

ФАКУЛЬТЕТ АВТОМАТИКИ, ТЕЛЕМЕХАНІКИ ТА ЗВ'ЯЗКУ

**Кафедра «Автоматика та комп'ютерне телекерування
рухом поїздів»**

ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ЧАСТОТИ ТА НАПРУГИ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до виконання лабораторних робіт 1, 2 з дисципліни
«ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ»**

Харків – 2012

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку
на засіданні кафедри "Автоматика та комп'ютерне

телекерування рухом поїздів" 9 грудня 2010 р., протокол № 4.

Методичні вказівки призначені для студентів спеціальності 7.092507 “Автоматика і автоматизація на транспорті” спеціалізації 7.092507.01 “Автоматика і комп’ютерні системи управління рухом поїздів” усіх форм навчання.

Укладачі:
проф. С.В. Панченко
доц. К.С. Клименко
асист. О.І. Горбушко
інж. Ю.П. Носік

Рецензент
проф. А.Б. Бойнік

ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ЧАСТОТИ ТА НАПРУГИ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт 1, 2 з дисципліни
«ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ»

Відповідальний за випуск Клименко К.С.

Редактор Буранова Н.В.

Підписано до друку 14.12.10 р.
Формат паперу 60x84 1/16 . Папір писальний.
Умовн.-друк.арк. 0,75. Тираж 100. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту
61050, Харків - 50, майдан Фейербаха, 7
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

Зміст

Лабораторна робота 1. Дослідження електромагнітного статичного перетворювача частоти ПЧ 50/25-100.....	4
Лабораторна робота 2. Дослідження напівпровідникового перетворювача типу ПП-0,3.....	11

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 1

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО СТАТИЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ЧАСТОТИ ПЧ 50/25-100

1.1 Мета роботи

Вивчення будови та принципу дії перетворювачів частоти типу ПЧ50/25, дослідження вихідних та граничних характеристик перетворювача ПЧ50/25-100.

1.2 Короткі теоретичні відомості

Електромагнітні статичні перетворювачі частоти типу ПЧ50/25 застосовуються для електроживлення рейкових кіл 25 Гц. Використовуються три типи ПЧ50/25-100, ПЧ50/25-150 і ПЧ50/25-300 перетворювачів, які відрізняються номінальною потужністю та конструктивними особливостями. Для електроживлення перегінних рейкових кіл автоблокування використовується перетворювач ПЧ50/25-100, а для станційних рейкових кіл – ПЧ50/25-150 і ПЧ50/25-300. Основні електричні параметри перетворювачів частоти наведені в таблиці.

Таблиця – Електричні параметри перетворювачів частоти

Параметр	Тип перетворювача		
	ПЧ 50/25- 100УЗ	ПЧ 50/25- 150УЗ	ПЧ 50/25- 300УЗ
Номінальна напруга I обмотки, В	110/220	110/220	110/220
Номінальний струм I обмотки, А	1,12	1,35	3,20
Номінальна напруга II обмотки, В	165	220	220
Номінальний струм II обмотки, А	0,606	0,682	1,365
Напруга початку перетворення, В, при номінальному навантаженні і напрузі мережі живлення 220 В	180-190	180-190	Не більш 198

У даній роботі досліджується перетворювач ПЧ50/25-100, який складається з двох блоків: феромагнітного та конденсаторного (рисунок). Робота перетворювача побудована на

явищі параметричного резонансу, що виникає в коливальному контурі, якщо періодично змінювати величину його індуктивності або ємності з частотою у два рази більшою частоти резонансу контуру. Якщо витрати в контурі будуть компенсуватися за рахунок зовнішнього джерела енергії, то ці коливання будуть незатухаючими, оскільки простіше змінювати індуктивність вторинної обмотки трансформатора за рахунок підмагнічування сердечника. Для того щоб на виході перетворювача виникла частота 25 Гц, слід змінювати підмагнічування сердечника з частотою напруги мережі живлення.

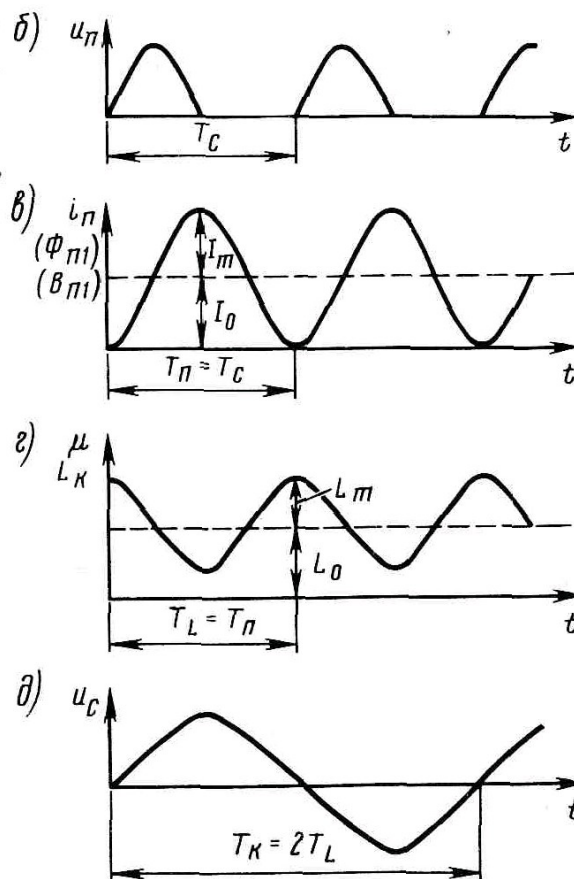
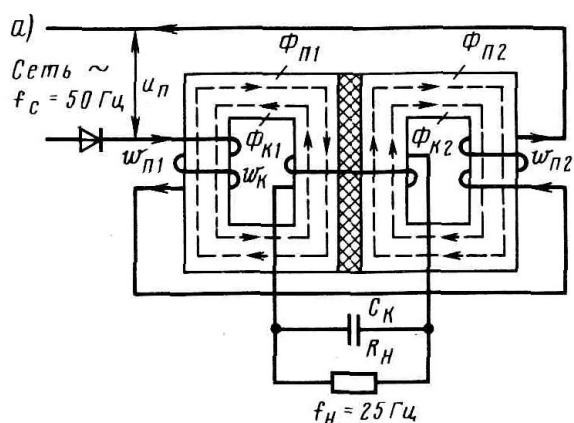


Рисунок – Схема параметричного перетворювача частоти та залежності напруги і струму від часу

Перетворювачі частоти (рисунок, а) виконані на двох П-подібних сердечниках. На крайніх стержнях розміщені обмотки підмагнічування $W_{П1}$ і $W_{П2}$, що з'єднані так, щоб утворювані в середніх стержнях потоки $\Phi_{П1}$ і $\Phi_{П2}$ були спрямовані назустріч. На середніх стержнях сердечників розміщена контурна обмотка $W_{К}$, індуктивність якої разом із ємністю конденсатора $C_{К}$ утворюють коливальний контур із резонансною частотою 25 Гц. Обмотки $W_{П1}$ і $W_{П2}$ підключені до мережі змінного струму через

діод VD , що забезпечує однопівперіодне випрямлення. Якби обмотки мали тільки активний опір, то крива випрямленого струму повторювала б форму випрямленої напруги (рисунок 1, б). Наявність індуктивності призводить до зміни форми струму. Струм підмагнічування i_{II} (рисунок, в) містить тільки першу гармоніку з амплітудою I_m і постійну складову I_0 . Струм підмагнічування характеризує зміну магнітних потоків Φ_{II1} і Φ_{II2} та магнітної індукції B_{II1} і B_{II2} у сердечниках. При збільшенні магнітної індукції збільшується ступінь насичення сердечників та зменшується їхня магнітна проникність μ (рисунок, г). Отже, індуктивність контурної обмотки буде змінюватися за тим самим законом, що і магнітна проникність μ , з частотою мережі. А період зміни напруги в контурі T_k у 2 рази більше, ніж у мережі змінного струму T_c (рисунок, д). Таким чином, частота напруги та струму в навантаженні буде у 2 рази нижче частоти в мережі.

Праву і ліву половини перетворювача неможливо виконати цілком однаковими, тому один із магнітних потоків Φ_{II1} або Φ_{II2} буде переважати, і в контурну обмотку з мережі надійде магнітна енергія. При зміні індуктивності обмотки W_k у ній почне проходити струм, у сердечниках виникнуть потоки Φ_{k1} і Φ_{k2} , які будуть спрямовані в одному стержні трансформатора згідно з потоком підмагнічування, у другому – назустріч. При цьому симетрія стану насичення сердечників порушується, і в контурну обмотку з мережі почнуть надходити імпульси енергії. Ця енергія дозволяє компенсувати втрати в контурі. Для того щоб у контурі могли існувати незатухаючі коливання, необхідно, щоб енергія, яка запасасться у контурі, дорівнювала б енергії, що витрачається на живлення навантаження.

1.3 Опис лабораторної установки

В лабораторну установку (рисунок) входять: автотрансформатор $ЛАТр$; перетворювач $ПЧ50/25-100$; частотомір $ЧЗ-32$; навантажувальний резистор R_n ; амперметр $РА$; вольтметри $PV1$ і $PV2$; тумблер вимикання мережі $SA1$.

При складанні і дослідженні схеми необхідно враховувати, що в ній є небезпечна напруга для життя людини, а автотрансформатор не забезпечує гальванічну розв'язку схеми від мережі живлення.

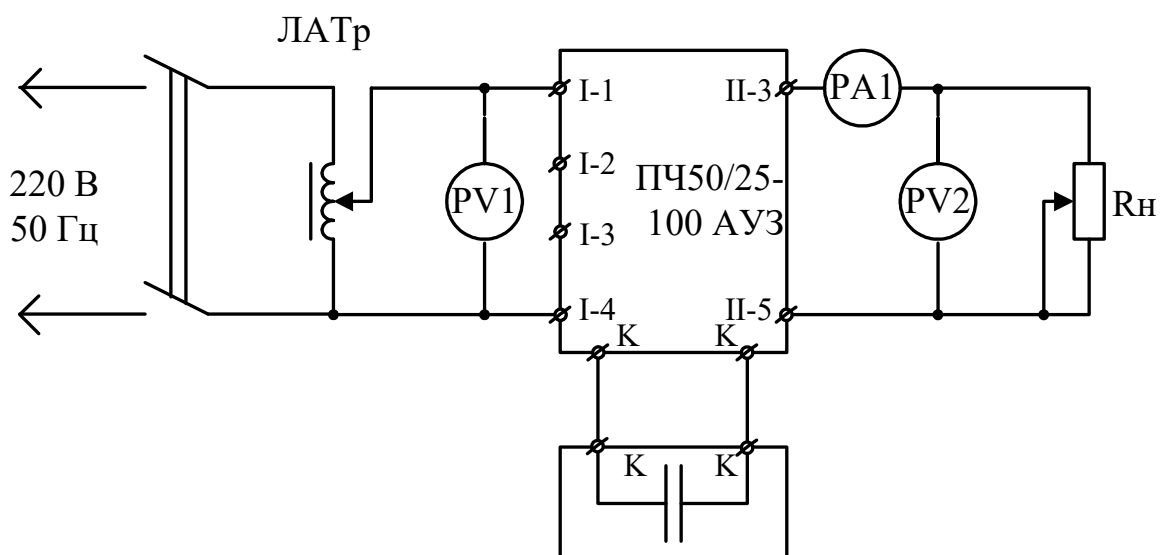


Рисунок – Схема лабораторної установки

1.4 Програма виконання лабораторної роботи

1.4.1 Ознайомитися з теоретичним матеріалом, що наведений у конспекті лекцій, навчальних посібниках і підручниках [1, 2].

1.4.2 Підготувати звіт відповідно до пунктів 1.6.1 – 1.6.4.

1.4.3 Отримати допуск до відпрацювання лабораторної роботи.

1.4.4 Розібратися з конструкцією і розташуванням апаратури на діючому макеті.

1.4.5 Виконати лабораторну роботу згідно з методикою, що описана в пункті 1.5.

1.4.6 Записати результати спостережень та показати викладачу.

1.4.7 Закінчити оформлення звіту відповідно до пунктів 1.6.5 – 1.6.7.

1.4.8 Захистити лабораторну роботу.

1.5 Методика виконання лабораторної роботи

1.5.1 Перед увімкненням макета необхідно встановити регулятор **ЛАТра** у крайнє положення проти годинникової стрілки, а регулятор навантажувального резистора R_n – у крайнє ліве положення, що відповідає максимальному опору.

1.5.2 Увімкнути живлення макета тумблером SA1.

1.5.3 Зняти вихідні характеристики ПЧ $U_{\text{вих}} = f(I_{\text{н}})$ (залежність вихідної напруги від струму навантаження) для вхідних напруг 180, 200, 220 В.

1.5.3.1 Плавно збільшувати вхідну напругу за допомогою ЛАТра до 180 В. Далі за допомогою навантажувального резистора $R_{\text{н}}$ змінювати струм навантаження (двигжок резистора з крайнього лівого положення рухати вправо). Обов'язково необхідно зафіксувати максимальний вихідний струм. Значення струму слід визначати за РА1. Результати вимірів занести в таблицю.

1.5.3.2 Для вхідних напруг 200 і 220 В виконати вимірювання за аналогією з пунктом 1.5.3.1 і результати занести в таблиці і .

Таблиця – Результати вимірювань вихідної характеристики

$U_{\text{вх}}, \text{В}$	180											
$I_{\text{н}}, \text{А}$												
$U_{\text{вих}}, \text{В}$												

Таблиця – Результати вимірювань вихідної характеристики

$U_{\text{вх}}, \text{В}$	200											
$I_{\text{н}}, \text{А}$												
$U_{\text{вих}}, \text{В}$												

Таблиця – Результати вимірювань вихідної характеристики

$U_{\text{вх}}, \text{В}$	220											
$I_{\text{н}}, \text{А}$												
$U_{\text{вих}}, \text{В}$												

1.5.4 Зняти граничні характеристики перетворювача $U_{\text{зп}}=f(I_{\text{н}})$, та $U_{\text{пп}}=f(I_{\text{н}})$ (залежність напруги зриву та початку перетворення від струму навантаження).

1.5.4.1 Встановити за допомогою ЛАТра вхідну напругу $U_{\text{вх}}=220 \text{ В}$ та струм навантаження 0 А . Плавно зменшуючи вхідну напругу, зафіксувати момент зриву перетворення $U_{\text{зп}}$ за зміною показання на *PV2* (різко зменшується значення вихідної напруги), а потім, збільшуючи вхідну напругу, зафіксувати момент початку перетворення $U_{\text{пп}}$ за зміною показання на *PV1*

(різко збільшується вихідна напруга). Результати вимірів занести в таблицю.

1.5.4.2 Потім знову встановити вхідну напругу $U_{BX}=220\text{ В}$ та струм навантаження $0,2\text{ А}$. Плавню зменшуючи вхідну напругу, зафіксувати момент зриву перетворення $U_{ЗП}$ (різко зменшується значення вихідної напруги і струму), а потім, збільшуючи вхідну напругу, зафіксувати момент початку перетворення $U_{ПП}$ (різко збільшується вихідна напруга і струм), причому значення струму на виході перетворювача повинно відповідати струму навантаження, яке було задано. Результати вимірів занести в таблицю.

1.5.4.3 Для значень струмів навантаження, які наведені в таблиці, повторити вимірювання за аналогією з пунктом 1.5.4.2 і результати вимірів занести в таблицю.

1.5.5 Дослідити роботу перетворювача при відмовах напівпровідникових діодів: коротке замикання і обрив. Для цього встановити $U_{BX}=220\text{ В}$ та струм навантаження $I_H=2,0\text{ А}$. За допомогою тумблерів “КЗ” і “Обрив” для VD1 і VD2 імітувати відмови. Результати досліджень занести в таблицю 6.

Таблиця – Результати вимірювань граничних характеристик

$I_H, \text{А}$	0	0,2	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4	2,8	3,2	3,6
$U_{ПП}, \text{В}$											
$U_{ЗП}, \text{В}$											

Таблиця – Результати дослідження напівпровідникових діодів

Діод	Відмова	Працездатність ПЧ (працює чи не працює)
VD1	“КЗ”	
	“Обрив”	
VD2	“КЗ”	
	“Обрив”	
VD1 і VD2	“КЗ”	
VD1 і VD2	“Обрив”	

1.5.6 Встановити регулятор *ЛАТра* у крайнє положення проти годинникової стрілки, а регулятор навантажувального резистора R_H – у крайнє ліве положення, що відповідає максимальному значенню опору. Відключити тумблер SA1.

1.6 Зміст звіту

1.6.1 Назва і мета роботи.

1.6.2 Принципова схема ПЧ.

1.6.3 Відповіді на контрольні запитання для підготовки звіту.

1.6.4 Накреслені таблиці – для запису результатів спостережень.

1.6.5 Результати спостережень, записані у таблиці – .

1.6.6 Графіки залежностей $U_{\text{вих}}=f(I_{\text{н}})$, $U_{\text{зп}}=f(I_{\text{н}})$ та $U_{\text{пп}}=f(I_{\text{н}})$, побудовані за результатами вимірів.

1.6.7 Стислі висновки з роботи (вказати переваги і недоліки).

1.7 Контрольні запитання для підготовки звіту

1.7.1 Яке призначення перетворювача частоти ПЧ50/25?

1.7.2 Вкажіть електричні параметри перетворювачів частоти

1.7.3 Які елементи має перетворювач?

1.7.4 З яких елементів складається коливальний контур, налаштований на частоту 25 Гц?

1.7.5 У чому полягають конструктивні відмінності ПЧ50/25-300 від двох інших типів ПЧ?

1.8 Контрольні запитання для допуску до роботи

1.8.1 Вказати призначення елементів перетворювача частоти.

1.8.2 В чому сутність параметричного резонансу?

1.8.3 Який реактивний параметр контуру змінюється для отримання параметричного резонансу?

1.8.4 Чому використовується сердечник для отримання заданої індуктивності коливального контуру?

1.8.5 Чому необхідно намагнічувати сердечник перетворювача?

1.8.6 До якого стану намагнічується сердечник перетворювача і чому?

1.8.7 Яким чином намагнічують сердечник перетворювача?

1.8.8 Чому для випрямлення напруги використовується однонапівперіодна схема випрямлення?

1.8.9 Чому вхідні обмотки ПЧ необхідно підключати назустріч?

1.9 Контрольні запитання для захисту роботи

1.9.1 Що необхідно зробити, щоб зменшити вплив та завади первинної обмотки перетворювача на вторинну?

1.9.2 Яким чином резистор, що вмикається в конденсаторному блоці ПЧ50/25-300, дозволяє зменшити у вторинній обмотці перетворювача гармоніку частотою 50 Гц?

1.9.3 Чому при фіксованому значенні опору навантаження напруга початку перетворення завжди більше напруги зриву перетворення?

1.9.4 Чому ПЧ має властивість стабілізувати вихідну напругу? На графіку залежності $U_{\text{вих}}=f(I_{\text{н}})$ вказати зону, де здійснюється стабілізація напруги.

1.9.5 Чому при збільшенні струму навантаження напруга зриву перетворення зростає?

1.9.6 Яким чином енергія з вхідної обмотки ПЧ передається на вихідну?

1.9.7 Чому при короткому замиканні на виході не відбувається перевантаження перетворювача?

1.9.8 Вкажіть основні переваги і недоліки перетворювача.

1.9.9 Чому при підключенні двох ПЧ до однієї фази мережі електроживлення їх з'єднують різнойменними вхідними затискачами?

1.9.10 Чому при одночасному ввімкненні двох ПЧ на їхніх виходах можлива поява коливань із різноманітними зсувами фаз і потрібно застосовувати спеціальну схему фазування?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 2 ДОСЛІДЖЕННЯ НАПІВПРОВІДНИКОВОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ТИПУ ПП-0,3

2.1 Мета роботи

Вивчення принципу дії напівпровідникового перетворювача ПП-0,3 і дослідження його характеристик.

2.2 Короткі теоретичні відомості

При електропостачанні електротехнічних пристроїв залізничної автоматики використовуються перетворювачі напруги. Процес перетворення постійної напруги у змінну називають *інвертуванням*, а пристрій, що виконує його, – *інвертором*. Перетворення постійної напруги однієї величини в постійну іншої величини називають *конвертуванням*, а пристрій – *конвертором*.

Принцип дії інвертора полягає в тому, що постійна напруга джерела за допомогою електронних ключів переривається з певною частотою, у результаті чого утворюється пульсуюча напруга. Постійна складова пульсуючої напруги усувається за допомогою трансформатора, а змінна перетворюється до необхідного значення. У конверторі постійна напруга інвертором перетворюється у змінну, а потім випрямлячем знову перетворюється в постійну.

В інверторах комутація струму здійснюється електронними приладами, що працюють у ключовому режимі. Релейні прилади не використовуються для комутації струму в інверторах. При роботі у ключовому режимі електронний прилад може перебувати в одному із двох станів: відкритому або закритому. В обох станах потужність, що розсіюється на електродах, дуже мала. Інвертор переходить із одного стану в інший дуже швидко, так що за час комутації втрати також незначні. Тому при роботі в ключовому режимі ККД інверторів може досягати 80 – 90 %.

Інвертори класифікують за рядом ознак:

- залежно від типу використаних електронних приладів (лампові, транзисторні, тиратронні і тиристорні інвертори);
- залежно від системи управління (із зовнішнім збудженням і самозбудженням);

- залежної від способу виконання (одно- або двотактні схеми);
- за числом фаз вихідної напруги (одно- і трифазні);
- за формою вихідної напруги (синусоїдальна, прямокутна).

В інверторах із зовнішнім збудженням до складу системи управління входить автономний генератор, що створює управляючі сигнали у вигляді імпульсів або гармонічних коливань. А в інверторах із самозбудженням комутація здійснюється за рахунок позитивного зворотного зв'язку у самому інверторі.

У пристроях автоматики і телемеханіки найбільш широко застосовуються транзисторні і тиристорні інвертори.

Транзисторні інвертори. Як комутаційні елементи у схемах інверторів застосовуються транзистори, які відкриваються і закриваються при зміні полярності управляючого сигналу. Транзисторні інвертори виконуються з використанням таких схем:

1 Однотактна схема інвертора із зовнішнім збудженням. Перевагами цієї схеми інвертора є її простота, а до недоліків належать: несиметричність форми кривої вихідної напруги та залежність її від навантаження; невелика потужність у навантаженні – частки або одиниці ватів.

2 Однотактна схема інвертора із самозбудженням. Перетворювачі цього типу доцільно застосовувати при високій вихідній напрузі, малих струмах і потужностях у навантаженні, що досягають декількох десятків ватів, їх ККД 60-70%.

3 Двотактна схема інвертора із самозбудженням. Оптимальна частота коливань лежить у діапазоні 400 – 600 Гц. Даний перетворювач застосовують при потужностях не більш 50-100 Вт, Він забезпечує ККД порядку 70-80%. Недоліком перетворювача є сильний вплив струму і характеру навантаження на частоту, форму і вихідну напругу та при великих потужностях істотне збільшення втрати у трансформаторі.

4 Двотактна схема інвертора із зовнішнім збудженням. Як інвертори із зовнішнім збудженням найчастіше використовують схеми двотактних підсилювачів потужності з вихідним трансформатором. Форма кривої вихідної напруги наближається до прямокутної, тому вихідний трансформатор перетворювача

доводити до насичення немає необхідності, завдяки чому зменшуються втрати і ККД може досягати 80-90%. Перетворювачі цього типу виконуються потужністю до 500 Вт.

Тиристорні інвертори. Як комутаційні елементи у схемах інверторів застосовуються управляючі вентиля-тиристори, які у порівнянні з транзисторами мають такі особливості:

1) тиристорні інвертори відрізняються від транзисторних тим, що їхня вихідна потужність може бути в декілька разів вище;

2) тиристорні інвертори відкриваються та закриваються таким чином:

- тиристори відкриваються при подачі в коло управляючого електрода імпульсу постійного струму;

- закриття тиристора може здійснюватися зниженням напруги анод-катод до нульового рівня або подачею зворотної напруги на анод-катод. Це викликано тим, що у відкритого тиристора управляючий електрод втрачає управляючі властивості.

У більшості інверторів як елемент, що забезпечує закриття тиристора, використовується комутаційний конденсатор. Він вмикається послідовно або паралельно по відношенню до навантаження. Залежно від цього, схеми інверторів поділяються на послідовні і паралельні. Найбільш великого поширення в залізничній автоматиці набули схеми паралельних інверторів. Тиристорні інвертори виконуються з використанням таких схем:

1 Мостова схема паралельного інвертора. Недоліком цієї схеми є використання чотирьох тиристорів.

2 Двотактна схема паралельного інвертора (рисунок 3, а), яка набула найбільш великого поширення. У схемі для комутації струму використовують тільки два тиристори $VS1$ і $VS2$. До кінця відліку часу $t_0 - t_1$ (рисунок 3, б) тиристор $VS1$ закритий, а $VS2$ відкритий, конденсатор C заряджений і має полярність, зазначену на схемі у дужках. У момент часу t_1 на управляючий електрод тиристора $VS1$ подається позитивний імпульс i_{V1} , і він відкривається. Конденсатор C через малий опір відкритих тиристорів $VS1$ і $VS2$ починає розряджатися, і напруга конденсатора прикладається до відкритого тиристора $VS2$. Протягом дуже малого проміжку часу (мікросекунд) він закривається. Через відкритий тиристор $VS1$ і нижню обмотку

трансформатора T протікає струм перезаряду конденсатора C (i_C), а через верхню – струм i_L . Спочатку протікає струм перезаряду конденсатора. По мірі заряду конденсатора струм i_C буде зменшуватися, а струм i_L – збільшуватися. Напруга u_{a1} на відкритому тиристорі мала, а його струм i_{a1} рівний струму i_L . При достатньо великій індуктивності дроселя L струм i_{a1} залишається практично незмінним.

У момент часу t_2 на управляючий електрод тиристора $VS2$ подається імпульс i_{v2} , що його відкриває. Напруга на конденсаторі C (його полярність зазначена на рисунку 3, а без дужок) викликає швидке закриття тиристора $VS1$. При цьому струм конденсатора різко змінює напрямок, і він знову починає перезаряджатися. Таким чином, процес комутації тиристорів періодично повторюється, і на виході інвертора виникає змінна напруга u_H . Для нормальної роботи інвертора необхідно, щоб час роботи t_{δ} , протягом якого на аноді тиристора зберігався негативний потенціал, був більше часу вимикання. У противному разі закритий тиристор знову відкривається, що призведе до короткого замикання джерела постійного струму.

Напівпровідниковий перетворювач типу ПП-0,3 призначений для аварійного резервування живлення змінного струму пристроїв автоматики і живлення рейкових кіл струму з частотою, відмінною від 50 Гц (режим роботи перетворювача із зовнішнім сигналом управління). Основні його характеристики наведені в таблиці 7.

Перетворювач ПП-0,3 (рисунок) складається з автогенератора "Г", формувача імпульсів "ФІ", інвертора "И" та пускозахисного пристрою "ПЗУ".

Генератор виконаний на транзисторах за схемою двотактного релаксаційного генератора із самозбудженням та можливістю підстроювання частоти і потужності вихідних сигналів.

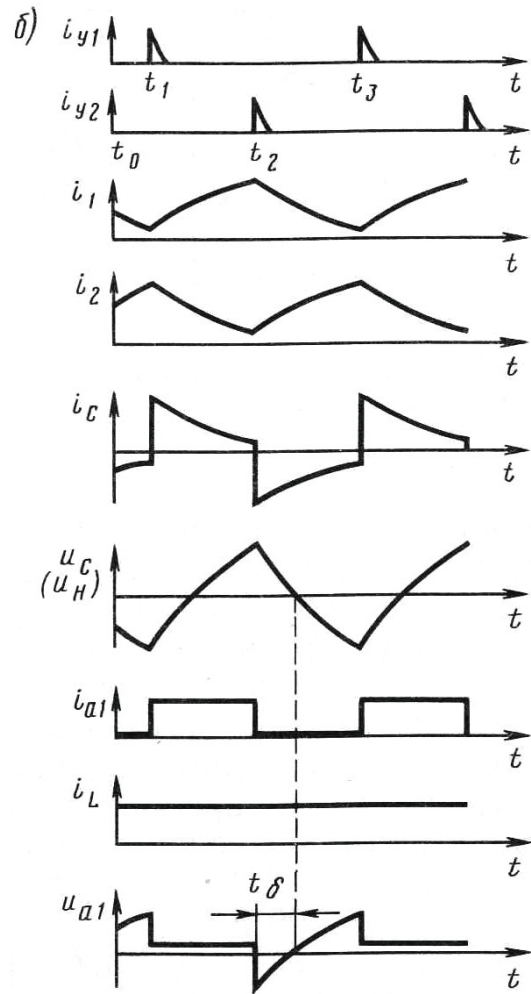
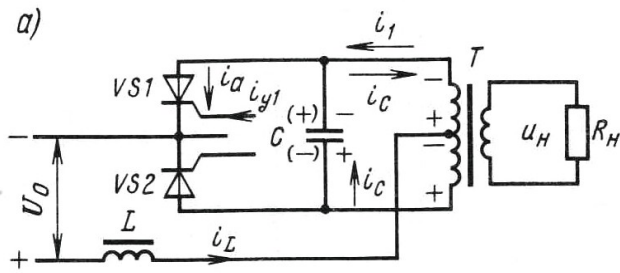


Рисунок – Двотактна схема паралельного інвертора та залежності напруги і струму від часу

Таблиця – Основні характеристики перетворювача типу ПП-0,3

Характеристики	Значення
Напруга на виході перетворювача:	
при номінальному навантаженні	220±10 В
на холостому ході не більше	260 В
Напруга на вході перетворювача	24 В
Частота входної напруги:	
у режимі самозбудження	60±1 Гц
із зовнішнім сигналом	40-85 Гц
Номінальна потужність навантаження при $\cos \varphi=0,9$	0,3 кВт
ККД при номінальному навантаженні не менше	80%

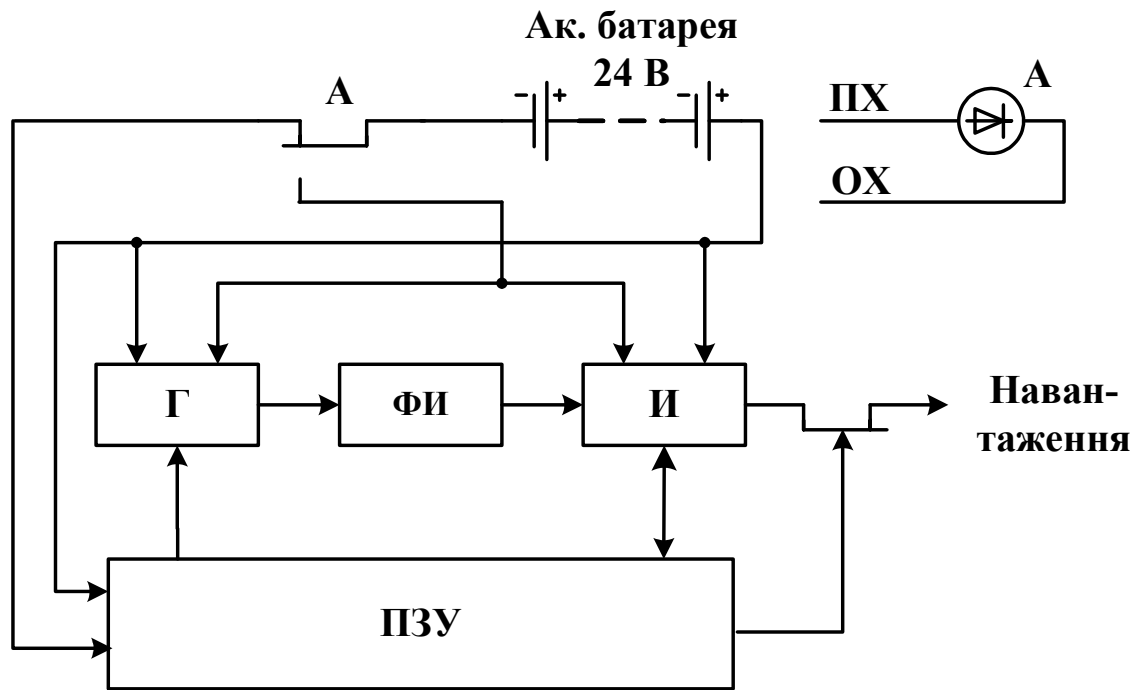


Рисунок – Структурна схема перетворювача напруги ПП-0,3

Формувач імпульсів перетворює прямокутні імпульси генератора у вузькі управляючі сигнали, що по черзі передаються на вхід інвертора.

Пускозахисний пристрій забезпечує стійке вмикання та автоматичний повторний запуск перетворювача, якщо його робота припинялася, наприклад, при короткочасному замиканні у навантаженні. Перетворювач запускається відключенням реле А при вимиканні мережі змінного струму.

Принципова схема перетворювача типу ПП-0,3 наведена на рисунку. Генератор виконаний на транзисторах *VT1* і *VT2*. Транзистори *VT3* і *VT4* забезпечують необхідну потужність вихідних сигналів. Частоту автогенератора настроюють підбором числа витків трансформатора *T1*. Напруга живлення генератора підтримується постійним резистором *R5*, стабілітроном *VD3* та діодами *VD6* і *VD7*. Формувач імпульсів складається з конденсатора *C3*, що диференціює, та розподільних діодів *VD8* і *VD9*, через які імпульси різної полярності подаються на управляючі електроди тиристорів інвертора. Інвертор містить тиристори *VS12* і *VS13*, силовий трансформатор *T3*, комутаційні конденсатори *C4-C11*, дроселі *L1-L3*, діоди *VD14* і *VD15*.

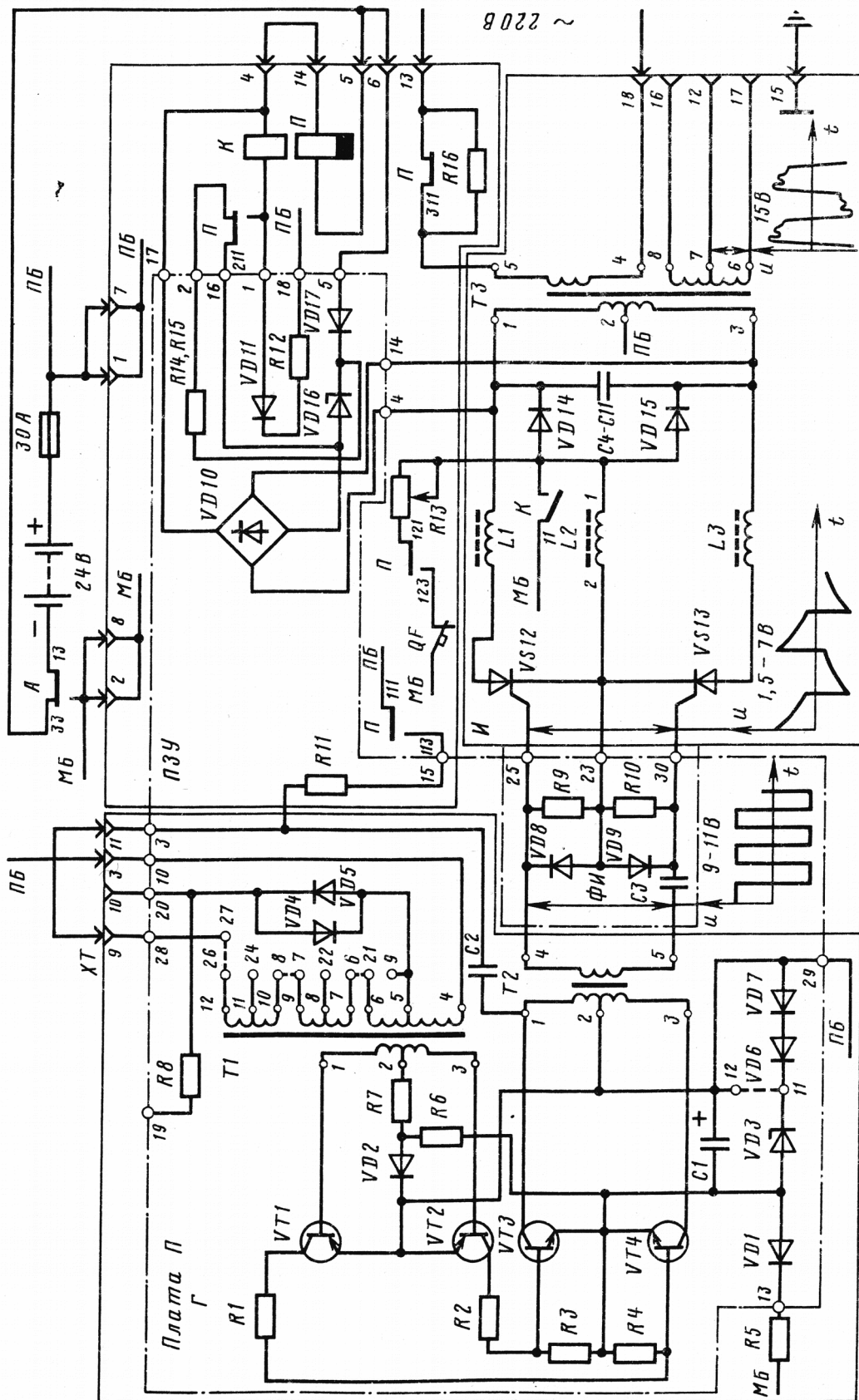


Рисунок – Принципова схема перетворювача ПП-0,3

Інвертор живиться через елементи пускозахисного пристрою від джерела постійного струму ПБ-МБ напругою 24 В. При надходженні управляючих імпульсів на вхід інвертора по черзі відкриваються тиристори *VS12* і *VS13*. По півобмотках трансформатора *T3* протікають струми різних напрямків, і у вторинній обмотці створюється змінний струм, який забезпечує живлення навантаження.

Пускозахисний пристрій має реле *K* і *П*, автоматичний вимикач багатократної дії *QF*, резистори *R11-R16*, діоди *VD10*, *VD11*, *VD17* і стабілітрон *VD16*. При вимиканні мережі змінного струму фронтними контактами аварійного реле *A* відключиться коло живлення реле *П*, яке запускає перетворювач із невеликою затримкою, щоб виключити помилковий запуск перетворювача. Щоб полегшити умови запуску інвертора тиловим контактом реле *П*, паралельно обмотці трансформатора *T1* підключається резистор *R11*, що збільшує частоту генератора до 80-90 Гц, а навантаження підключається через резистор *R16*. При запуску інвертор отримує живлення через тиловий контакт реле *П* та автоматичний вимикач багатократної дії. Це дозволяє проконтролювати відсутність короткого замикання у вихідному трансформаторі інвертора *T3*.

Після появи змінного струму в трансформаторі *T3* через мостовий випрямляч *VD10* спрацьовує реле *K*, яке контролює наявність змінної напруги на виході перетворювача (працездатність інвертора). Посиленим контактом реле *K* замикається основне коло живлення інвертора в обхід пускових контактів реле *П*. Як тільки на виході перетворювача буде сигнал номінальної потужності і частоти, реле *П* спрацьовує та замикає силове коло живлення перетворювача.

При короткому замиканні в навантаженні зменшується напруга на виході інвертора, що викликає вимикання реле *K* і *П*. Вони своїми контактами розривають коло живлення інвертора та відключають його від навантаження. Автоматичний вимикач багатократної дії *QF* призначений для вмикання розряду акумуляторної батареї та захисту перетворювача від струмових перевантажень при тривалому короткому замиканні.

Режим із зовнішнім сигналом управління використовують при живленні рейкових кіл струмом із частотою, відмінною від 50 Гц. У цьому режимі джерелом живлення перетворювача

служить випрямляч напруги 24 В, що підключається до мережі змінного струму. Частота коливань на виході перетворювача задається зовнішнім сигналом управління в діапазоні від 40 – 85 Гц. При цьому внутрішній генератор типу ПП-0,3 працює в режимі посилення вхідного сигналу.

Щоб захистити конденсатори *C4-C11* від перезаряджання, у схему інвертора включені діоди *VD14* і *VD15*. У випадку, коли напруга на конденсаторах стане більше значення відкриття діодів, вони відкриваються, і частина електричної енергії з конденсаторів буде повертатися на акумуляторну батарею.

Напівпровідниковий перетворювач типу ППС-1,7 служить для резервування живлення від низьковольтної акумуляторної батареї напругою 24 або 48 В стрілочних електроприводів, що мають двигуни постійного струму з номінальною напругою 160 В. Перетворювач разом із випрямлячем типу ВУС-1,3 розраховані на переведення однієї стрілки будь-якої марки хрестовини. Напруга на виході перетворювача не менше 210 В, а частота вихідної напруги (400 ± 10) Гц.

Напівпровідниковий перетворювач трифазного струму типу ППСТ-1,5 живить стрілочні електродвигуни трифазного струму типу МСТ-0,3 від акумуляторної батареї. Він розрахований на переведення однієї стрілки. Залежно від номінальної вихідної напруги 220 або 380 В та напруги джерела живлення 24 або 48, випускають чотири типи перетворювачів: ППСТ-1,5-220-24; ППСТ-1,5-220-48; ППСТ-1,5-380-24 і ППСТ-1,5-380-48. Дані перетворювачі виробляють напругу прямокутної форми з частотою (50 ± 1) Гц.

Перетворювач-випрямляч типу ППВ-1 служить для заряду кислотної акумуляторної батареї від мережі змінного струму (режим випрямляча у нормальному режимі) і перетворення енергії постійного струму акумуляторної батареї у змінний (режим перетворення в аварійному режимі). Перетворювач-випрямляч разом із напівпровідниковим реле напруги забезпечує оптимальне утримання акумуляторної батареї в буферному режимі та форсований заряд її після вмикання мережі змінного струму.

У режимі перетворення перетворювач-випрямляч при номінальній напрузі акумуляторної батареї 24 В віддає

номінальну потужність 1 кВт (при $\cos \varphi=0,9$). Номінальна діюча напруга на виході перетворювача 220 В з частотою перетворення $(50\pm 0,5)$ Гц.

У режимі випрямлення при номінальній напрузі в мережі перетворювач-випрямляч забезпечує струм заряду акумуляторної батареї від 0 до 20 А. При цьому струм, споживаний від мережі, дорівнює 7 А.

Перетворювач ППВ РЦ25-0,75 служить для резервування живлення рейкових кіл частотою 25 Гц із колійним реле типу ДСШ від акумуляторної батареї напругою 24 В при вимиканні мережі змінного струму (аварійний режим) і для заряду цієї батареї від мережі змінного струму напругою 220 В (нормальний режим).

2.3 Опис лабораторної установки

У схему лабораторної установки входять (рисунок б): досліджуваний перетворювач **ПП-0,3**; аварійне реле **А**; випрямляч напруги **ВП 24 В**, що імітує акумуляторну батарею; автотрансформатор **ЛАТр**; вольтметри вхідної **PV1** і вихідної напруги **PV2**; осцилограф; контрольні лампочки **Л1**, **Л2** і **Л3** відповідно збудження аварійного реле, наявності постійної напруги на вході та змінної на виході перетворювача; тумблери **T1**, **T2** і **T3**, які необхідні відповідно для вмикання лабораторної установки, вимикання фідерної напруги **ПХ-ОХ** та відключення навантаження **Rн**.

При виконанні лабораторної роботи необхідно пам'ятати, що на струмоведучих частинах схеми є небезпечні напруги.

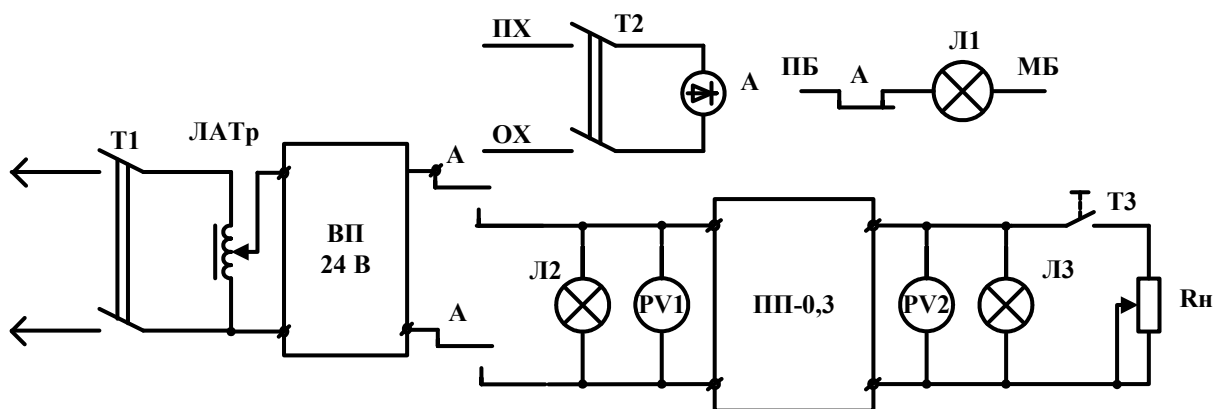


Рисунок – Схема лабораторної установки

2.4 Програма виконання лабораторної роботи

2.4.1 Ознайомитися з теоретичним матеріалом, що наведений у конспекті лекцій, навчальних посібниках і підручниках [1, 2].

2.4.2 Підготувати звіт відповідно до пунктів 2.6.1 – 2.6.4.

2.4.3 Отримати допуск до відпрацьовування лабораторної роботи.

2.4.4 Розібратися з конструкцією і розташуванням апаратури на діючому макеті.

2.4.5 Виконати лабораторну роботу згідно з методикою, що описана в пункті 2.5.

2.4.6 Записати результати спостережень та показати викладачу.

2.4.7 Закінчити оформлення звіту відповідно до пунктів 2.6.5 – 2.6.7.

2.4.8 Захистити лабораторну роботу.

2.5 Методика виконання лабораторної роботи

2.5.1 Встановити ручку регулятора ЛАТра в крайнє положення проти годинникової стрілки, тумблери Т2 і Т3 – у верхнє положення "1".

2.5.2 Тумблером Т1 увімкнути установку. За вольтметрами РV1 і РV2 або за контрольними лампочками Л2 і Л3 переконатися у відсутності напруги на вході і виході перетворювача.

2.5.3 Встановити тумблер Т2 у нижнє положення "0". Аварійне реле А вимикається та підключає своїми загальними і тильовими контактами перетворювач до випрямляча ВП 24 В.

2.5.4 Зняти залежність вихідної напруги від вхідної в режимі холостого ходу (навантаження відключене).

2.5.4.1 Плавнo повертаючи ручку ЛАТра за годинниковою стрілкою (збільшення напруги на вході перетворювача), встановити за допомогою вольтметра РV1 значення вхідної напруги, які наведені в таблиці. Вихідну напругу вимірювати за вольтметром РV2. При знятті залежності слід також візуально визначати стан реле К (дальнє) і П (ближнє) в ПЗУ. Вимірювання необхідно припинити, коли ручка ЛАТра буде повернута за

годинниковою стрілкою до крайнього положення. Результати вимірів занести в таблицю.

2.5.4.2 Далі, плавно повертаючи ручку ЛАТра проти годинникової стрілки (зменшення напруги на вході перетворювача), встановити значення вхідної напруги, які наведені в таблиці. Також треба візуально визначити стан реле **К** і **П**. Дослідження варто припинити після вимикання реле **П** і **К**. Результати спостережень занести в таблицю .

Таблиця – Результати вимірювань залежності вихідної напруги від вхідної перетворювача ПП-0,3

Напруга на вході перетворювача, В	Напруга на виході перетворювача, В	Стан реле П і К ПЗУ	Примітка
5			Збільшення вихідної напруги
10			
15			
20			
22			
20			Зменшення вихідної напруги
15			
10			
5			

2.5.5 Визначити граничні характеристики перетворювача.

2.5.5.1 За допомогою ЛАТра встановити номінальний режим роботи перетворювача (реле **К** і **П** в ПЗУ мають спрацювати). Встановити навантажувальний резистор R_H на максимальний опір (ручка резистора має бути в положенні, яке ближче до студента), а потім переключити тумблер **ТЗ** у нижнє положення "0", щоб підключити навантаження до перетворювача.

2.5.5.2 Далі, плавно зменшуючи опір навантаження (ручку резистора студент повинен рухати від себе), слід зафіксувати вихідну і вхідну напруги перетворювача, при яких будуть вимикатися реле **К** і **П** ПЗУ, як це вказано в таблиці 9. При цьому варто пам'ятати, якщо час короткого замикання в навантаженні більш ніж 0,15 с, спрацює автоматичний вимикач багатократної дії. Результати спостережень занести в таблицю 9.

2.5.5.3 Після імітації короткого замикання необхідно збільшити опір навантаження до максимального значення та встановити тумблер **Т3** у верхнє положення "1". За спрацьовуванням реле **П** і **К ПЗУ** переконалися в номінальному режимі роботи перетворювача.

2.5.6 За допомогою осцилографа визначити форму сигналу на виходах генератора, формувача імпульсів та інвертора.

2.5.7 Встановити ручку **ЛАТра** у крайнє положення проти годинникової стрілки, тумблери **Т2** і **Т3** у верхнє положення "1" та вимкнути лабораторну установку.

Таблиця – Результати вимірювань граничних характеристик перетворювача ПП-0,3

Напруга на вході перетворювача, В	Напруга на виході перетворювача, В	Стан реле П и К ПЗУ	Примітка
		К↑ П↓	
		К↓ П↓	

2.6 Зміст звіту

2.6.1 Назва і мета роботи.

2.6.2 Принципова схема ПП-0,3.

2.6.3 Відповіді на контрольні запитання для підготовки звіту.

2.6.4 Накреслені таблиці, для запису результатів спостережень.

2.6.5 Результати спостережень, записані у таблиці,.

2.6.6 Графіки залежності $U_{вих}=f(U_H)$, осцилограми та розрахунок частоти на виходах генератора, формувача імпульсів та інвертора.

2.6.7 Стислі висновки з роботи (вказати переваги і недоліки перетворювача).

2.7 Контрольні запитання для підготовки звіту

2.7.1 Яке призначення перетворювача ПП-0,3 і його характеристики?

2.7.2 Вкажіть ознаки класифікації інверторів.

2.7.3 Вкажіть, які схеми використовуються для створення транзисторних і тиристорних інверторів і їхні переваги та недоліки?

2.7.4 Назвіть основні типи перетворювачів напруг, які використовуються у пристроях СЦБ, та їхнє призначення.

2.8 Контрольні запитання для допуску до роботи

2.8.1 Які особливості роботи пристроїв СЦБ викликають необхідність використання перетворювачів постійної напруги у змінну?

2.8.2 Які гарантовані споживачі по змінному струму живлять перетворювачі в аварійному режимі?

2.8.3 Які пристрої використовуються для перетворення напруги для живлення гарантованих споживачів в аварійному режимі?

2.8.4 Як відбувається процес перетворення напруги в інверторах?

2.8.5 Чому в інверторах використовують електронні прилади, а не релейні?

2.8.6 Чим відрізняються транзистори від тиристорів за внутрішньою структурою?

2.8.7 Чим відрізняються транзистори від тиристорів по вмиканню і вимиканню?

2.8.8 Назвіть основні вузли перетворювача ПП-0,3 та їхнє призначення?

2.9 Контрольні запитання для захисту роботи

2.9.1 Вкажіть призначення всіх елементів інвертора перетворювача ПП-0,3.

2.9.2 Поясніть особливості роботи інвертора перетворювача ПП-0,3.

2.9.3 Як працює інвертор перетворювача ПП-0,3 (за схемою показати протікання струмів)?

2.9.4 Поясніть призначення реле К і П ПЗУ перетворювача ПП-0,3 та особливості їхньої роботи.

2.9.5 З використанням результатів досліджень поясніть, як впливає амплітуда вхідної напруги на режими роботи перетворювача?

2.9.6 Вкажіть, яким чином здійснюється захист перетворювача від короткого замикання у навантаженні?

2.9.7 Поясніть, яким чином поліпшується запуск інвертора в перетворювачі ПП-0,3?

2.9.8 Поясніть режим роботи перетворювача із зовнішнім сигналом управління і коли він здійснюється?

2.9.9 Які переваги і недоліки перетворювача ПП-0,3 та перспективи його удосконалення?

Список літератури

1 Багуц В.П., Ковалев Н.П., Костроминов А.М. Электропитание устройств железнодорожной автоматики, телемеханики и связи. – М.: Транспорт, 1991.

2 Михайлов А.Ф., Частоедов Л.А. Электропитающие устройства и линейные сооружения автоматики, телемеханики и связи на железнодорожном транспорте. – М.: Транспорт, 1987.