то є сенс розглянути роботу тільки одного транзисторного ключа.

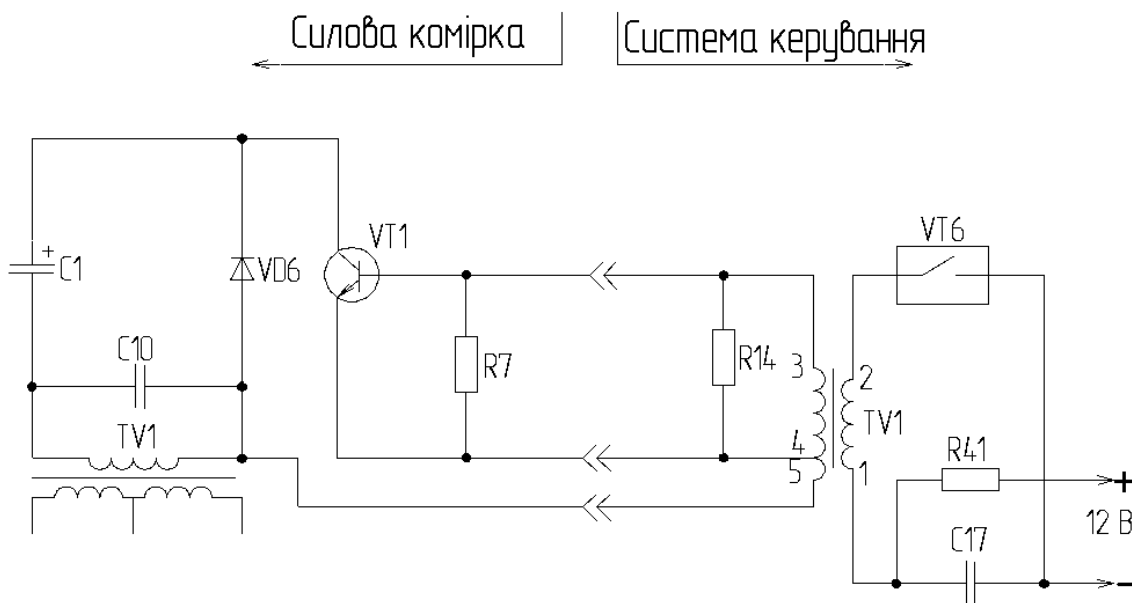


Рисунок 7.6 – Схема транзисторного ключа

Припустимо, що ключ $VT1$ відкритий і конденсатор $C1$ розряджається через транзистор $VT1$ на обмотку силового трансформатора $TV1$. Струм розряду конденсатора $C1$ протікає через вторинну обмотку (виводи 4 -5) трансформатора керування $TV1$. Оскільки струмова обмотка виконує функцію пропорційного позитивного зворотного зв'язку, то на базовій обмотці (виводи 3 - 4) генерується ЕРС, позитивний потенціал якої прикладений до бази транзистора $VT1$, що сприяє підтримці його відкритого стану. При спрацьовуванні ключа $VT6$ (схеми керування) конденсатор $C17$ * розряджається на первинну обмотку (виводи 1 – 2) трансформатора керування $TV1$ * і в його вторинній базовій обмотці генерується ЕРС, причому її негативний потенціал прикладається до бази транзистора $VT1$. У результаті цього відбувається форсоване запирання транзистора $VT1$ і розряд конденсатора $C1$ припиняється. Після запирання транзистора $VT1$ починається заряд конденсатора $C1$ від контактної мережі. При закритті транзистора $VT6$ магнітне поле трансформатора керування $TV1$ згортається, і на його базовій

обмотці генерується ЕДС, позитивний потенціал якої прикладений до бази транзистора $VT1$. Енергії, запасеної в магнітному полі трансформатора керування $TV1$ досить для надійного відкриття транзистора $VT1$. Подальшому росту струму через транзистор $VT1$ сприяє позитивний зворотний зв'язок по магнітному потоку трансформатора керування $TV1$.

Описані процеси повторюються з частотою $17\div 20$ кГц, що задає тактовий генератор системи керування. По черзі відкриваються всі непарні $VT1, VT3, VT5$ або парні $VT2, VT4, VT6$ ключі, причому якщо відкриті непарні ключі, то закриті парні й навпаки. Мінімумально припустимий проміжок часу 4 мкс після закриття попередніх ключів і відкриття наступних гарантує зникнення зарядів напівпровідникового переходу в транзисторах. Виходячи з цього, завжди існує проміжок часу, коли всі силові ключі закриті. Змінюючи тривалість відкритого і закритого стану силових ключів, при постійній періодичності їхнього переключення здійснюється регулювання вихідної напруги, тому що вихідна напруга є ніщо інше як середньозважена величина:

$$U_{CP} = \frac{1}{T} \int_0^T R_{НАГР} idt. \quad (7.2)$$

Так відбувається стабілізація вихідної напруги при зміні навантаження методом широтно-імпульсної модуляції струму.

Оскільки відбувається роздільне керування парними і непарними силовими ключами, то в схемі керування передбачено два канали керування на транзисторних ключах $VT6$ і $VT7$, що відповідно навантажені трансформаторами керування $TV1, TV3, TV5$ і $TV2, TV4, TV6$. Енергія для запирання силових транзисторів накопичується відповідно у конденсаторах $C17, C19, C21$ і $C18, C20, C22$ через свої зарядні резистори $R 41, R 43, R 45$ і $R42, R44, R46$, які підключені до позитивної шини стабілізованого вторинного джерела живлення з напругою $12В$ в проміжках часу, коли силові ключі відкриті.

ОБЛАДНАННЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ

- Розподільні щитки системи електропостачання лабораторії і схема їх підключення до лабораторних стендів.
- Дистанційні комутаційні апарати, які встановлені на розподільних щитках і лабораторних стендах.
- Прилади, що дозволяють перевірити подачу напруги до робочого місця.
- Джерела живлення власних потреб.

Лабораторний стенд призначено для проведення лабораторної роботи, мета якої ознайомитися з фізичними процесами, які відбуваються в статичному перетворювачі, тобто вимір струмів і напруг; спостереження форм сигналів, у різних точках пристрою, за допомогою осцилографа; вивчення принципів роботи схеми.

Лабораторний прилад (див. рис.7.7) являє собою промисловий, статичний перетворювач, переустаткований під навчальну модель. При цьому захисна кришка замінена прозорим оргсклом, на бічну стінку виведені кнопкова панель і клеми. На лицьовій панелі також розташована принципова електрична схема статичного перетворювача. У точках, з яких виконується знімання осцилограм, встановлені світлодіоди.

Прилад підключається до стенда (див. рис. 7.8), з якого надходить 250В і 28В постійного струму. Підключення робиться джгутом зі спеціальними розніманнями, використання яких запобігає неправильному підводу напруги і виходу з ладу лабораторної установки.

Насамперед установка підключається до стенда, на бічній стінці якого знаходиться рознімання 7 необхідне для підключення джгута живлення установки, другий вивід джгута підключається до лабораторної установки в рознімання на бічній панелі. Після того як лабораторна установка підключена, необхідно включити стенд за допомогою головного рубильника, розташованого на лицьовій панелі. Потім треба включити перемикач низької напруги 1, при цьому розпочне працювати коло керування силовими транзисторними ключами

статичного перетворювача. Наступним кроком буде включення перемикача високої напруги 9. Після цього необхідно за допомогою автотрансформатора 8 встановити напругу 250В і відключити перемикач низької напруги. Після цього лабораторна установка працюватиме в номінальному режимі.

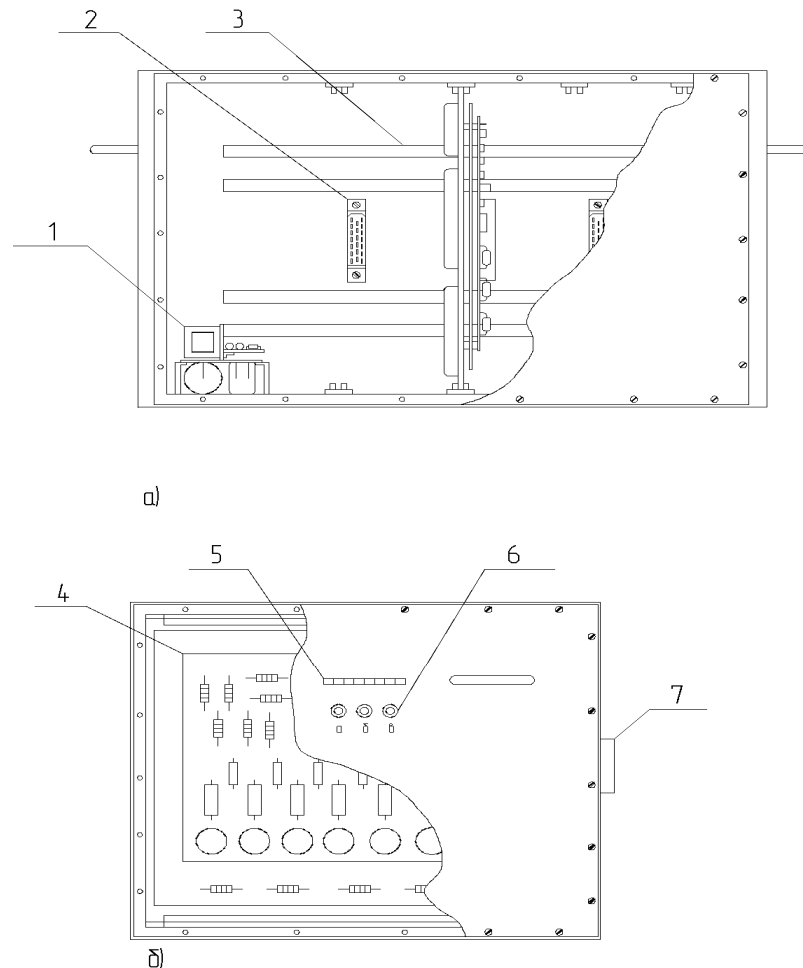


Рисунок 7.7 –Лабораторний прилад на базі статичного перетворювача ПС4 – 550/28,5 Д: 1 – плата захисту ДІЖТ 687243.038.ЕЗ; 2 – рознімання для вмикання модуля елементарного перетворювача; 3 – шини низької і високої напруг; 4 – модуль елементарного перетворювача; 5 – кнопочна станція; 6 – клеми для підключення зовнішніх вимірювальних пристроїв; 7 – рознімання для підключення лабораторної установки до стенду.

Коли стенд працює в номінальному режимі, можна робити виміри напруги і зняття осцилограм. Усі виміри треба робити на клемі 6 клемі а призначена

для підключення щупа осцилографа, клемма *б* підключена до загального проводу, клемма *в* призначена для підключення вольтметра.

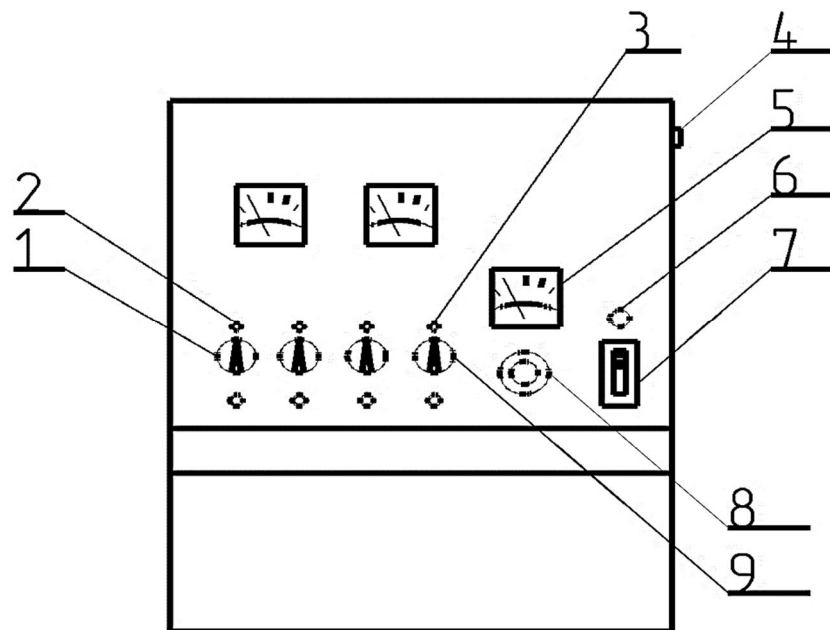


Рисунок 7.8 – Універсальний стенд для випробування електричного

обладнання: 1 – перемикач низької напруги постійного струму 28 В.;

2 – сигнальна лампа включення перемикача низької напруги; 3 – сигнальна лампа включення перемикача високої напруги; 4 – рознімання для підключення статичного перетворювача власних потреб; 5 – вольтметр високої напруги;

6 – сигнальна лампа включення стенду; 7 – автоматичний вимикач;

8 – регулятор автотрансформатора; 9 – перемикач високої напруги

Осцилограф підключають у такий спосіб: головний щуп підключають до клемми *а*, а загальний провід до клемми *б* при переключенні кнопок на кнопковій панелі 5 міняються точки, в яких знімається осцилограма, при цьому у відповідній точці на схемі загоряється світлодіод. Напруга вимірюється на клеммах *в* і *б*, при цьому клемма *в* позитивний вивід, а клемма *б* - негативний. Після того як всі виміри будуть зроблені, необхідно виключити лабораторну установку. Вимикання лабораторної установки здійснюється в послідовності, зворотній включенню.

ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Підключити лабораторний прилад до стенду.
2. За допомогою автотрансформатора встановити напругу на вході схеми 250 В.
3. Підключити осцилограф і зняти осцилограми в контрольних точках лабораторного приладу.
4. Порівняти отримані осцилограми з ідеалізованими і зробити висновок про працездатність статичного перетворювача.

ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Опис роботи і призначення статичного перетворювача.
2. Принципова схема лабораторного приладу.
3. Осцилограми в контрольних точках схеми статичного перетворювача.
4. Відповіді на контрольні запитання.

ЗАПИТАННЯ ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ №7

1. Призначення статичного перетворювача.
2. Перерахувати елементи з яких складається статичний перетворювач.
3. Призначення схеми обмежувача пускового струму.
4. Пояснити принцип дії інвертора.
5. Навести технічні дані статичного перетворювача.
6. Які переваги має статичний перетворювач в порівнянні із системою двигун - генератор.
7. З якою метою статичний перетворювач має чотири елементарних блоки?
8. Як виконується гальванічна розв'язка високої і низької напруг.
9. Як виконується стабілізація вихідної напруги статичного перетворювача?
10. Як виконується захист силових транзисторів інвертора від коротких замикань?

ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ, ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ І ПРИНЦИПА ДІЇ ОБМЕЖУВАЧА ПУСКОВОГО СТРУМУ

МЕТА РОБОТИ: дослідити конструкцію, функціональне призначення і принцип дії обмежувача пускового струму.

ЗМІСТ РОБОТИ

1. Ознайомитись з конструкцією обмежувача пускового струму і його складових елементів.
2. Вивчити принципову схему і дослідити її роботу при різних параметрах елементів.
3. Скласти звіт.

Загальні відомості про обмежувач струму

При подачі напруги на вхід LC -фільтра на його виході, до якого підключений статичний перетворювач, напруга наростає плавно через наявність у фільтрі конденсаторів. Для ще більшого зниження швидкості наростання напруги послідовно з навантаженням включається обмежувачий резистор $R2$. Це забезпечує плавний вивід силових блоків статичного перетворювача на номінальний режим роботи. Після виходу перетворювачів на номінальний режим резистор $R2$ блокується тиристором $VS2$ (див. рис.8.1).

Тиристор $VS2$ відкривається і шунтує резистор $R2$, в результаті чого знімається обмеження по пусковому струму і, отже, по швидкості наростання напруги на входах силових комірок елементарних перетворювачів, тобто ємнісного діляника напруги силових комірок. Тривалість відключеного стану

тиристора визначається сумою постійних часу заряду ємностей фільтра τ_{ϕ} і RC - кола динистора $VS1$.

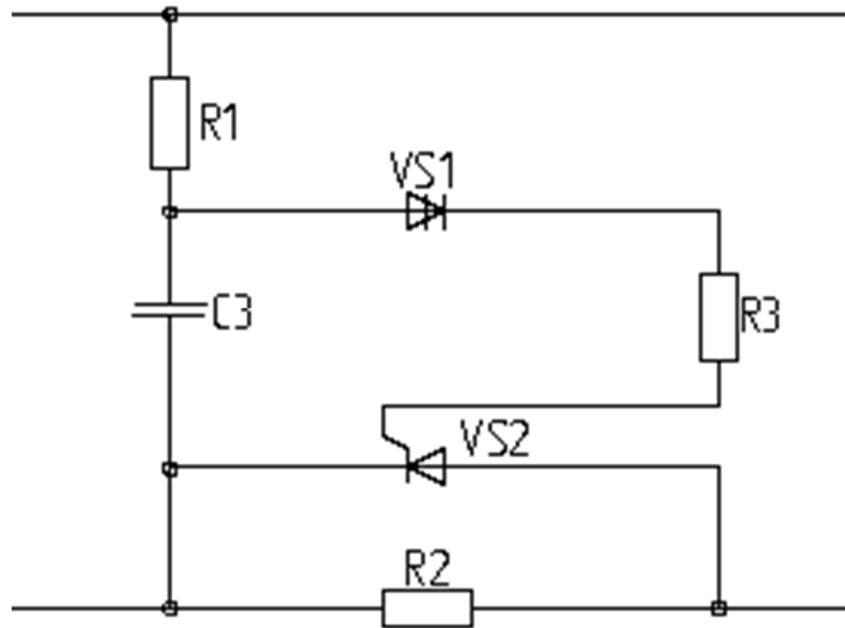


Рисунок 8.1 – Схема обмежувача пускового струму

Напруга на виході фільтра наростає і з її ростом підвищується напруга на конденсаторі $C3$ постійна часу заряду, якого дорівнює приблизно $\tau_{\text{зар}} = R_1 C_3 \approx 4\text{с}$. При досягненні напруги на конденсаторі $C3$ порога відмикання динистора $VS1$, останній відкривається і подає сигнал на відкриття тиристора $VS2$ (див. рис.8.2).

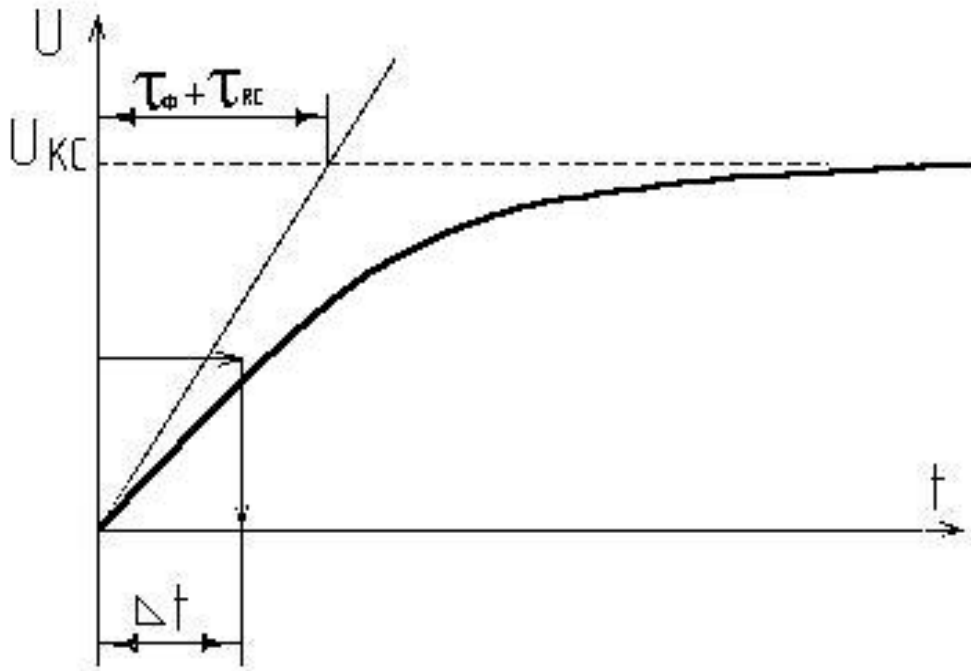


Рисунок 8.2 – Затримка спрацьовування тиристора VS

При зниженні струму, споживаного перетворювачем, до величини струму утримання тиристора останній закривається і в ланцюг вводиться резистор R_2 . Таке рішення дозволяє забезпечити плавний вивід силових комірок при короткочасних перервах в електропостачанні рухомого складу, що спостерігаються при проході спеціальних частин контактної мережі.

ОБЛАДНАННЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ

- Розподільні щитки системи електропостачання лабораторії і схема їх підключення до лабораторних стендів.
- Дистанційні комутаційні апарати, які встановлені на розподільних щитках і лабораторних стендах.
- Прилади, що дозволяють перевірити подачу напруги до робочого місця.
- Джерела живлення власних потреб.

ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Зібрати схему відповідно до рисунку 8.1.
2. За допомогою автотрансформатора встановити напругу на вході схеми 250 В.
3. За допомогою ключа К1 подати напругу на обмежувач і зафіксувати час її появи на резисторі навантаження.
4. Змінюючи величину ємності конденсатора за допомогою ключів К1 - К2 виконати повтор пункту №3.
5. На підставі виконаних дослідів побудувати залежність часу появи напруги на резисторі навантаження від ємності конденсатора.

ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Опис роботи і призначення обмежувача пускового струму.
2. Принципова схема лабораторної установки.
3. Залежність часу появи напруги на резисторі навантаження від ємності конденсатора.
4. Відповіді на контрольні запитання.

ЗАПИТАННЯ ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ №8

1. Призначення схеми обмежувача пускового струму.
2. На які параметри статичного перетворювача впливає обмежувач пускового струму?
3. Як працюватиме статичний перетворювач при виході з ладу окремих елементів обмежувача?
4. Яку вольт - амперну характеристику має диністор?
5. Яку вольт - амперну характеристику має тиристор?
6. Як впливають вольт - амперні характеристики тиристора і диністора на параметри обмежувача?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 9

ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ТРОЛЕЙБУСА 14Тр

МЕТА РОБОТИ: дослідити конструкцію і функціональне призначення електричного обладнання тролейбуса 14Тр.

ЗМІСТ РОБОТИ

1. Ознайомитись з конструкцією та функціонуванням електричного обладнання тролейбусу 14Тр

2. Вивчити принципову електричну схему і дослідити її роботу при різних режимах роботи.

3. Зняти осцилограми на виході блоку МТ3.3 при роботі лабораторної установки.

4. Зняти осцилограми на виході імпульсних трансформаторів керування тиристорами.

5. Скласти звіт.

Загальні відомості про силовий блок МТ 3.3

Силовий блок МТ 3.3 (див. рис. 9.1) є складовою частиною схеми тиристорно-імпульсного керування тролейбуса 14-Тр. Силовий блок, разом з регулятором *РТС 2.3* керує споживанням струму тяговим двигуном тролейбуса в режимі пуску і реостатного гальмування.

Силовий блок являє собою коробчату конструкцію, яка виготовлена з пластин склотекстоліту товщиною 10 мм. У внутрішній порожнині розміщені алюмінієві охолоджувачі з ребрами, через які проходить потік повітря від спеціального вентилятора. В охолоджувачах є отвори з різьбленням, в яких кріпляться силові діоди і тиристори. Всього діодів – 10, тиристорів – 3. У верхній

частині розміщені елементи RC-ланцюгів і імпульсні трансформатори для керування тиристорами.

Технічна характеристика силового блоку:

Номінальна напруга	600 В
Максимальний струм	320 А
Частота переключення тиристорів	0...600 Гц
Комутуюча ємність	120 мкф
Маса	107 кг
Охолодження	примусове

Призначення елементів силового блоку МТ 3.3

V1...V4 – діоди вхідного моста, що забезпечують постійну полярність на силовому блоці, незалежно від зміни полярності в контактній мережі;

V5 – перезарядний діод;

V6 – комутуючий тиристор, який керує роботою головних тиристорів;

V7, V8 – головні тиристори, що регулюють величину струму споживання тяговим двигуном;

V9 – розрядний діод;

V10 – діод незалежного гальма;

V11 – діод гальмовий;

V12 – діод анти коливальний;

V13 – нульовий діод;

L1 – пере зарядний дросель;

L2...L4 – повітряні дроселі;

L5...L6 – дроселі насичення;

C9 – комутуюча ємність 120 мкФ;

T1 – імпульсний трансформатор, що керує роботою комутуючого тиристора;

T2 – імпульсний трансформатор, що керує роботою головних тиристорів.

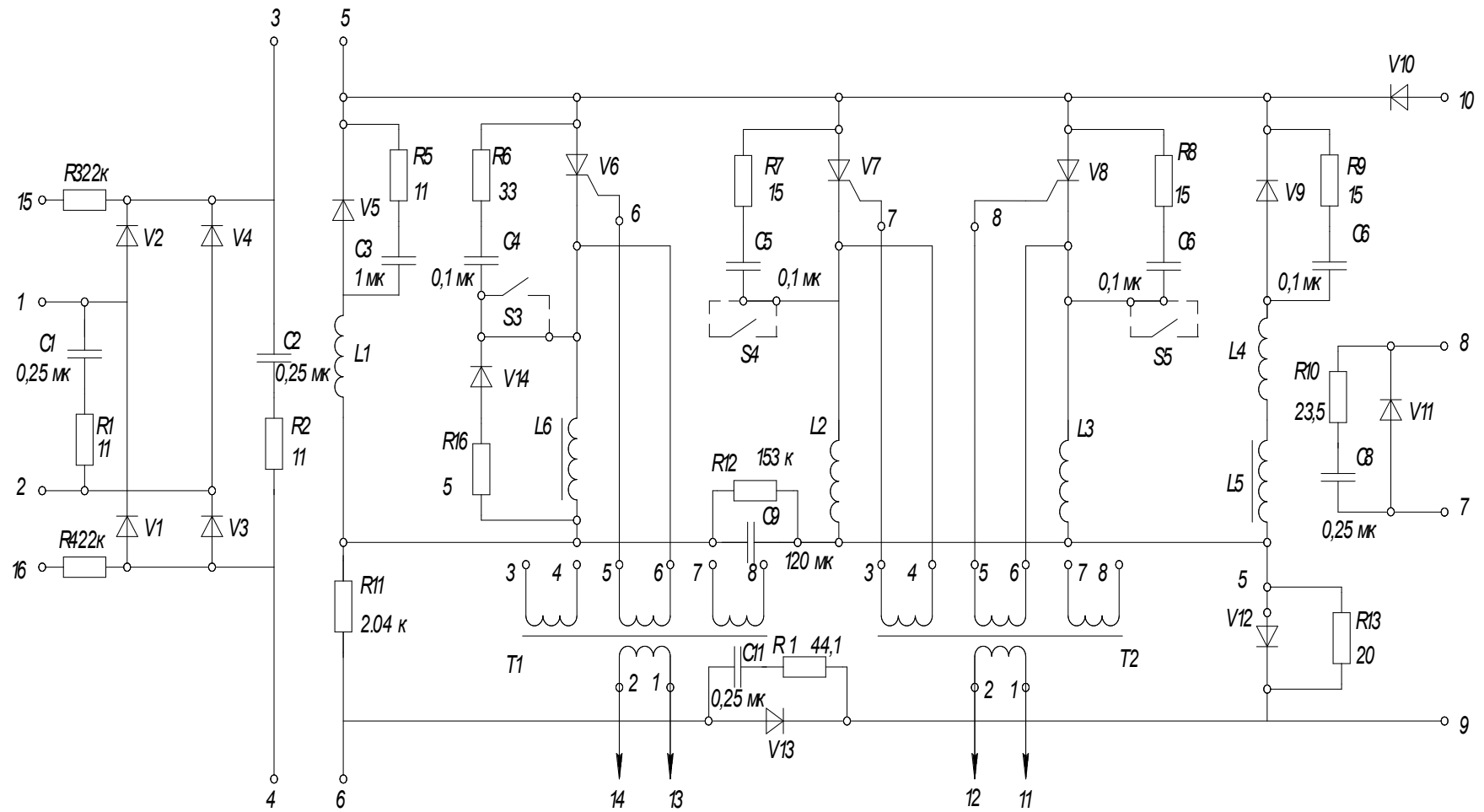


Рисунок 9.1 – Принципова схема силового блоку МТ 3.3 тролейбуса 14-Тр

ОБЛАДНАННЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ

- Розподільні щитки системи електропостачання лабораторії і схема їх підключення до лабораторних стендів.

- Дистанційні комутаційні апарати, які встановлені на розподільних щитках і лабораторних стендах.

- Прилади, що дозволяють перевірити подачу напруги до робочого місця.

- Джерела живлення власних потреб.

Лабораторна установка живиться від мережі змінного струму напругою 220 В.

Стенд складається із силового блоку, блоку керування, контакторної панелі, контролера, двигуна, а також перетворюючого блоку для живлення низьковольтних кіл постійним струмом.

В якості навантаження для стенда 14Тр використовується приводний двигун допоміжного генератора стенда по дослідженню електричного обладнання тролейбуса ЗіУ-9. У зв'язку з цим для того щоб використовувати двигун двома стендами встановлено магнітний пускач, включенням якого змінюється схема підключення двигуна до одного або до іншого стенду (див. рис. 9.2).

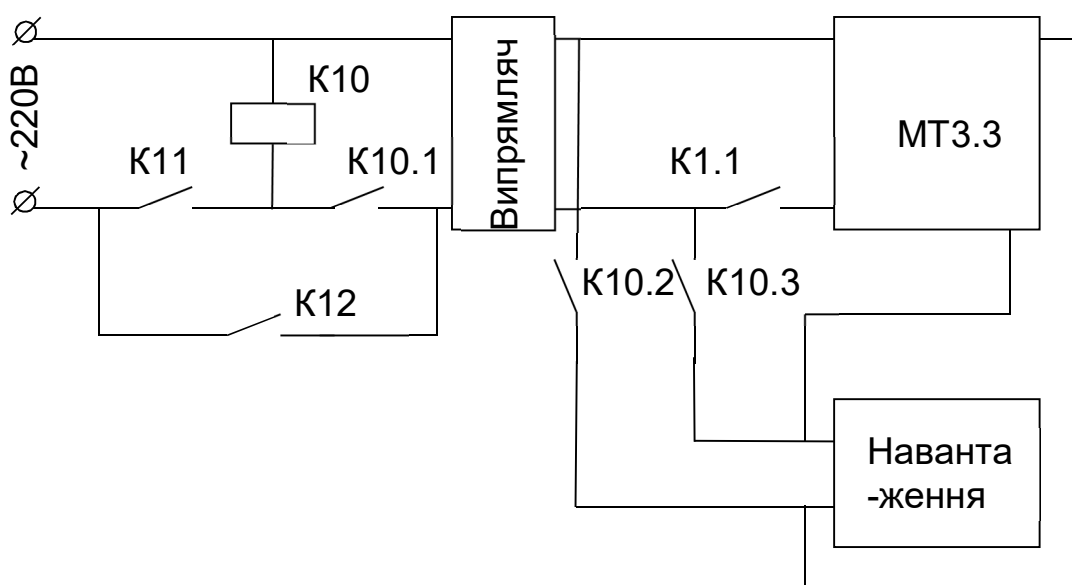


Рисунок 9.2 – Схема перемикачів навантаження між стендами

Силовий блок, блок керування і контакторна панель кріпляться болтовими з'єднаннями до металевих стійок.

З метою раціонального використання місця в лабораторії, а також для зменшення витрат сполучних проводів силовий блок і блок керування розташовані на невеликій відстані, яка забезпечує нормальну експлуатацію і можливість проведення ремонтних і вимірювальних робіт.

Для зручності керування стендів контролер винесений назовні й закріплений болтовими з'єднаннями до дерев'яної перегородки, розподіляючої стенди. Контактторна панель встановлена таким чином, що забезпечує візуальне спостереження за спрацьовуванням контакторів. На бічній панелі блоку керування встановлена індикаторна панель (див. рис. 9.3), на якій відображається наступна інформація:

- наявність напруги живлення схеми керування 24 В;
- наявність напруги живлення на тиристорно-імпульсному перетворювачі > 180 В;
- наявність сигналу «хід»;
- наявність сигналу «гальмування»;
- наявність сигналу «мийка»;
- сигнал про включення першої ступені ослаблення поля;
- сигнал про включення другої ступені ослаблення поля;
- наявність сигналів «off» на виході блоку керування;
- наявність сигналів «on» на виході блоку керування.

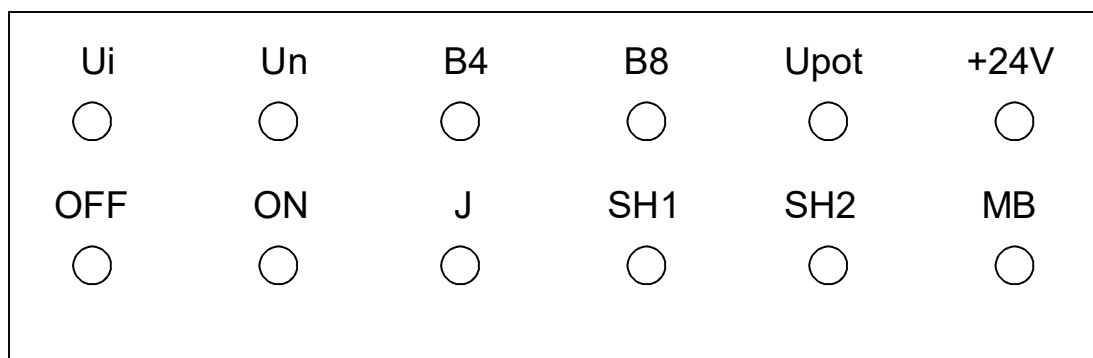


Рисунок 9.3 – Індикаторна панель блоку керування

На контакторній панелі розташовані п'ять контакторів, (див. рис. 9.4), що кріпляться до контакторної панелі болтовими з'єднаннями. Контактори отримують живлення від мережі постійного струму напругою 24 В.

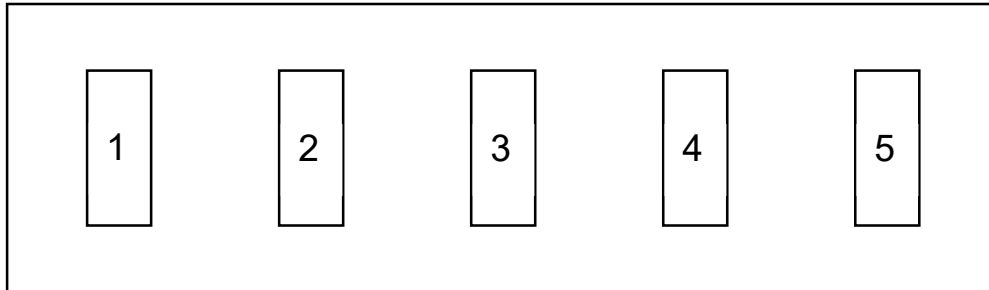


Рисунок 9.4 – Контакторна панель: 1 – контактор включення режиму «хід»; 2 – контактор включення першої ступені ослаблення поля; 3 – контактор включення другої ступені ослаблення поля; 4, 5 – контактори включення режиму «гальмування»

Перший контактор при включенні подає напругу негативної полярності на блок *MT 3.3* від випрямляча. Перша ступінь ослаблення поля відбувається за рахунок підключення другим контактором паралельно обмотці збудження двигуна опору. Третій контактор здійснює включення другої ступені ослаблення поля. Четвертий і п'ятий контактори здійснюють режим електродинамічного гальмування.

Силовий тиристорно-імпульсний блок *MT 3.3* виконує роль тиристорного ключа, який регулює струм двигуна.

У блоці *MT 3.3* вбудований попередній силовий випрямляч, призначений для підтримки постійної полярності на силовому тиристорно-імпульсному блоці. Цей випрямляч дозволяє змінювати полярність на джерелі живлення даючи тим самим можливість тролейбусу при перестановці струмоприймачів на зустрічну лінію працювати в нормальному режимі. У блоці *MT 3.3* вмонтовані також опори за допомогою яких знімається напруга живлення двигуна, виводи для підключення блоку виведені на клемні коробки *X1* і *X3* (див. рис. 9.5).

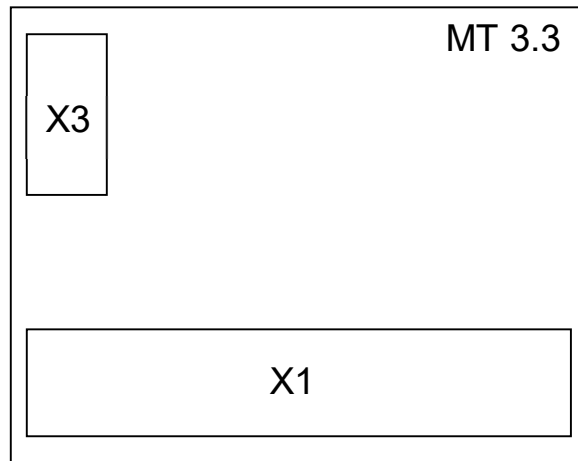


Рисунок 9.5 – Силовий блок *MT 3.3* з боку клемних коробок

Всі елементи жорстко змонтовані в блоці. Клеми виведені назовні. На бічних стінках корпуса блоку є ручки для його транспортування..

У блоці керування *RTS 2.1* розташовані дві клемні коробки. В одній з них розташовані клеми - для вхідних і вихідних сигналів напругою 24 В постійного струму, а в іншій клемі для вхідних і вихідних сигналів від блоку *MT 3.3* і шунтів розташованих у силовому колі.

Тиристорно-імпульсний блок керування розділений на окремі блоки (знімні плати), кожний з яких виконує своє завдання в обробці сигналів і взаємодії один з одним, а також із вхідними і вихідними сигналами.

Усі плати розташовані на шасі і мають штирьові контакти які дозволяють здійснювати швидку заміну неробочої плати без паяння чи від'єднання контактів (див. рис. 9.6).

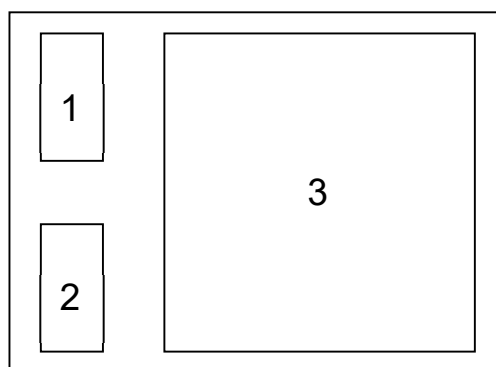


Рисунок 9.6 – Розміщення схем і клемних коробок в блоці *RTS 2.1*:

1– клемна коробка *X2*; 2 – клемна коробка *X1*; 3 – шасі з платами

Контролер водія перетворює механічне натискання педалі "хід" і педалі "гальмування" в електричний сигнал, який подається на вхід тиристорно-імпульсного регулятора. На контролері знаходяться п'ять нормально розімкнутих контактів для кіл напругою 24 В, один використовується при режимі "хід" і чотири при режимі "гальмування". Замикання контактів при режимі "гальмування" відбувається поступово і залежить від ступеня натискання педалі "гальмування".

При включенні стенда ЗіУ-9 замиканням контактора *K11* отримує живлення магнітний пускач *K10*. При включенні магнітного пускача *K10* замикаються його контакти *K10.1*, *K10.2* і *K10.3*. Замиканням контакту *K10.1* забезпечується подача напруги 220 В змінного струму на випрямляч. На виході випрямляча одержуємо постійну напругу полярністю "плюс" на проводі 5 і полярністю "мінус" на проводі 6.

Контакт *K10.1* виключає можливість включення магнітного пускача при включенні стенда 14 Тр замиканням контактора *K12* (див. рис. 9.7).

Замиканням контактів *K10.2* і *K10.3* забезпечується подача напруги на двигун, при цьому струм протікає по колу: провід 5, полярність, контакт *K10.2*, провід 7, якорь двигуна, провід 9, послідовна обмотка збудження двигуна, провід 8, контакт *K10.3*, провід 6 .

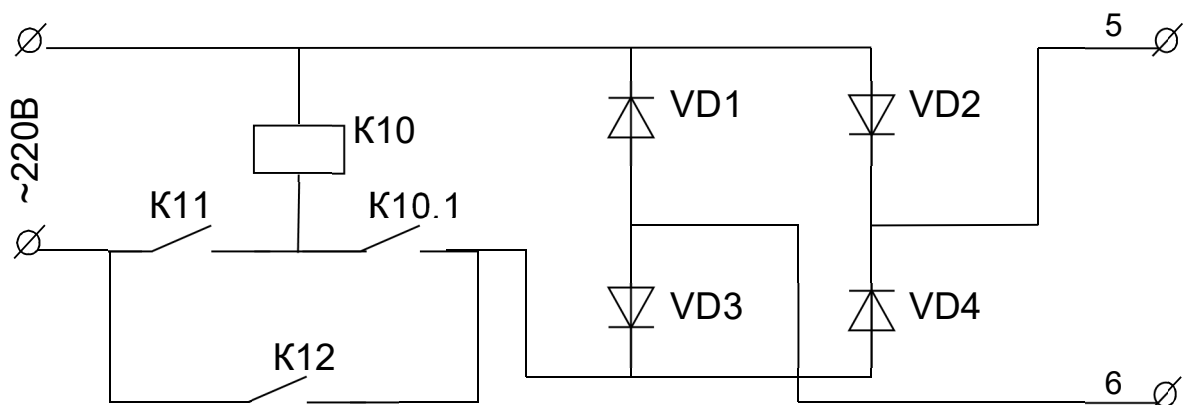


Рисунок 9.7 – Схема включення вхідного випрямляча

Контакти *K10.2* і *K10.3* забезпечують між випрямлячем і двигуном при включенні стенда 14 Тр роз'єднання електричного кола, в який включається тиристорно-імпульсний перетворювач.

Включення стенда 14 Тр забезпечується двома контакторами *K12* і *K13*.

Схема керування тиристорно-імпульсного перетворювача стенда живиться напругою 24 В від випрямляча, який установлений після понижуючого трансформатора. Включення понижуючого трансформатора *T4* забезпечується контактором *K13* (див. рис. 9.8).

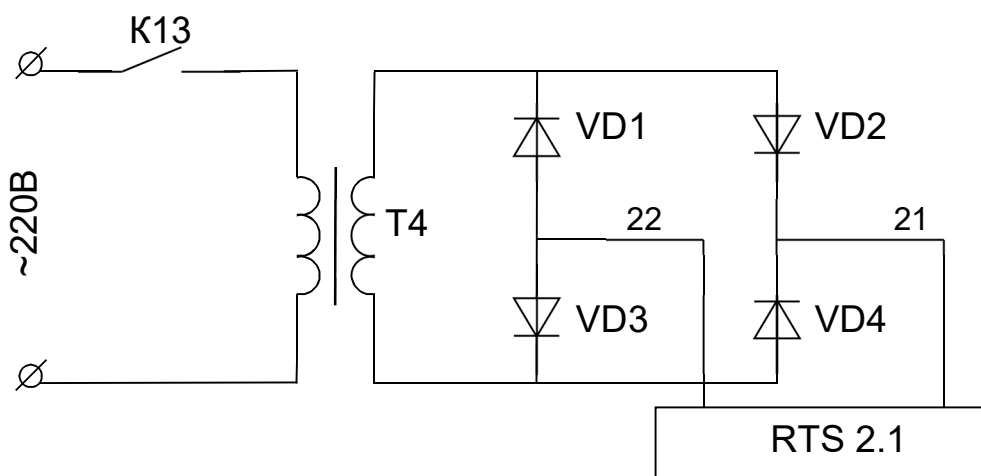


Рисунок 9.8 – Схема джерела живлення блоку RTS 2.1

Тиристорно-імпульсний перетворювач отримує живлення від випрямляча, який підключений до мережі напругою 220 В змінного струму через контактор *K12*.

При натисканні на педаль «хід» вал контролера замикає контакт *K15*, його включення забезпечує подачу напруги 24 В на клему 3 клемної коробки *X2* блока керування і включення контактора *K1*, розташованого на контакторній панелі.

При спрацьовуванні контактора *K1* його силовий контакт *K1.1* подає живлення на блок *MT 3.3* (див. рис. 9.9).

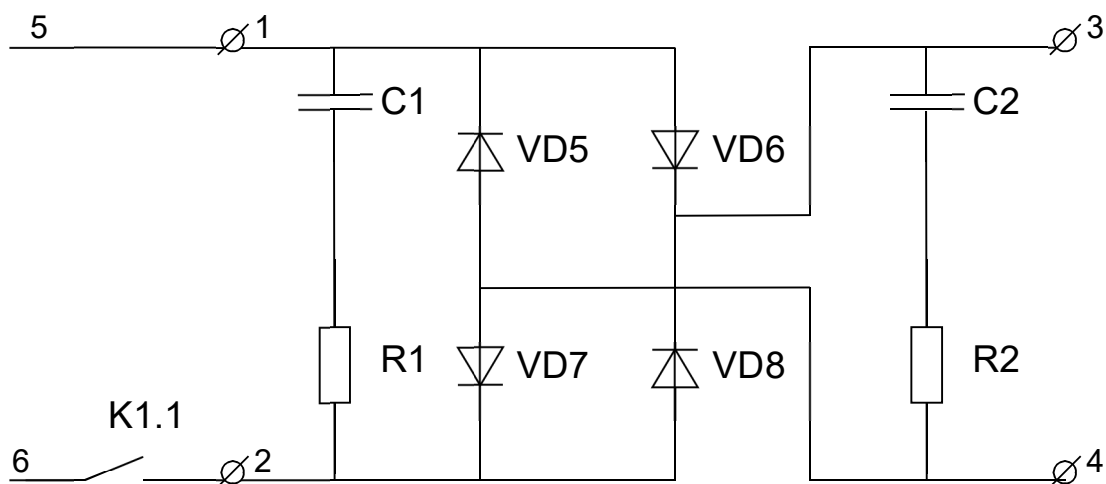


Рисунок 9.9– Схема попереднього випрямляча блоку *MT 3.3*

При наявності напруги на силовому тиристорно-імпульсному блоці вона подається на блок керування клеми 10 - 11 і блок керування виробляє імпульси «on». При подачі імпульсів «on» на блок *MT 3.3* відкривається тиристор і на клемі 9 з'явиться напруга. Струм протікає по колу: провід 5, клема 1 блоку *MT3.3*, блок *MT 3.3*, клема 9 блоку *MT 3.3*, провід 7, якір двигуна, провід 9, послідовна обмотка збудження двигуна, провід 8, шунт *R20*, провід 13, клема 6 блоку *MT 3.3*, блок *MT 3.3*, клема 2 блоку *MT3.3*, провід 12, контакт *K1.1*, провід 6 .

Значення струму двигуна знімається із шунта *R20* і подається на блок керування на клеми 2 і 3 клемної коробки *XI* (див. рис. 9.10).

При перевищенні струмом двигуна струму уставки виробляється імпульс «off», який закриває тиристор. При цьому двигун відключається від мережі і його струм починає зменшуватися. При зменшенні струму двигуна до струму уставки блок керування виробляє імпульси «on».

При натисканні педалі «хід» більше 60 % свого ходу блок керування виробляє сигнал на включення контактора *K6*.

Його силовий контакт *K6.1* паралельно обмотці збудження двигуна підключає опір, забезпечуючи ослаблення поля (перша ступінь ослаблення поля).

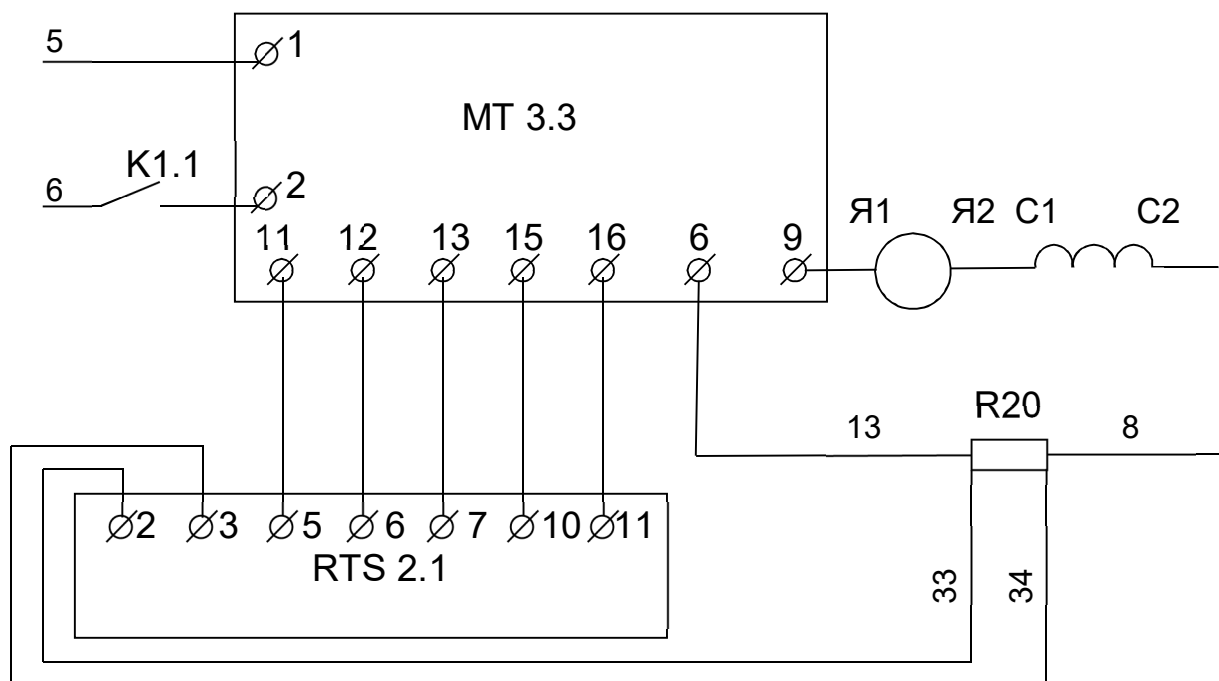


Рисунок 9.10 – Схема взаємодії сигналів між блоками

При натисканні педалі «хід» більше 80 % свого ходу блок керування виробляє сигнал на включення контактора *K7*. При включенні контактора *K7* його силовий контакт *K7.1* паралельно обмотці збудження двигуна включає ще один опір - друга ступінь ослаблення поля (див. рис. 9.11).

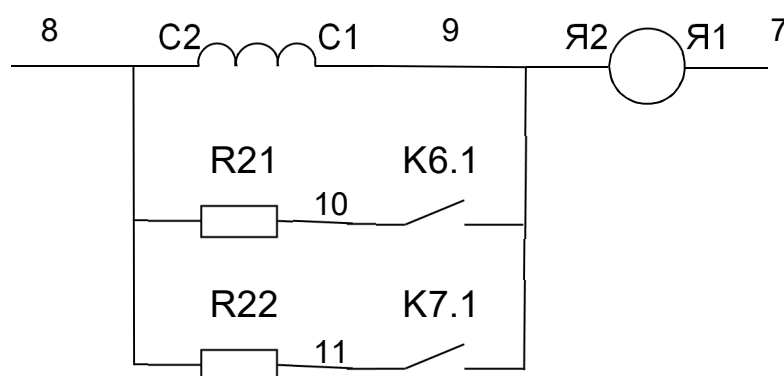


Рисунок 9.11 – Схема підключення опорів для ослаблення поля

При натисканні педалі «гальмування» замикається контакт *K14* і подає живлення 24 В на клеми 4 і 8 клемної коробки *X2* керуючого регулятора. Подається також живлення на контактори *K8* і *K9*.

Електрична схема лабораторного стенда і взаємодія сигналів між усіма блоками й елементами представлена у вигляді блок-схеми (див. рис. 9.12).



Рисунок 9.12 – Блок-схема лабораторного стенда

ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Подати живлення на блоки МТ 3.3 і RTS 2.1 лабораторної установки.

2. Змінюючи положення ходової педалі зафіксувати зміни, що відбуваються з контакторами контакторної панелі і індикаторної панелі блоку керування.

3. Змінюючи положення гальмівної педалі, зафіксувати зміни, що відбуваються із контакторами контакт орної панелі і індикаторної панелі блоку керування.

4.Зняти осцилограми на виході блоку МТЗ.3 при роботі лабораторної установки.

5.Зняти осцилограми на виході імпульсних трансформаторів керування тиристорами.

ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Опис елементів лабораторної установки.
- 2.Опис інформації, що відображається на бічній панелі блоку керування.
- 3.Опис яким чином отримує живлення блок RTS 2.1.
- 4.Опис регулювання струму навантаження блоком МТЗ.3.
5. Осцилограми на виході блоку МТЗ.3 при роботі лабораторної установки.
- 6.Осцилограми на виході імпульсних трансформаторів керування тиристорами.

ЗАПИТАННЯ ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ №9

- 1.З яких елементів складається лабораторна установка?
- 2.Що є навантаженням блоку МТ 3.3?
- 3.Яка інформація відображається на бічній панелі блоку керування?
- 4.Яке призначення мають контактори на контакторній панелі?
- 5.Скільки клемних коробок має блок МТ 3.3, яке їх призначення?
- 6.Яким чином отримує живлення блок RTS 2.1?
- 7.Як виконується регулювання струму навантаження блоком МТЗ.3?
- 8.При яких умовах виконується ослаблення поля ТЕД?
- 9.Яке призначення нульового діода?
- 10.Як відбувається регулювання гальмівної сили тролейбуса 14-ТР?

ВИПРОБУВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ РЕГУЛЯТОРІВ НАПРУГИ

МЕТА РОБОТИ: навчитися виконувати перевірку параметрів електронних регуляторів напруги різних типів: 1112.3702, PP132, PP132A, 13.3702, 17.3702, PP356.

ЗМІСТ РОБОТИ

1. Ознайомитись із загальними відомостями про роботу електронних регуляторів напруги.
2. Ознайомитись с роботою лабораторного стенду.
3. Скласти функціональну схему електронних регуляторів напруги за вказівкою викладача.
4. Зняти осцилограми та порівняти характеристики електронних регуляторів.
5. Скласти звіт.

Загальні відомості про роботу електронних регуляторів напруги

Застосування електронних регуляторів напруги (РН) дозволяє підвищити довговічність акумуляторних батарей і ламп.

Номенклатура РН дуже широка. У таблиці 10.1 наведено відомості про деякі регулятори напруги транспортних засобів.

РН керує струмом, що протікає через обмотку збудження генератора. Якщо напруга генератора U_G більше опорної напруги U_{on} , струм, що проходить через обмотку збудження, зменшується (припиняється). За умови, що U_G менше U_{on} , через обмотку протікає струм. У зв'язку з тим що частота зміни струму збудження досить велика, середнє значення регульованої напруги генератора має задане значення U_p

Таблиця 10.1 – Технічні дані регуляторів напруги, що встановлені на транспортних засобах

Тип регулятора напруги	Тип генератора	Номінальна напруга, В
13.3702	16.3701	14
17.3702	37.3701	14
121.3702	Г221	14
1112.3702	Г288, Г288-А, Г288-В, 2102, 3701	28
РР132, РР132А	Г250-П1, Г250-П2, Г287	14
РР356	Г272	28
Я112А	Г254, Г266-В, Г286-А, 28.3701	14
Я112В	Г222	14
Я120М	Г273, Г273-А, Г289	28

У деяких РН маються перемикачі, що змінюють значення U_p . Так, у РР132А за допомогою перемикача можна установити 3 різні значення напруги U_{II} : мінімальне, середнє і максимальне. Уведення декількох рівнів зв'язане з тим, що оптимальна напруга мережі для підзарядки акумуляторної батареї змінюється в залежності від температури навколишнього середовища. Для 12-вольтових акумуляторних батарей оптимальна напруга U_p змінюється від 13,3 В (улітку, південна кліматична зона) до 14,6 В (узимку, північна кліматична зона).

РН керує струмом збудження генератора за допомогою вихідного транзистора (транзисторів), що працює в режимі ключа. При відкритому транзисторі через обмотку збудження протікає струм, при закритому струм практично відсутній. При відкритому вихідному транзисторі на вихідному колі РН відбувається падіння напруги $U_{вих}$. У процесі роботи РН у вхідному колі протікає струм $I_{вх}$.

При закритті вихідного транзистора через різке зниження струму в обмотці збудження наводиться е.р.с. самоіндукції. Струм самоіндукції протікає через

зворотний діод, що захищає вихідні елементи від перенапруги. Але на зворотному діоді у прямому напрямку падає напруга U_{δ} .

РН 17.3702 (див. рис. 10.1) виконаний на п'ятих транзисторах і містить елемент порівняння, ключовий підсилювач і вихідний каскад.

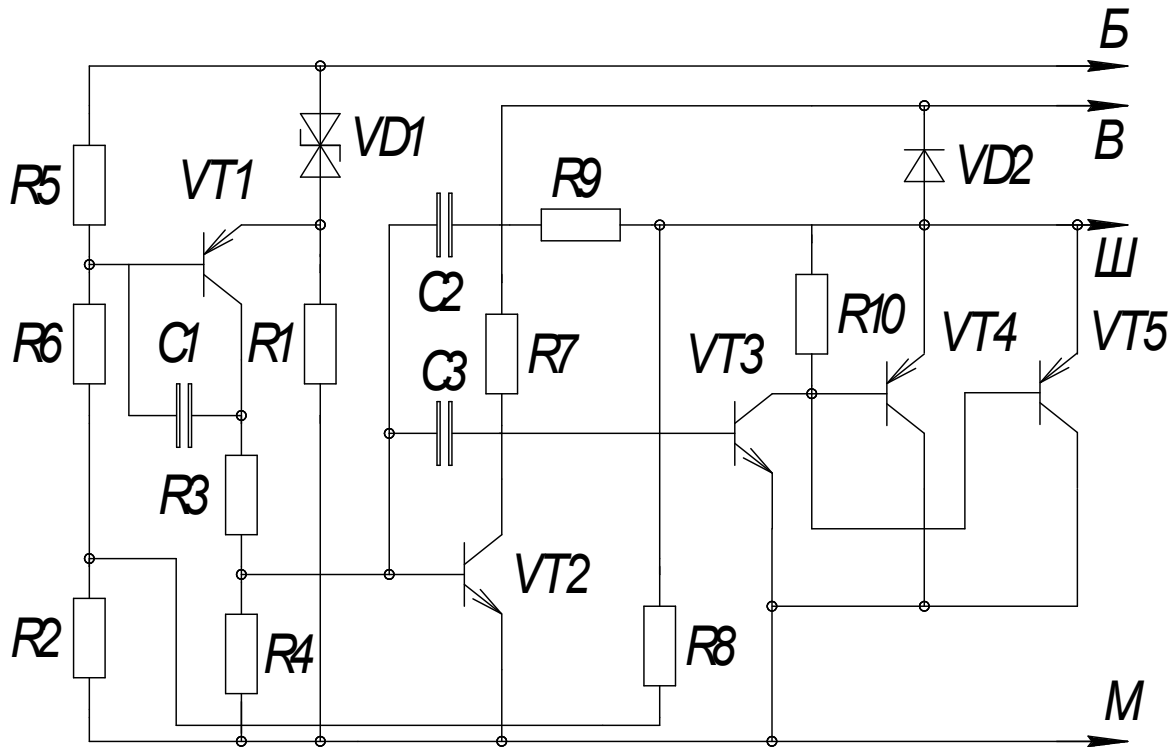


Рисунок 10.1 – Принципова електрична схема РН 17.3702

Елемент порівняння виконаний на транзисторі $VT1$, перехід якого база - емітер включено у діагональ вимірювального моста. Одне плече моста складають резистори $R5$, $R6$ і $R2$, а інше плече - резистор $R1$ і стабілітрон $VD1$. Пороги включення і вимикання РН набудовують у заводських умовах підбором резистора $R6$.

Ключовий підсилювач виконано на транзисторі $VT2$, навантаженням якого є резистор $R7$.

Вихідний каскад виконано на транзисторах $VT3$, $VT4$ і $VT5$. Для зменшення падіння напруги на вихідному каскаді транзистори $VT4$ і $VT5$ включені паралельно і вони зв'язані із транзистором $VT3$ за схемою складового транзистора. Навантаженням вихідного каскаду є обмотка збудження

генератора, паралельно якій включено зворотний діод $VD2$. Діод $VD2$ забезпечує протікання струму через обмотку збудження при закриванні вихідного каскаду і захист від пробую транзисторів вихідного каскаду.

РН 17.3702 працює наступним чином: Якщо напруга на клемі «+» генератора перевищить поріг вимикання РН, вимірювальний міст виявиться розбалансованим таким чином, що напруга на емітері транзистора $VT1$ стане більшою, ніж на його базі. Транзистор $VT1$ відкриється, струм, що протікає через резистор $R5$, відкриє транзистор $VT2$, а він, у свою чергу, зашунтує перехід база - емітер відкритого транзистора $VT3$ і закриє його. Струм через переходи база - емітер транзисторів $VT4$ і $VT5$ припиниться і вони також закриються.

Після закриття транзисторів $VT4$ і $VT5$ струм в обмотці збудження починає зменшуватися, протікаючи через діод $VD2$. Вихідна напруга генератора зменшується до порога включення РН. При цьому вимірювальний міст розбалансується в іншу сторону, тобто напруга на емітері транзистора $VT1$ стане меншою, ніж на його базі, він закриється і весь процес повториться в зворотному порядку.

Для поліпшення роботи РН у ньому використані зворотні зв'язки. Позитивний зворотний зв'язок подається з емітерів вихідних транзисторів на базу транзистора $VT2$ через резистор $R9$ і конденсатор $C2$. Позитивний зворотний зв'язок виключає роботу транзисторів у лінійному режимі, зменшує їхній час переключення, знижуючи тим самим потужність, що розсіюється на вихідних транзисторах.

Негативний зворотний зв'язок подається з емітерів вихідних транзисторів на базу транзистора $VT1$ через резистори $R8$ і $R6$. Резистори $R2$ і $R8$ утворюють дільник, що встановлює необхідну глибину негативного зворотного зв'язку. Негативний зворотний зв'язок зменшує гістерезис каскаду порівняння (зближає пороги включення і вимикання регулятора), підвищуючи тим самим частоту комутації. Це виключає низькочастотні пульсації в бортовій мережі транспортного засобу (миготіння освітлювальних ламп).

Конденсатори $C1$ і $C3$ служать для поліпшення перешкодозахищеності РН.

Працездатність РН характеризується наступними основними показниками:

- регульованою напругою U_p ;
- падінням напруги $U_{вих}$ у вихідному колі РН;
- падінням напруги U_d на зворотному діоді;
- струмом I_{ex} , який споживається вхідним колом регулятора;
- частотою f напруги у вихідному колі РН.

Дані параметри залежать від наступних експлуатаційних факторів: частоти n обертання ротора генератора, струму I навантаження генератора, температури T навколишнього середовища, відсутності або наявності акумуляторної батареї. Регульована напруга регламентується при визначених постійних значеннях експлуатаційних факторів або їхній зміні в заданому діапазоні.

У таблиці 10.2 наведено припустимий діапазон значень $[U_{p\min}, U_{p\max}]$, у якому повинна знаходитися регульована напруга U_p за певних умов випробувань. Для кожного з експлуатаційних факторів зазначені мінімальне і максимальне значення. Якщо в таблиці 10.2 вони збігаються, то випробування виконується при постійному значенні даного фактору. Наприклад, вимір напруги U_p РН 13.3702, відповідно до запису в першому рядку таблицею 10.2, виконується при частоті $n = (3000 + 150) \text{ хв}^{-1}$, струмі $I = (20 \pm 1) \text{ А}$ та температурі $T = (25 + 10)^\circ\text{С}$.

Для РН 13.3702 у якості n вказується не конкретне число, а частота $n_{вк}$, при якій РН вступає в роботу. Для РР132А на другому рівні настроювання припустиме U_p відраховується від напруги U_{p1} , що малася на першому рівні настроювання. Так, якщо $U_{p1} = 13,6 \text{ В}$, то $U_{p\min} = 14,05 \text{ В}$; $U_{p\max} = 14,35 \text{ В}$.

Для деяких РН при варіюванні частоти обертання ротора генератора, струму навантаження генератора і температури навколишнього середовища, крім завдання $U_{p\min}$ і $U_{p\max}$, також указується максимально припустиме відхилення δU від значення $U_p^н$, що малася при постійних значеннях n , I , T :

$$U_{p\min} \leq U_p \leq U_{p\max} \quad \text{і} \quad |U_p - U_p^н| \leq \delta U$$

Таблиця 10.2 – Технічні дані регуляторів напруги

Тип РН	$n_{\min}, \text{хв}^{-1}$	$n_{\max}, \text{хв}^{-1}$	I_{\min}, A	I_{\max}, A	$T_{\min}, ^\circ C$	$T_{\max}, ^\circ C$	$U_{\min p}, B$	$U_{\max p}, B$	Примітка
13.3702	3000±150 n_{BK+200} n_{BK+200}	3000±150 12000 12000	20±1 5 5	20±1 40 40	25±10 -20 -55	20±1 +80 -55	13,8 13,4 -	14,5 14,7 15,0	
17.3702	4000±250 2200 2200	4000±250 10000 10000	18±2 0,3±0,1 0,3	18±2 0,3±0,1 36	20±5 20±5 -20	20±5 20±5 +85	13,9 - 13,5	14,3 17 14,6	Генератор і РН холодні, акумуляторна батарея відключена, підключена система запалювання
121.3702	3500±150 3000 3500 2500	3500±150 10500 3500 7000	14±2 5 18 5	14±1 28 18 30	25±10 -40 20±5 -15	25±10 +80 20±5 +70	13,8 13,4 26,8 26,0	14,4 14,6 28,2 35	- 1-й рівень налаштування 1-й рівень налаштування $\delta U=1,1 B$
1112.3702	3500 2500 2500 3500	3500 7000 7000 3500	18 5 5 14	18 30 30 14	20±5 -15 -50 20±5	20±5 +70 -50 20±5	28,3 26,0 - 13,9	29,7 35 31,4 14,6	2-й рівень налаштування 2-й рівень налаштування $\delta U=1,1 B$ - Генератор Г250-III, Г250-II2
PP132	2500 3500 3000 3500 3000 3500	8000 3500 8000 3500 8000 3500	5 36 5 14 5 14	28 35 56 14 28 14	-50 20±5 -50 20±5 -50 20±5	+70 20±5 +70 20±5 +70 20±5	13,5 13,9 13,5 13,25 13,0 $U_{p1}+0,45$	14,8 14,6 14,8 13,95 15,2 $U_{p1}+0,75$	Генератор Г250-III, Г250-II2 Генератор Г287 Генератор Г287 Генератор Г250-III, Г250-II2 1-й рівень налаштування Генератор Г250-III, Г250-II2 1-й рівень налаштування $\delta U=0,5 B$ Генератор Г250-III, Г250-II2

Наприклад, якщо на першому рівні РН 1112.3702 при $n = 3500 \text{ хв}^{-1}$; $I=18 \text{ А}$; $T= (20 + 5) \text{ }^\circ\text{C}$ регульовану напругу $U_p^c = 27,0 \text{ В}$, то при зміні частоти від 2500 до 7000 хв^{-1} , струму від 5 до 30 А, температури від -15 до +70 $^\circ\text{C}$ U_p може знаходитися в діапазоні від 26,0 до 27,1 В, тому що $\delta U = 1,1 \text{ В}$.

В таблиці 10.2 параметр δU зазначено в графі «Примітки».

Для регуляторів напруги Я112А, Я112В, Я120 і Я120М в ТУ вказується не регульована напруга U_p , а опорна напруга U_{on} , при якому відбувається відкриття вихідних транзисторів. Для цих же РН регламентується падіння напруги U_d на зворотному діоді.

Граничні значення U_{on} і U_d при $T= (25+10) \text{ }^\circ\text{C}$, струмі I_d , що проходить через зворотний діод та дорівнює 3 А, наведені в таблиці 10.3.

Таблиця 10.3 – Граничні значення напруги електронних регуляторів

Тип РН	U_{on}^{min} , В	U_{on}^{max} , В	U_d^{max} , В	Примітка
Я112А	14,1	14,5	2,5	-
Я112В	13,9	14,3	2,5	-
Я120	27,2	27,8	2,0	-
Я120М	29,0	27,8	2,0	1-й рівень налаштування
		30,0	2,0	2-й рівень налаштування

Максимальне падіння напруги $U_{вих}^{max}$ на вихідному колі РН вимірюється при визначеному струмі $I_{вих}$, що протікає через вихідний транзистор, при напрузі U_n живлення РН і температурі T навколишнього середовища (див. табл. 1.4).

Граничне значення струму $I_{вих}^{max}$ вхідного кола вказується не для усіх РН. У РН 17.3702 $I_{вих}^{max} = 10 \text{ мА}$ при $U_n = (12,5 \pm 0,3) \text{ В}$ і $T = (20 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$ Також не для усіх РН вказується максимальна частота f_{min} напруги у вихідного кола. Для РР132А $f_{min} = 30 \text{ Гц}$ (обмеження частоти обумовлено бажанням збільшити якість регулювання, а також тим, що при $f > 25 \text{ Гц}$ миготіння ламп стає непомітним).

Таблиця 10.4 – Визначення максимального падіння напруги електронних регуляторів

Тип РН	$I_{вих}$, А	U_n , В	T , °С.	$U_{макс\ вих}$, В
13.3702	4,0	12,5...13,0	25±10	1,6
17.3702	5±0,05	12,5±0,3	20±5	1,3
121.3702	3,0	12,5...13,0	25±10	1,6
1112.3702	1,5	-	20±5	1,2
РР132	3,0	-	20±5	1,5
РР132А	3,0	-	20±5	1,2
РР356	1,5±0,03	25±0,5	20±5	2,0
Я112А	3,0	12,5±0,5	25±10	1,6
Я112В	3,0	12,5±0,5	25±10	1,5
Я120	3,0	25±0,5	25±10	1,5
Я120М	3,0	25±0,5	25±10	1,5

ОБЛАДНАННЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ

- Розподільні щитки системи електропостачання лабораторії і схема їх підключення до лабораторних стендів.
- Дистанційні комутаційні апарати, які встановлені на розподільних щитках і лабораторних стендах.
- Прилади, що дозволяють перевірити подачу напруги до робочого місця.
- Джерела живлення власних потреб.

ОПИС ЛАБОРАТОРНОЇ УСТАНОВКИ ПЕРЕВІРКИ РЕГУЛЮЄМОЇ НАПРУГИ U_p РН

Перевірка регулюємої напруги U_p РН, що вказані у таблиці 01.2, виконується згідно ТУ при роботі РН з генератором, акумуляторною батареєю

та системою запалювання. Для перевірки РН 17.3702 (див. рис. 10.2) використовують наступні прилади та елементи:

- генератор G з механічним приводом, який дозволяє змінювати частоту обертання ротора від 500 до 11000 хв^{-1} ;
- тумблери $S1, S2, S3$, які розраховані на струм комутації не менш 40 А;
- акумуляторна батарея 6СТ55;
- амперметр класу точністю не нижче 1,0;
- постійний резистор R опором (47 ± 5) Ом і потужністю 5 Вт;
- змінний резистор R , що забезпечує зміну опору від 0,23 до 7,0 Ом з потужністю 1000 Вт;
- лампа накаливання А12-3;
- вольтметр постійного струму класу точності не нижче 1,0;
- стрілочний частотомір класу точності не нижче 2,0 (при підключенні до виводів $\Phi 1$ і $\Phi 2$ фазових обмоток генератора показує частоту обертання ротора генератора в хв^{-1});
- комплектна система запалювання.

Опір приєднувальних проводів від клеми «-» генератора до виводу M РН 17.3702, від клеми «+» генератора до виводу B РН 17.3702, від клеми «-» амперметра до клеми «+» акумуляторної батареї, від клеми «-» генератора до клеми «-» акумуляторної батареї не повинне перевищувати 0,01 Ом, а від клеми «+» генератора до клеми «+» амперметра - 0,005 Ом.

Тумблер $S1$ служить для одержання як навантаження генератора системи запалювання $S3$, тумблер $S2$ - для підключення акумуляторної батареї, тумблер $S3$ - для підключення резистора R_n . Постійний резистор R забезпечує струм навантаження $(0,3 \pm 0,1)$ А, а за допомогою змінного резистора R_n , якщо він підключений тумблером $S3$, виконується варіювання струму від значення $I_{\text{мін}}$ до $I_{\text{макс}}$. Амперметр показує струм навантаження генератора, вольтметр — напругу U_p .

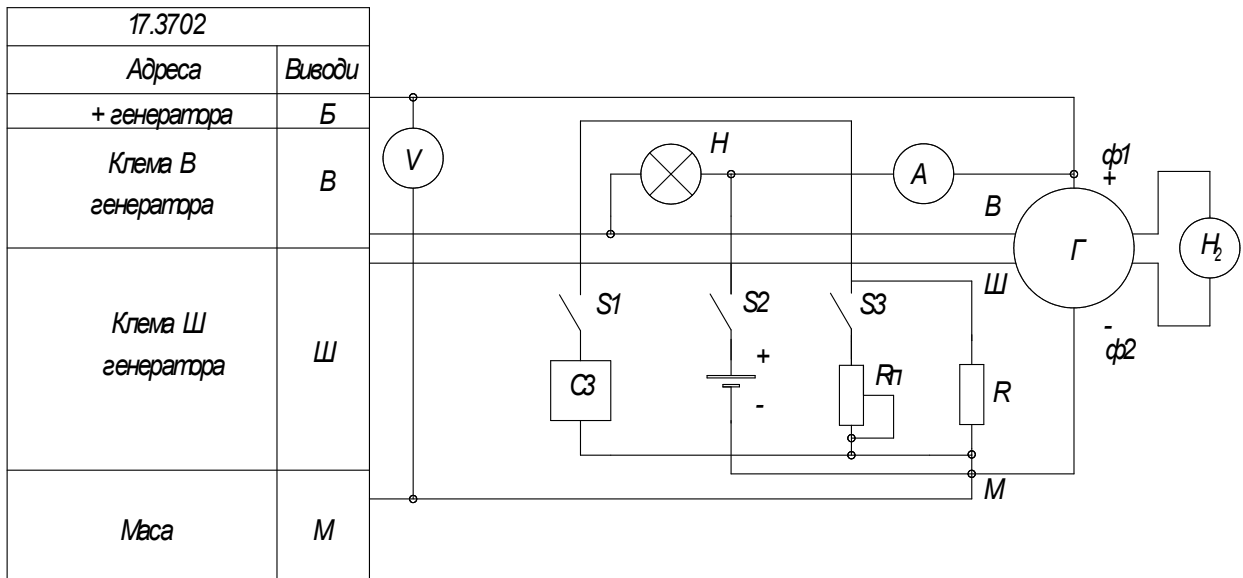


Рисунок 10.2 – Схема для виміру регулюємої напруги РН 17.3702 з генератором, акумуляторною батареєю та системою запалювання

ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Випробування починаються з підключення акумуляторної батареї за допомогою тумблера $S2$. Загоряється лампа H . Установивши по частотоміру частоту $(4000 \pm 250) \text{ хв}^{-1}$, включають тумблер $S3$ і, змінюючи опір змінного резистора R_n , встановлюють струм навантаження $(18 \pm 2) \text{ А}$. При цьому напруга, яка показується вольтметром, повинна дорівнювати $(14,1 \pm 0,2) \text{ В}$.

Для перевірки роботи РН із відключеною акумуляторною батареєю необхідно включити тумблер $S1$, що підключає систему запалювання, і тумблер $S3$, що підключає змінний резистор R_n . Потім треба включити і виключити тумблер $S2$, що відключає акумуляторну батарею. Установивши за допомогою резистора R_n струм $(0,3 \pm 0,1) \text{ А}$, варто задавати послідовно частоту обертання ротора генератора (2200 ± 100) , (4000 ± 250) і $(10\ 000 \pm 500) \text{ хв}^{-1}$. Показання вольтметра при цьому не повинні перевищувати 17 В .

ОПИС ЛАБОРАТОРНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ОПОРНОЇ НАПРУГИ $U_{оп}$ РН

Замість регульованої напруги U_p можна визначити опорну напругу $U_{оп}$, що характеризує U_p . Для цього треба зібрати схему, показану на рисунку 10.3.

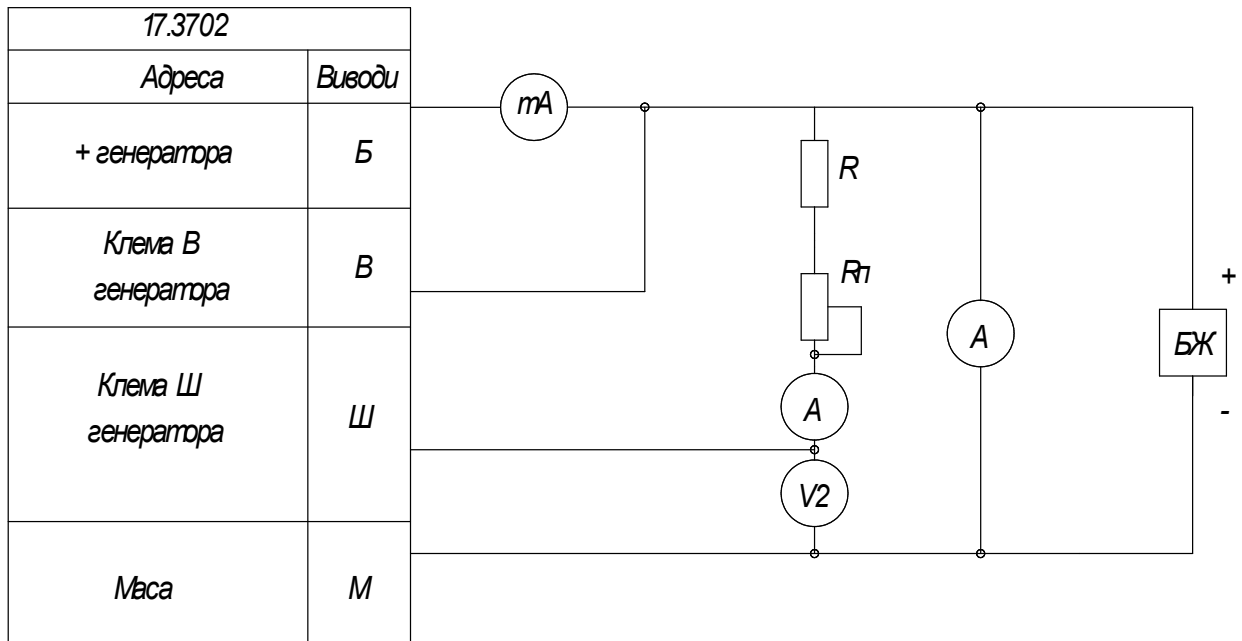


Рисунок 10.3 – Схема для вимірювання опорної напруги, струму вхідного кола та падіння напруги у вихідному колі РН 17.3702

Дана схема використовується також для визначення струму $I_{вх}$, який споживається вхідним колом РН, і падіння напруги $U_{вих}$ у вихідному колі РН.

Для цієї схеми потрібні наступні прилади й елементи:

- джерело живлення, що забезпечує напругу до 15 В при максимальному струмі навантаження 5 А (згідно ТУ з пульсацією напруги не більш 1 %);
- амперметр, що дозволяє вимірювати струм до 5 А;
- міліамперметр класу точності не нижче 1,0;
- вольтметр $V1$, що забезпечує вимір напруги до 15 В, класу точності 1,0;
- вольтметр $V2$, що забезпечує вимір напруги до 1,5 В, класу точності 1,0;
- постійний резистор з опором 2 Ом з потужністю 100 Вт і змінний резистор опором 1 Ом потужністю 100 Вт.

ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Джерело живлення при контролі U_p замінює генератор. Амперметр призначено для виміру струму навантаження РН у реальних умовах, що протікає через обмотку збудження. Міліамперметр вимірює струм вхідного кола РН. Вольтметр $V1$ використовується для виміру напруги джерела живлення, а вольтметр $V2$ - для виміру падіння напруги на вихідному колі РН. Резистори служать для встановлення необхідного струму навантаження. Постійний резистор R необхідно для обмеження струму, коли опір змінного резистора R_n дорівнює нулю. Ці резистори можуть бути замінені одним змінним резистором, що забезпечує зміну опору від 2 до 3 Ом потужністю 100 Вт.

Контроль РН зручно починати не з виміру U_{on} , а з виміру падіння напруги $U_{вих}$ на виході РН. Це зв'язано з тим, що зміна $U_{вих}$ здійснюється при визначеному струмі навантаження РН, що залишається незмінним і при перевірці U_{on} .

При температурі $(20 + 5) ^\circ\text{C}$ від джерела живлення на РН подається напруга $(12,5 + 0,3) \text{ В}$ и по амперметру за допомогою резистора R встановлюється струм $(5 + 0,05) \text{ А}$. Вольтметр $V2$ повинний показувати напругу не більш $1,3 \text{ В}$, а міліамперметр - струм, що не перевищує 10 мА .

Для виміру U_{on} варто спочатку закрити вихідні транзистори РН. Для цього потрібно збільшувати напругу живлення поки струм амперметра не буде дорівнювати нулю. Потім треба відкрити вихідні транзистори, для чого варто плавно зменшити напругу живлення. У момент відкриття транзисторів, коли амперметр покаже стрибкоподібне збільшення струму, варто зафіксувати показання вольтметра $V1$. Його значення і є опорною напругою U_{on} , яка повинна знаходитися в діапазоні, установленому для U_p .

Схеми для перевірки параметрів РН інших типів незначно відрізняються від показаної на рисунку 10.3 у зв'язку з тим, що РН мають 3 а не 4 виводи.

На рисунку 10.4 наведено схему для контролю параметрів РН 13.3702, 112.3702, РР132, РР132А, РР356, а на рисунку 10.5 – схема для контролю параметрів РН 121.3702.

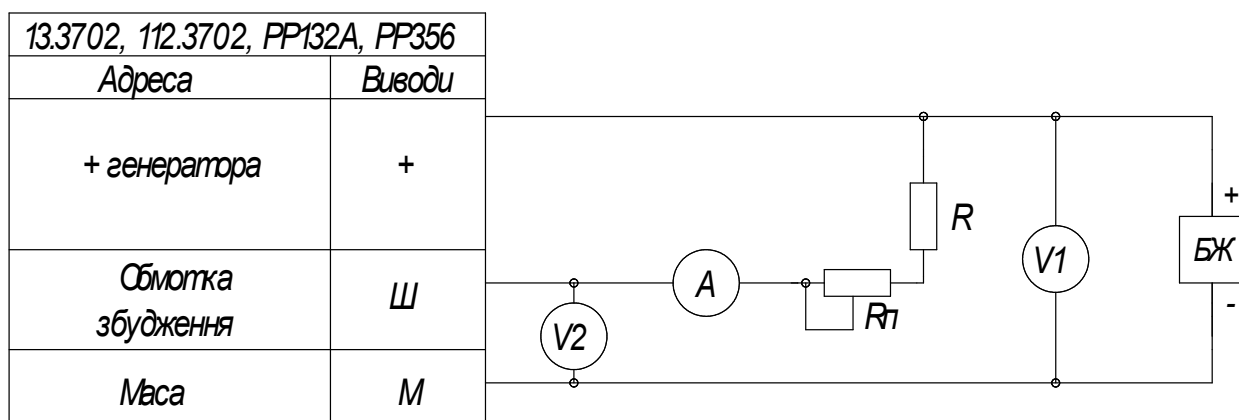


Рисунок 10.4 – Схема для виміру опорної напруги, струму вхідного кола і падіння напруги у вихідному колі РН 13.3702, 112.3702, РР132, РР132А, РР356

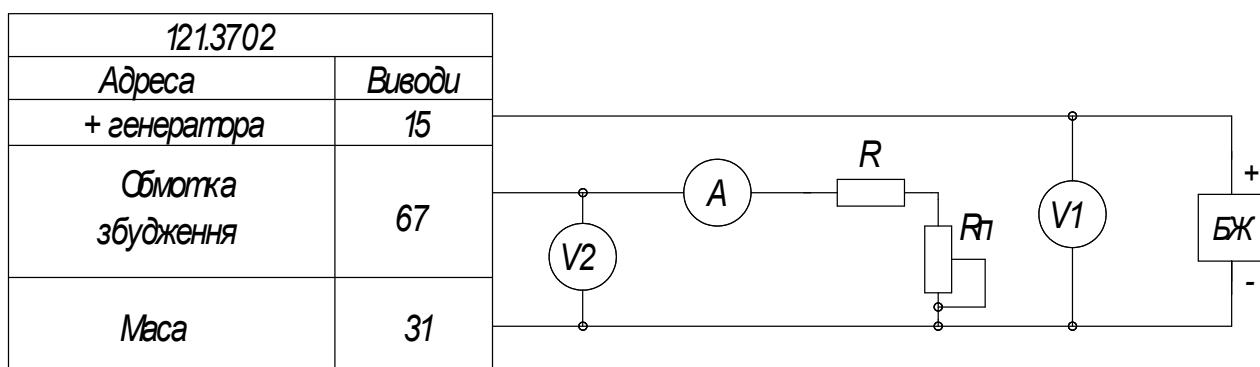


Рисунок 10.5 – Схема для виміру опорної напруги, струму вхідного кола і падіння напруги у вихідному колі РН 121.3702

Вимір U_{on} , і $U_{вих}$ РН Я112А, Я112В, Я120 і Я120М виконується згідно ТУ з двома джерелами напруги, з яких одне використовується для подачі напруги живлення на РН, а друге – для створення необхідного струму в колі навантаження.

На рисунку 10.6 показана схема для перевірки даних параметрів, що складається з наступних приладів:

- амперметра з погрішністю виміру 1 %;

- двох вольтметрів з абсолютною погрішністю виміру ± 20 мВ;
- регульованого джерела *БЖ1* постійної напруги з коефіцієнтом пульсації не більш $0,05\%$ для РН Я112А, Я112В та з погрішністю підтримки напруги $+1\%$ для РН Я120, Я120М;
- регульованого джерела *БЖ2* постійного струму з погрішністю підтримки встановленого значення струму $+3\%$.

Вольтметр *V1* служить для виміру напруги живлення, вольтметр *V2* – для виміру падіння напруги у вихідному колі.

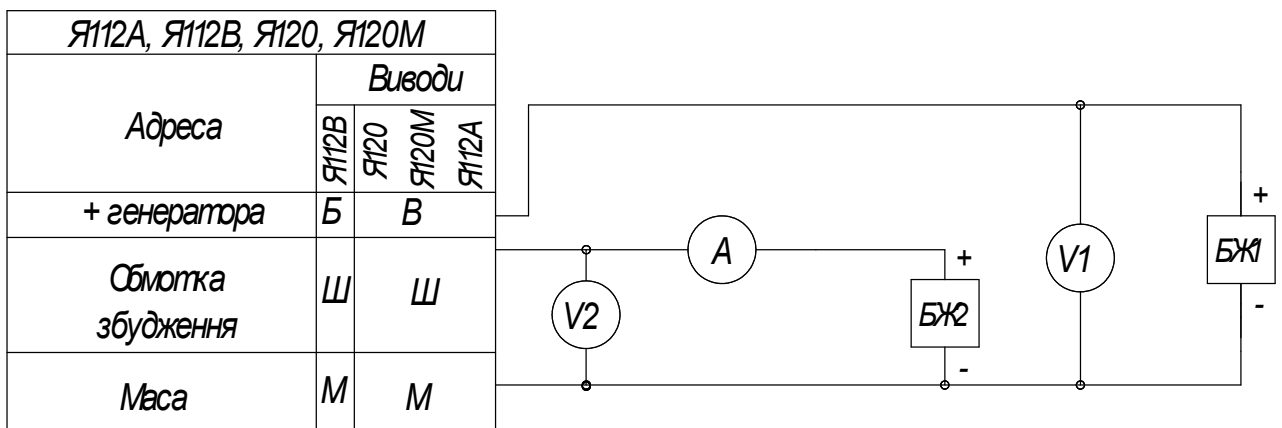


Рисунок 10.6 – Схема для виміру опорної напруги і падіння напруги у вихідному колі РН Я112А, Я112В, Я120, Я120М

За допомогою джерела *БЖ1* на РН подається напруга живлення, а за допомогою джерела *БЖ2* встановлюється необхідне значення струму навантаження РН.

При температурі $(25 \pm 10)^\circ\text{C}$ від джерела *БЖ1* на РН Я112А і Я112В подається напруга $(12,5 \pm 0,5)$ В, а на РН Я120 і Я120М - напруга $(25 \pm 0,5)$ В. Змінюючи напругу джерела *БЖ2*, встановлюють струм $(3 \pm 0,03)$ А. Вольтметр *V2* при цьому показує значення $U_{вих}$. Плавню збільшуючи напругу джерела *БЖ1*, переводять РН у закритий стан, коли амперметр показує відсутність струму. Потім плавно зменшують напругу джерела *БЖ1* до стрибкоподібної появи струму $U_{вих} = (3 \pm 0,15)$ А. Напруга, при якому відбувається ця подія, є $U_{он}$.

Для РН Я120М, що має 2 рівня напруги, на рис. 1.6 показана схема визначення U_{on} на першому рівні. Для визначення U_{on} на другому рівні варто замкнути виводи M і C РН Я120М (вивід C на рис. 10.6 не показаний).

Падіння напруги U_{δ} на зворотному діоді РН Я112А, Я112В, Я120, Я120М вимірюють за схемою (див. рис. 10.7), для якої потрібні наступні прилади:

- амперметр із погрішністю виміру 1% ;
- вольтметр з абсолютною погрішністю виміру $\pm 60\text{ мВ}$;
- регульоване джерело постійного струму з погрішністю підтримки встановленого значення $\pm 0,5\%$ для РН Я112А і Я112В і $\pm 3\%$ для РН Я120 і Я120М.

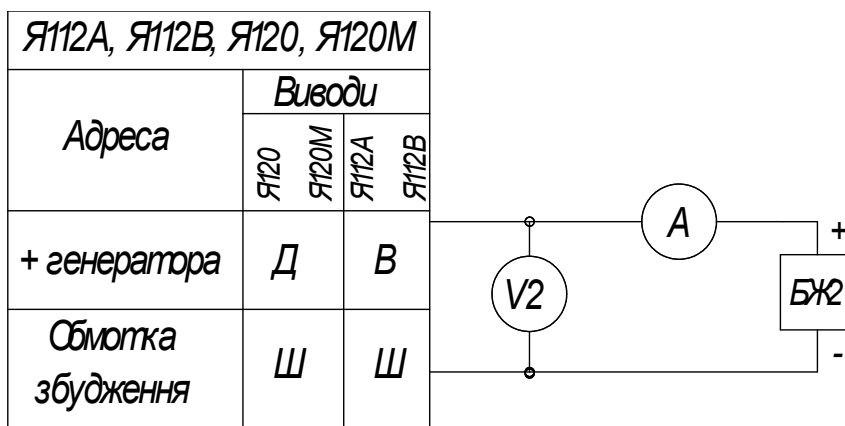


Рисунок 10. 7 – Схема для виміру падіння напруги на зворотному діоді

Змінюючи напругу живлення по амперметрі встановлюють струм, рівний $(3 \pm 0,03)\text{ А}$. При цьому U_{δ} показує вольтметр.

Схеми, що показані на рис. 10.6 і 10.7, повинні бути зібрані таким чином, щоб падіння напруги на контактах, що підключають кожен вивід РН до вимірної схеми, не перевищувало 10 мВ .

ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Загальні відомості про роботу електронних регуляторів напруги.
2. Функціональна схема електронних регуляторів напруги.
3. Осцилограми та порівняти характеристики електронних регуляторів.

ЗАПИТАННЯ ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ №10

1. Яке призначення регулятора напруги генератора ?
2. Які типи допоміжних генераторів застосовують на сучасному рухомому складі?
3. Чим відрізняються генератори компактної конструкції від інших ?
4. Чому змінюється напруга генератора при роботі ДВЗ ?
5. Як працює регулятор напруги 17.3702 ?
6. Яке призначення елементів регулятора напруги 17.3702 ?
7. З якою метою при вимірах U_{on} , і $U_{вих}$ РН Я112А, Я112В, Я120 і Я120М застосовують два джерела живлення ?
8. Які типи регуляторів напруги використовують на рухомому складі ?
9. Які типи регуляторів напруги відносяться до інтегральних ?
10. Які переваги мають інтегральні регулятори напруги над іншими ?
11. З якою метою контролюють падіння напруги на зворотному діоді?
12. Яке призначення зворотного діоду?
13. Які елементи в якості датчиків напруги використовують в РН ?
14. Яка послідовність дій при вимірюванні опорної напруги, струму вхідного кола та падіння напруги у вихідному колі РН 17.3702?

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ОСЛАБЛЕННЯ ПОЛЯ З DC-DC ПЕРЕТВОРЮВАЧЕМ

МЕТА РОБОТИ: створення лабораторного стенду є експериментальне підтвердження результатів, отриманих за допомогою математичного моделювання в середовищі Matlab Simulink.

Подальший аналіз результатів дослідів дасть змогу судити про істинність побудованої математичної моделі в попередньому розділі . Позитивні результати аналізу свідчатимуть про те, що математичну модель можна буде використовувати для моделювання процесів ослаблення поля тягових двигунів змішаного збудження міського електричного транспорту.

ЗМІСТ РОБОТИ

1. Розробити функціональну схему лабораторного стенду.
2. Вибрати підходящий ДПС, генератор та навантаження генератора.
3. Визначитися з типом DC-DC перетворювача та його електричною принциповою схемою.
4. Розрахувати параметри основних елементів DC-DC перетворювача: дроселя, ємності, тощо.
5. Визначитися з системою керування силовим ключем, обґрунтувати вибір мікросхеми генератора DC-DC перетворювача.
6. Визначитися з кількістю, якістю та різновидом датчиків, необхідних для проведення дослідів на лабораторному стенді.
7. Розробити електричну принципову схему лабораторного стенду.
8. Описати методики проведення дослідів.

Загальні відомості про систему структурну схема системи ослаблення магнітного поля транспортного засобу за допомогою DC-DC перетворювача

Загальна структурна схема ослаблення поля за допомогою DC-DC перетворювача представлена на рисунку 11.1.

Схема відображає зв'язок між функціональними блоками двигуна постійного струму (ДПС) та DC-DC перетворювачем.

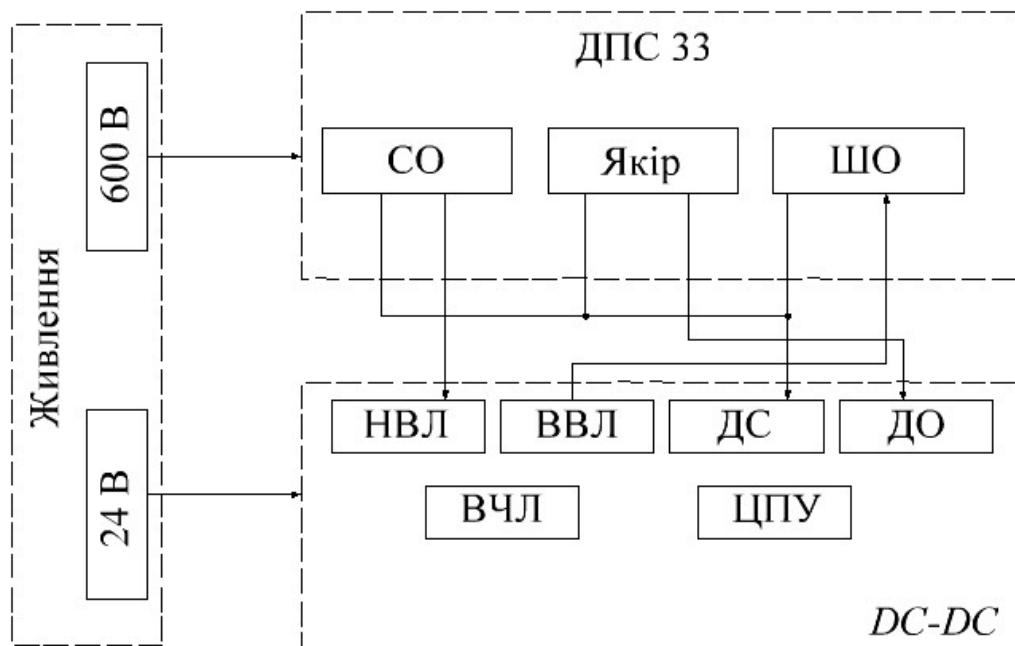


Рисунок 11.1 – Загальна структурна схема системи ослаблення поля за допомогою DC-DC перетворювача: НВЛ – низьковольтна ланка; ВВЛ – високовольтна ланка; ДС- датчик струму; ВЧЛ – високочастотна ланка; ЦПУ – центральний контролер; СО – серійна обмотка; ШО – шунтова обмотка.

Розширена структурна схема DC-DC перетворювача наведена на рисунку 11.2.

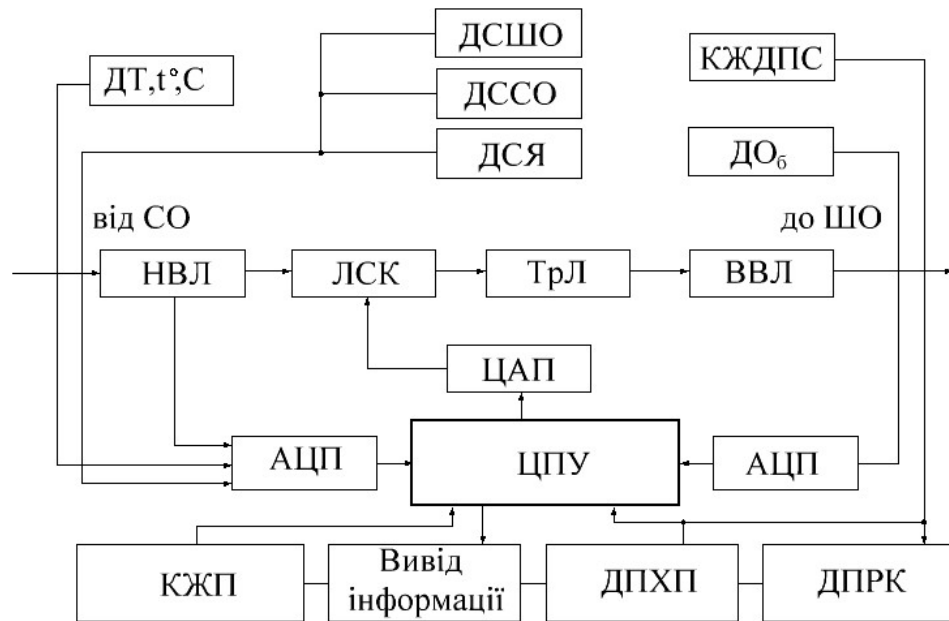


Рисунок 11.2 – Розширена структурна схема DC-DC перетворювача: ДПХП – датчик положення ходової педалі водія; ДПРК – датчик положення реостатного контролера; ДСШО – датчик струму шунтової обмотки; ДССО – датчик струму серісної обмотки; ДСЯ – датчик струму якоря; ДО_б – датчик обертів валу двигуна; ДТ – датчик температури двигуна та перетворювача; КЖП – контролер живлення перетворювача DC-DC перетворювача; КЖДПС – контролер живлення двигуна постійного струму.

Алгоритм роботи контролера DC-DC перетворювача

На початку роботи програми контролера, зчитуються з ПЗУ прописані заздалегідь значення струму «прибавки» в шунтовій обмотці $\Delta I_{ш}$ (1-10А), а також значення допустимої величини відхилення ослаблення поля $\Delta \alpha$ (в межах 0,03-0,01).

Далі перевіряється стан датчиків контролерів живлення перетворювача і тягового двигуна (логічна «1» у разі, якщо живлення напруги двигуна і перетворювача знаходяться в допустимих межах).

Потім зчитуються значення датчиків ДПХП (датчик положення ходової педалі) і ДПРК (датчик положення реостатного контролера).

ДПХП може мати 5 станів: відключено, маневрове, I ходове, II ходове III ходове.

ДПРК - 7 значень відповідних 6 останнім позиціям реостатного контролера з 13 по 18 і «откл». Причому, кожне положення ходової педалі повинно строго відповідати певним позиціям реостатного контролера (див. табл. 11.1.) Якщо відповідності немає – видається повідомлення про помилку (не вказано в схемі алгоритму), якщо відповідність виконується - програма переходить до наступного кроку.

Таблиця 11.1 – Таблиця відповідностей значень датчиків ДПХП і ДПРК

ДПХП	ДПРК	Дозвіл на перехід до наступного кроку
«відключено»	будь яке	No
Маневрове	«откл»	No
I	«откл»	No
I	14,15	Yes
II	16,17	Yes
III	18	Yes

У разі отримання результату «No», програма контролера знову повертається до перевірки станів датчиків ДПХП і ДПРК, витримавши деяку затримку в часі (від 1 до 500 ms) і повторно перевіряючи рівні живлячої напруги.

У разі результату «Yes», програма переходить до перевірки станів датчиків струмів якоря, серієсної і шунтової обмоток, а також перевіряються температурні режими силових ключів DC-DC перетворювача і високочастотного трансформатора. Якщо всі рівні струмів і температур знаходяться в допустимих межах (граничні межі заздалегідь прописуються в ПЗУ), то контролер переходить до наступного кроку, де відбувається

зчитування числа оборотів обертання двигуна за секунду. Ці дані необхідні для визначення величини прискорення рухомого складу.

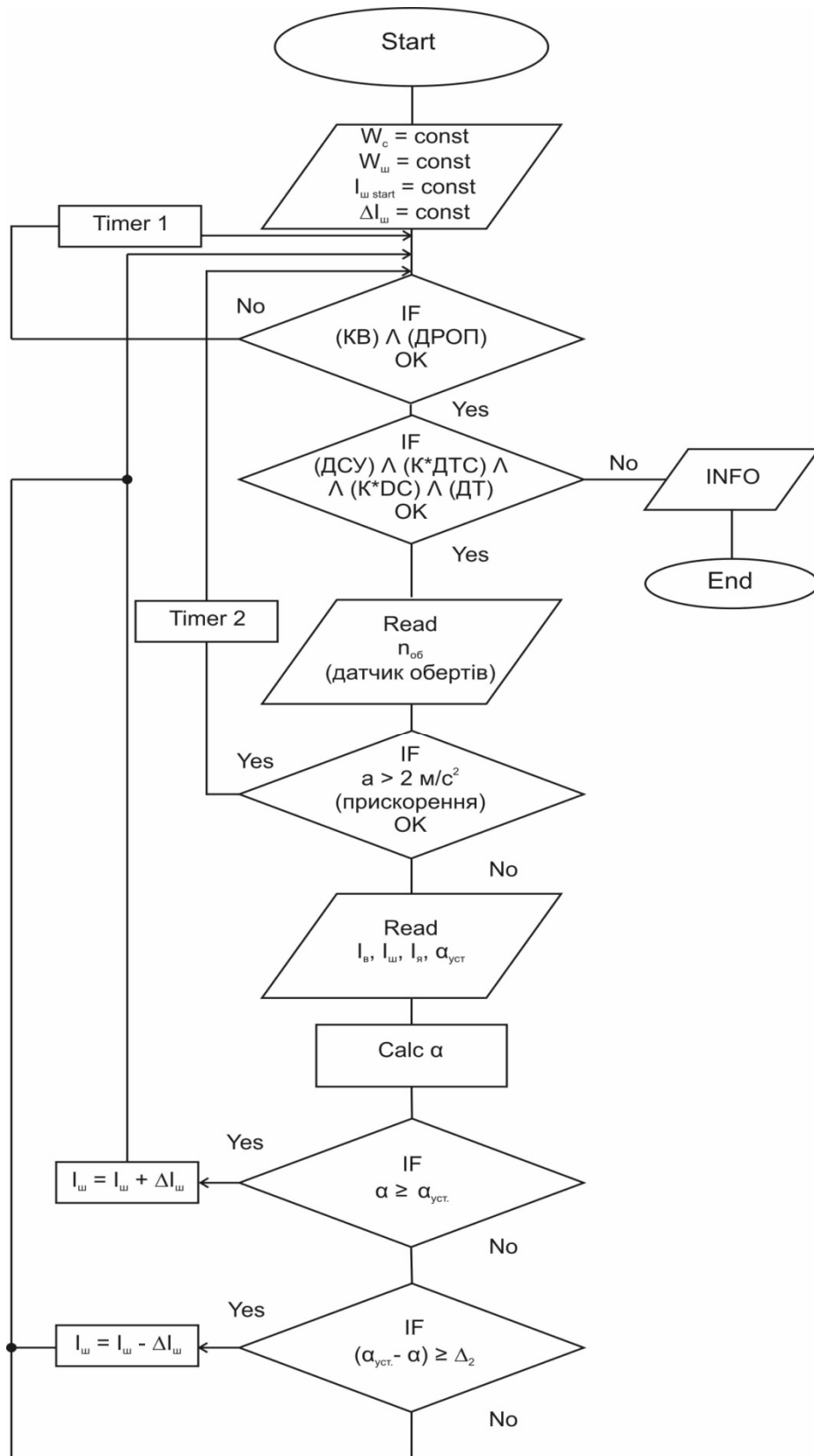


Рисунок 11.3 – Функціональна схема алгоритму роботи програми контролера DC-DC перетворювача

Далі слід порівняння обчисленого значення прискорення α з допустимо можливим (може бути встановлено в межах від 1 до 2 м/с²). У разі, коли обчислене прискорення з яких-небудь причин перевищує припустиме, контролер витримує «паузу» в десятки мілісекунд і проводить вимірювання та порівняння повторно, починаючи з перевірки напруги живлення.

У тому випадку, якщо величина прискорення не перевищує допустимого значення, контролер виконує зчитування значень струмів якоря, шунтової і серійної обмоток, а також значення величини ослаблення поля, що відповідає положенню реостатного контролера на момент зчитування інформації. Дані відповідностей положення позицій реостатного контролера і рівня ослаблення поля тягового двигуна приведені в таблиці 11.2.

Таблиця 11.2 – Таблиця відповідностей значень ДПРК і $\alpha_{уст}$

	$\alpha_{уст}, \%$
13	100
14	90
15	72
16	53
17	40
18	30

Значення $\alpha_{уст}$ – це та величина ослаблення поля тягового двигуна, яку потрібно отримати за допомогою DC-DC перетворювача.

Далі відбувається обчислення α виходячи з обчислених значень струмів якоря, шунтової і серійної обмоток в попередньому кроці.

Обчислене значення α порівнюється з $\alpha_{уст}$. Якщо значення α більше $\alpha_{уст}$ (тобто, розраховані значення ослаблення поля не досягли необхідного $\alpha_{уст}$), тоді контролер збільшує струм шунтової обмотки на задану величину $\Delta I_{ш}$ шляхом збільшення часу відкривання силових ключів.

У разі, якщо ж величина α виявилася менш $\alpha_{уст}$, тоді контролер перевіряє величину α на предмет «переослаблення». Якщо величина α не перевищила допуск $\Delta\alpha$, то контролер, не виконуючи ніяких дій, повертається на етап перевірки живлячих напруг. Якщо ж допустиме відхилення $\Delta\alpha$ перевищено,

контролер зменшує струм в шунтовій обмотці шляхом зменшення часу відкривання силових ключів. Після додавання/віднімання струмів до струмів шунтової обмотки, програма контролера повертається в точку перевірки живлячих напруг.

Цикл роботи контролера завершений.

ОБЛАДНАННЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ

- Розподільні щитки системи електропостачання лабораторії і схема їх підключення до лабораторних стендів.

- Дистанційні комутаційні апарати, які встановлені на розподільних щитках і лабораторних стендах.

- Прилади, що дозволяють перевірити подачу напруги до робочого місця.

- Джерела живлення власних потреб.

Для створення стенду необхідний двигун змішаного збудження потужністю до 300 Вт. Двигуна такої потужності буде достатньо для проведення всіх необхідних дослідів, до того ж, завдяки невеликій масі та розмірам лабораторна установка буде досить мобільною.

Всі технічні рішення та розробка лабораторного стенду, виконані відповідно до норм та стандартів з охорони праці.

В якості навантаження двигуна буде генератор незалежного збудження з відповідною потужністю. Генератор, в свою чергу, навантажується проволоченими реостатами з можливістю зміни величини опору. Двигун з'єднується з генератором за допомогою резинової муфти. На іншому кінці валу генератора є тахогенератор для заміру частоти обертання двигуна цифровим осцилографом. З'єднання аналогічне попередньому.

Також стенд передбачає наявність оптичного частотоміру для безконтактного вимірювання частоти обертів двигуна та безпосереднього відображення значень на рідкокристалічному екрані (див. рис 11.4).

Частотомір складається з зубчастого колеса, фотодіода, світлодіода, цифрового частотоміру та рідкокристалічного екрану.

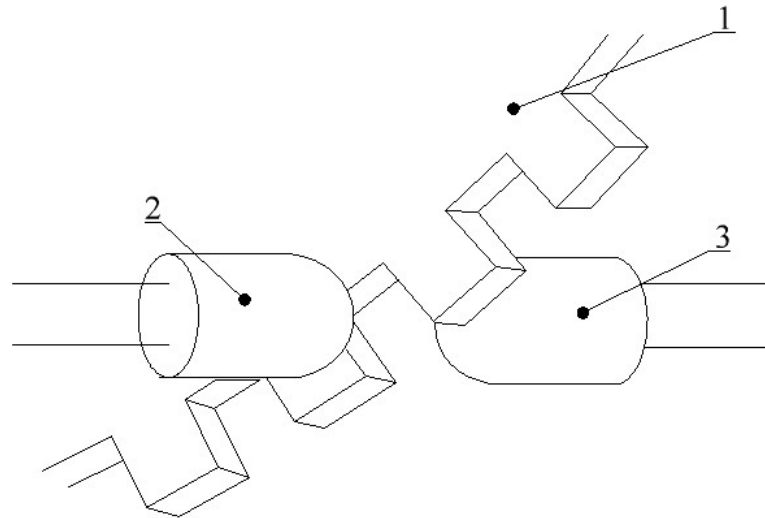


Рисунок 11.4 – Оптичний датчик: 1 – зубчасте колесо на валу двигуна;
2 – світлодіод; 3 – фотодіод

За попередніми дослідженнями встановлено, що в залежності від навантаження, напруга на серійній обмотці коливається в межах 2-6 В, а струм через цю обмотку не перевищує 5-6А. Отже вхідна напруга DC-DC перетворювача 2-6В, струм не перевищить 3А. Оскільки опір шунтової обмотки в декілька разів вище від серійної, то для створення в ній значної магніторухлимої сили знадобиться відповідно в декілька разів вища напруга відносно вхідної величини. Це значення достатньо буде обмежити 20-25В. Струм виходу DC-DC перетворювача, відповідно, не перевищить 1А.

З урахуванням представлених вхідних та вихідних параметрів доцільно застосувати в лабораторному стенді бустерну схему підвищувачого DC-DC перетворювача без гальванічної розв'язки.

Функціональна схема стенду представлена на рисунку 11.5.

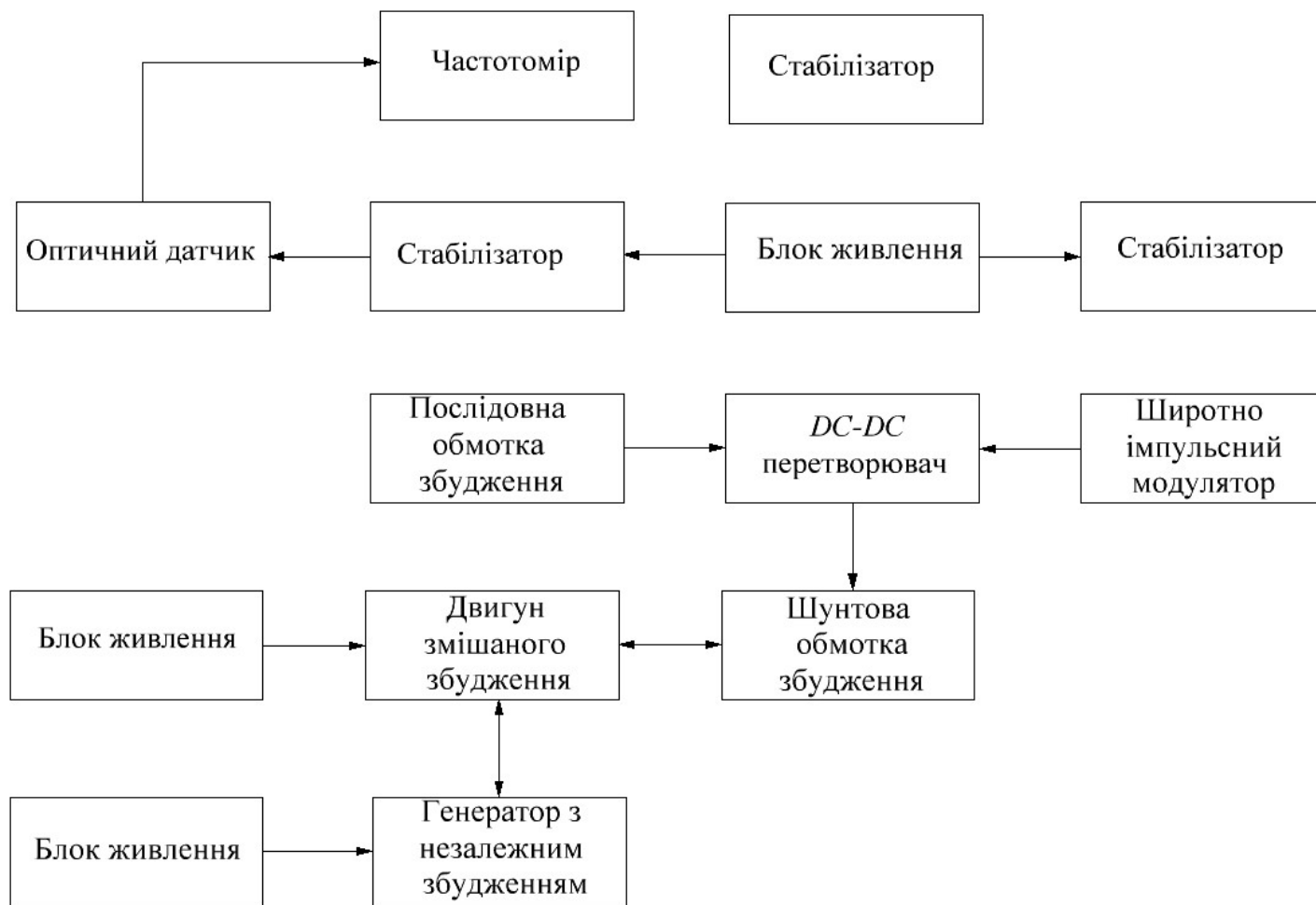


Рисунок 11.5 – Функціональна схема стенду з дослідження ослаблення поля

Функціональна схема складається з таких складових:

- трансформатор з випрямлячем Т1;
- автотрансформатори з випрямлячами Т2,Т3;
- двигун постійного струму змішаного збудження;
- генератор постійного струму з незалежним збудженням;
- широтно-імпульсний модулятор;
- гальмівний резистор;
- оптичний датчик;
- частотомір;
- стабілізатори напруги;
- DC-DC перетворювач.

Відмінною рисою сучасних вимірювальних засобів, що застосовуються в радіоелектроніці, є автоматизація процесів вимірювань, за допомогою якої забезпечується висока точність, швидкодія, виключаються суб'єктивні помилки оператора, та здійснюється передача результатів вимірювань на реєструючі пристрої.

У зв'язку з цим, з'явилася тенденція до створення універсальних пристроїв, які суміщають функції декількох приладів.

У цьому відношенні найбільш перспективні електроні цифрові прилади. Серед них особливе місце займають цифрові частотоміри, які завдяки ряду властивих їм переваг, витісняють інші прилади, що використовувалися раніше для частотних і часових вимірів.

Один з таких частотомірів застосовується в лабораторному стенді, представлений на рисунку 11.6.

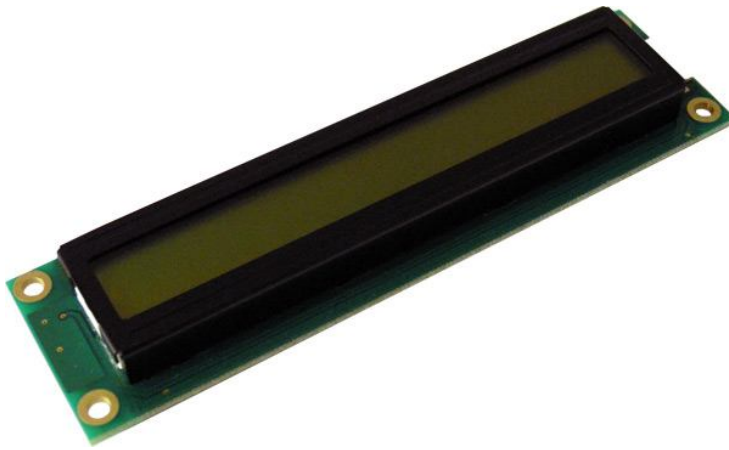


Рисунок 11.6 – Цифровий частотомір AMPIRE AC-161B

Даний блок представляє собою частотомір з рідкокристалічним індикатором. Його переваги: широкий діапазон вимірюваних частот (від 1 Гц до 5 МГц), малі розміри і вага, привабливий зовнішній вигляд.

Технічні характеристики:

- Напруга живлення, В: 4 ... 5,5.
- Відносна похибка вимірювання, не більше: 0,001.
- Робоча температура навколишнього середовища: С: +10 ... +55.
- Rвх, кОм: 50.
- Діапазон робочих вхідних напруг, В: 0 ... +5.

В лабораторному стенді для виміру та дослідження параметрів струму, частоти обертання та напруги використовується цифровий осцилограф «USB AUTOSCOPE III». Цей прилад дозволяє одночасно фіксувати, відображати та зберігати інформацію з 6 каналів. Зовнішній вигляд осцилографу приведено на рисунку 11.7.



Рисунок 11.7 – Цифровий осцилограф для фіксації та зберігання інформації

Основні технічні характеристики приладу:

- Інтерфейс підключення USB 2.0
- Живлення від USB
- Максимальний струм споживання не більше 300мА
- Максимальна швидкість потоку даних 25МВ/с;
- Кількість аналогових входів 8;
- Діапазон вхідних напруг 2 входи до +300В; 4 входи до +30В;
- Розрядність АЦП 12...16 біт;
- Вхідний опір 1МОм.

Для вимірювання струмів у лабораторному стенді використані датчики струму ACS712ELCTR-05В-Т з гальванічною розв'язкою. Необхідність використання гальванічної розв'язки пояснюється тим, що всі мінусові сигнали («землі») цифрового осцилографа зв'язані між собою. Датчики мають достатньо високу чутливість по струму та високу степінь ізоляції від пробую. Зовнішній вигляд та типова схема включення датчика струму наведена на рисунку 11.8.

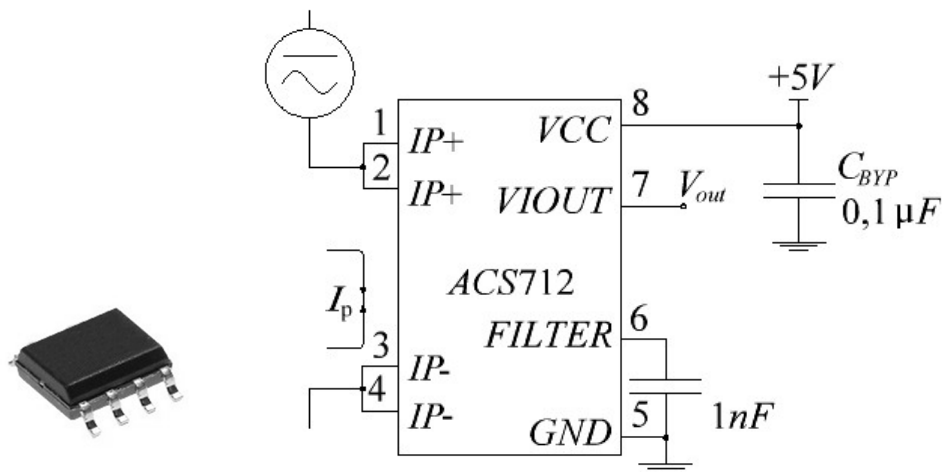


Рисунок 11.8 – Зовнішній вигляд та типова схема включення датчика струму ACS712ELCTR-05В-Т

Основні особливості та переваги:

- Низький рівень шуму аналогового сигналу;
- Пропускна здатність 80 кГц;

- Сумарна похибка вихід 1,5% при $t = 25 \text{ }^\circ\text{C}$;
- Займає мало місця, низькопрофільний SOIC8 пакет;
- 1,2 МОм внутрішній опір провідника;
- 2,1 кіловольт мінімальна напруга ізоляції з контактів 1-4 на контакти 5-8;
- 5,0 В, одне живлення;
- 66 до 185 мВ/А вихідна чутливість;
- Надзвичайно стабільна вихідна напруга зміщення;
- Майже нульовий магнітний гістерезис.

З урахуванням всієї вище запропонованої елементної бази розроблена електрична принципова схема лабораторного станду для дослідження схем ослаблення поля з використанням DC-DC перетворювача. Схема зображена на рисунку 11.9.

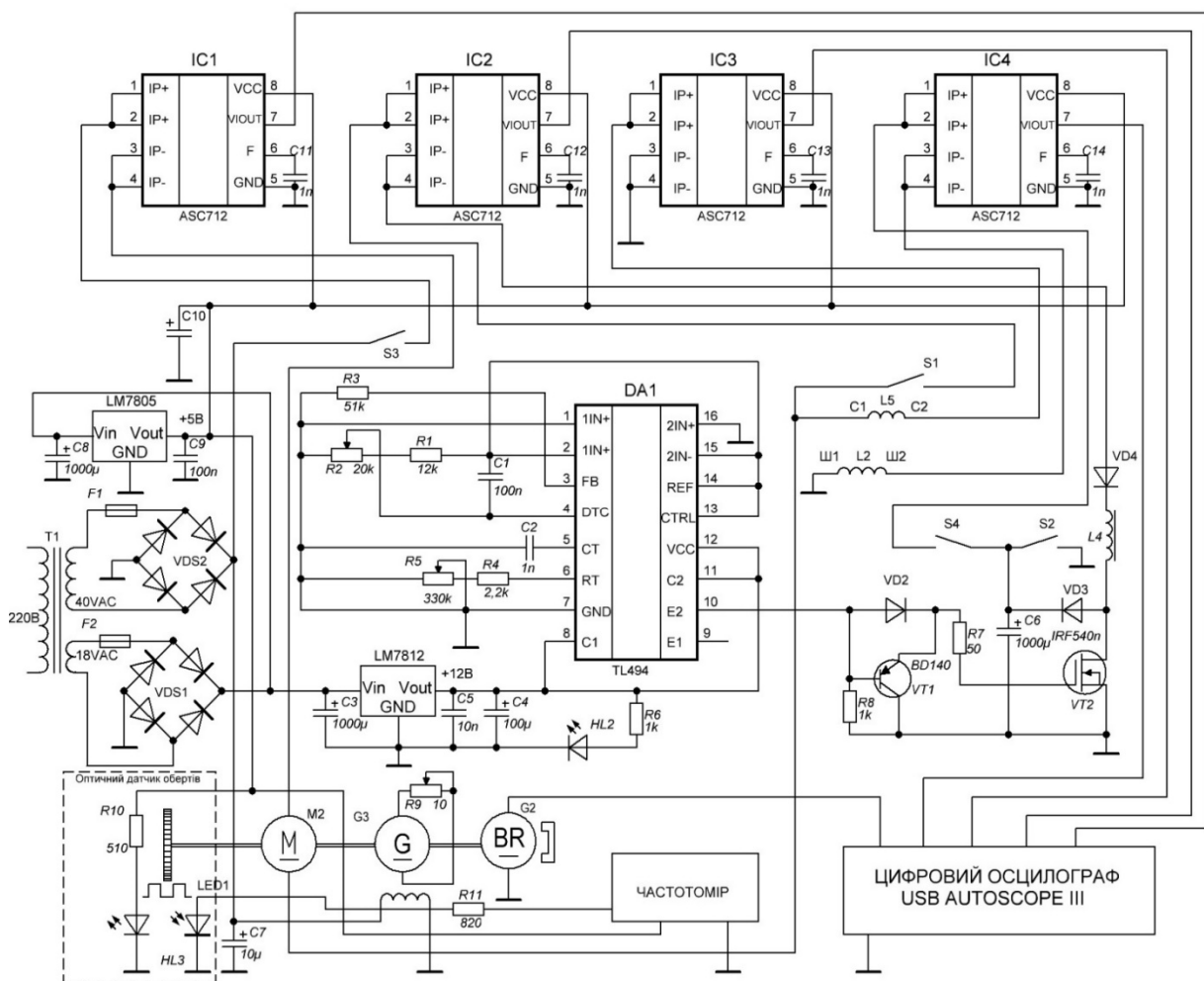


Рисунок 11.9 – Електрична принципова схема лабораторного станду

На принциповій схемі випробувального стенду прийняті наступні позначення: $T1$ – понижуючий трансформатор; M – обмотка якоря двигуна змішаного збудження; G – навантажувальний генератор постійного струму з незалежним збудженням; BR – тахогенератор із збудженням від постійних магнітів; $VT1$ – вихідний транзистор широтно-імпульсного регулятора; $VT2$, $VD4$, $L4$ – відповідно транзистор, діод та індуктивність DC-DC перетворювача; $IC1-IC4$ – датчики струму з гальванічною розв’язкою; $VDS1$ – випрямляч для живлення допоміжних кіл; $VDS2$ – випрямляч для живлення двигуна; $S1-S4$ – перемикачі для створення відповідних режимів роботи стенду.

Зовнішній вигляд лабораторного стенду в якому використовується запропонована схема ослаблення поля двигуна змішаного збудження з DC-DC перетворювача представлено на рисунку 11.10.



Рисунок 11.10 – Зовнішній вигляд стенду

ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Виконати вимірювання параметрів двигуна при повному полі та різних напругах та скласти таблицю 11.3.

Таблиця 11.13– Дані двигуна стенду при повному полі та різних напругах

U _д ,В	I _д , А	U _г ,В	I _г , А	R, Ом	n,об/хв

2. Згідно таблицею 11.3 побудувати швидкісні характеристики двигуна при повному полі (Приклад наведено на рис.11.11).

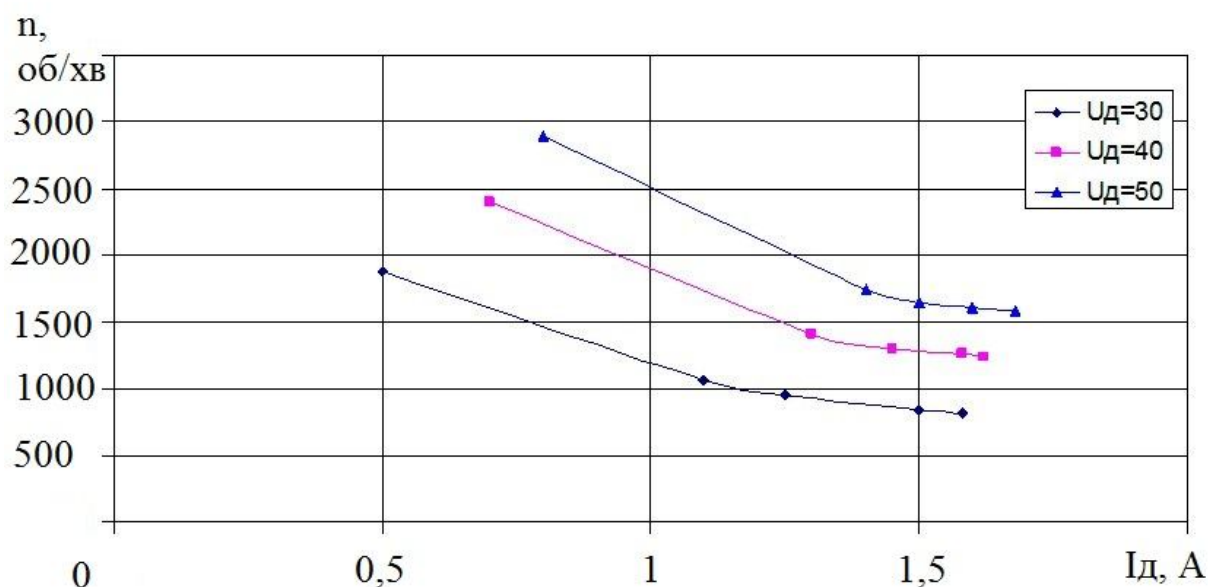


Рисунок 11.11 – Приклад швидкісні характеристики двигуна при повному полі

3. Виконати вимірювання параметрів двигуна ослаблення поля за допомогою DC-DC перетворювача та різних напругах та скласти таблицю 11.4.

Таблиця 11.4 – Дані з лабораторного стенду з використанням DC-DC перетворювача

Режим двигуна	Живлення двигуна		Вхід DC-DC		Вихід DC-DC		Навантаження	n
	U,В	I,А	U,В	I,А	U,В	I,А	R,Ом	об/хв
ПП								
Min ОП								
Max ОП								

4. Зняти осцилограми параметрів при пуску та ослабленні поля з використанням DC-DC перетворювача електричного двигуна змішаного збудження, яка отримана з використанням цифрового осцилографа при напрузі живлення 40В.

Приклад осцилограми параметрів при пуску та ослабленні поля електричного двигуна змішаного збудження з використанням DC-DC перетворювача наведено на рисунку 11.12.

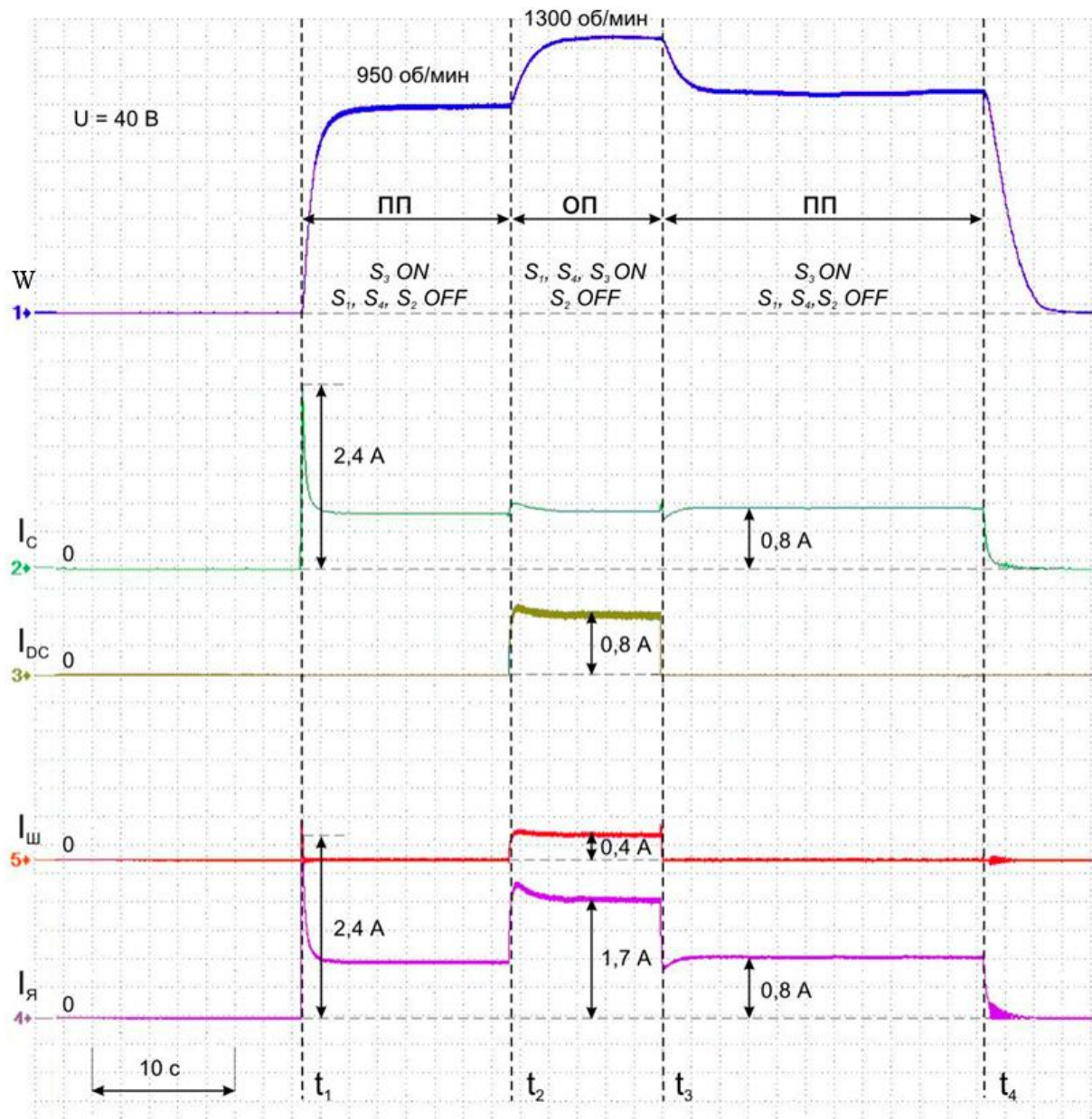


Рисунок 11.12 – Осцилограма параметрів при пуску та ослабленні поля електричного двигуна змішаного збудження з використанням DC-DC перетворювача

5. Зробити аналіз осцилограм
6. Побудувати швидкісну характеристику $W=f(t)$
7. Порівняти швидкісну характеристику з кривої на осцилограмі.
8. Зробити графічне порівняння
9. Визначити абсолютну похибку Δx
10. Визначити відносну похибку δ_x

ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Функціональна та електрична принципову схему лабораторного стенду.
2. Визначення кількості та різновидів датчиків, необхідних для проведення дослідів на лабораторному стенді.
3. Програма досліджень макету тягового приводу.
4. Результати та осцилограми досліджень.
5. Порівняльний аналіз з результатами розрахунків на імітаційній моделі.

ЗАПИТАННЯ ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ №11

1. Що таке номінальний режим роботи тягового електродвигуна?
2. Що таке коефіцієнт регулювання ослаблення поля?
3. Від чого залежить спосіб регулювання магнітного потоку для тягових електродвигунів змішаного збудження ?
4. Що уявляє собою DC-DC перетворювач?
5. Що уявляє собою загальна структурна схема ослаблення поля за допомогою DC-DC перетворювача?
6. Які складові елементи має розширена структурна схема DC-DC перетворювача?
7. Що уявляє собою алгоритм роботи контролера DC-DC перетворювача?
8. Що уявляє собою відносна похибка δ_x ?
9. Що уявляє собою абсолютна похибка Δx ?

Виробничо–практичне видання

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання лабораторних робіт
із навчальних дисциплін

«ЕЛЕКТРИЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ»

та

«ЕЛЕКТРИЧНЕ ОБЛАДНАННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ»

*(для студентів усіх форм навчання освітнього рівня «бакалавр»
за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка, освітня програма «Електромеханіка»)*

Укладачі: **ЗАКУРДАЙ** Світлана Олександрівна,
КОСТЕНКО Іван Олександрович

Відповідальний за випуск *Ю. П. Бархаєв*
За авторською редакцією
Комп'ютерне верстання *С. О. Закурдай*

План 2019, поз. 150М

Підп. до друку 19.03.2019. Формат 60 × 84/16
Друк на ризографі. Ум. друк. арк. 2,21
Тираж 50 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017.