

**ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧИХ СИСТЕМ  
ТА ТЕХНОЛОГІЙ**

**Кафедра автоматики та комп'ютерного телекерування  
рухом поїздів**

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИНЦИПІВ ПОБУДОВИ  
ПРИСТРОЇВ УБЕЗПЕЧЕНОГО  
ВВЕДЕННЯ-ВИВЕДЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
до курсового та дипломного проектування,  
лабораторних та практичних занять  
з дисципліни**

***«СТАНЦІЙНІ СИСТЕМИ АВТОМАТИКИ»***

**Харків – 2018**

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до

друку на засіданні кафедри автоматики та комп'ютерного телекерування рухом поїздів 12 березня 2018 р., протокол № 7.

Методичні вказівки призначені для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», що вивчають дисципліну «Станційні системи автоматики» усіх форм навчання.

Укладачі:

доценти В. П. Мороз,  
С. О. Змій

Рецензент

доц. С. В. Кошевий

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИНЦИПІВ ПОБУДОВИ  
ПРИСТРОЇВ УБЕЗПЕЧЕНОГО  
ВВЕДЕННЯ-ВИВЕДЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
до курсового та дипломного проектування,  
лабораторних та практичних занять  
з дисципліни

*«СТАНЦІЙНІ СИСТЕМИ АВТОМАТИКИ»*

Відповідальний за випуск Мороз В. П.

Редактор Третьякова К. А.

---

Підписано до друку 03.04.18 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 1,25. Тираж 50. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Український державний університет  
залізничного транспорту,  
61050, Харків-50, майдан Фейербаха, 7.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.

# ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 1

## Дослідження принципів побудови пристроїв убезпеченого введення-виведення інформації

**Мета роботи** – дослідження принципів побудови пристроїв  
убезпеченого введення-виведення інформації при зміні  
параметрів елементів.

### Короткі теоретичні відомості

Узгодження виконавчих об'єктів і датчиків із підсистемою керування та контролю (ПКК) у мікропроцесорних системах централізації залишається досить складним завданням. Його вирішення ускладнюється жорсткими, часто взаємовиключними вимогами до пристроїв узгодження з об'єктами (ПУО) та специфікою, властивою пристроям залізничної автоматики.

ПУО поділяються на два класи:

– по виведенню керуючих впливів на об'єкти керування ПКК;

– по введенню інформації з датчиків (об'єктів контролю) до ПКК.

ПУО по виведенню керуючих впливів повинні забезпечувати:

– енергетичне узгодження виходів підсистеми формування керуючих впливів (ядра централізації) з виконавчими об'єктами, (наприклад, вмикання ламп світлофора, двигуна електропривода стрілки і т. ін.);

– узгодження часових параметрів підсистеми формування керуючих впливів (ядра централізації) із виконавчими об'єктами.

ПУО по введенню інформації з об'єктів контролю повинні забезпечувати:

– енергетичне узгодження виходів з об'єктів контролю із входами ПКК (наприклад, стан вогневих реле ламп світлофорів, контрольних реле схеми керування електроприводом стрілки і т. ін.);

– узгодження часових параметрів об'єктів контролю з ПКК.

Незалежно від класу ПУО повинні забезпечувати:

- стійке функціонування при впливі будь-яких завад, характерних для об'єктів централізації;
- щоб будь-яке пошкодження схем узгодження, які виконують відповідальні функції, із встановленою імовірністю не привело до небезпечної відмови;
- автоматичний перехід у захисний стан;
- стабільні характеристики під час встановленого терміну експлуатації;
- однакові функції, що створюються з урахуванням вимог уніфікації і стандартизації;
- технологічність у процесі виготовлення.

Розроблення та виготовлення ПУО виключає можливість їх регулювання у процесі експлуатації.

Найбільш характерні види відмов пристроїв узгодження:

- коротке замикання в елементах ПУО;
- обрив з'єднання елементів або безпосередньо в елементі;
- самозбудження ПУО;
- трансформація одного типу напівпровідникового елемента в інший;
- вимикання живлення;
- зміна вигляду форми живильної напруги при пошкодженні джерел живлення;
- зміна параметрів елементів схем із часом.

Безпечні ПУО (рисунок 1) на базі функціональних перетворювачів з несиметричною відмовою знаходять найбільше застосування у мікропроцесорних системах автоматики на залізничному транспорті.

При появі відмов їх передавальна функція спотворюється і виникаючі при цьому сигнали на виході не приводять до спрацьовування об'єкта керування. Частіше за все використовуються реле I класу, що забезпечують гальванічну розв'язку електричних кіл, які є стійкими до завад і перевантажень. Останнім часом безконтактні ПУО все частіше використовуються, оскільки мають меншу вартість, значно менші габарити, є більш технологічними, відсутня необхідність проведення періодичних перевірок, регулювання та інших профілактичних робіт.

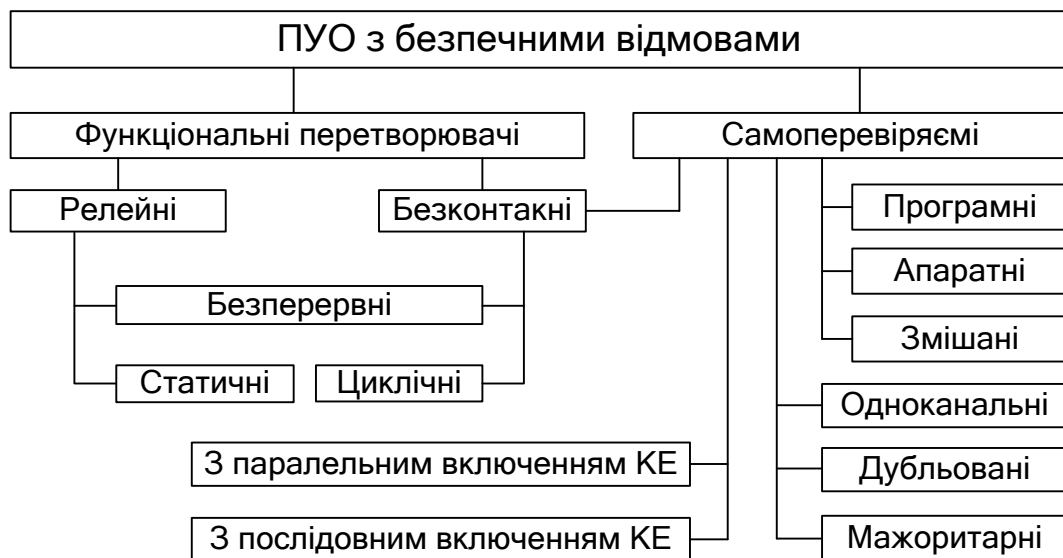


Рисунок 1 – ПУО з безпечною післядією

Самоперевірні пристрої узгодження з об'єктами, що побудовані повністю на безконтактних елементах, потребують для досягнення заданого рівня безпеки відповідних стратегій забезпечення безпеки. У свою чергу, це ускладнює схемні рішення, доказ надійності та безпеки. На даний момент ця проблема перебуває у стадії дослідження і розроблень, однак результати, що мають місце [1], оптимістичні, особливо якщо брати до уваги динаміку розвитку обчислювальних засобів і програмних продуктів до них. При створенні безконтактних ПУО прагнуть повністю відмовитися від застосування індуктивних елементів в елементах (дроселі, трансформатори, реле) і за рахунок цього підвищити технологічність ПУО, що знижує його вартість.

*Пристрої виведення.* Об'єктами керування в мікропроцесорних системах централізації є реле, лампи світлофорів, електродвигун стрілочного привода та інше. Необхідність вмикання реле має місце в релейно-процесорних централізаціях. Повністю безконтактні централізації забезпечують формування команд об'єктам керування без використання реле.

Для забезпечення безпеки при пошкодженні електронної схеми узгодження використовується динамічний режим роботи, що дозволяє при відмові перевести ПУО в захисний стан.

$$U_{вих} \begin{cases} 1, \text{ якщо } U_{вх} = T \text{ (імпульсний сигнал)} \\ 0, \text{ якщо } U_{вх} = C \text{ (постійний сигнал)} \end{cases} .$$

Безпека досягається за рахунок декількох перетворень вхідного сигналу, наприклад, диференціювання та інтегрування. На рисунку 2 зображена найпростіша схема такого перетворювача, у якого функції диференціювання  $di(t)/dt$  виконує трансформатор, а інтегрування  $\int i(t)dt$  – конденсатор.

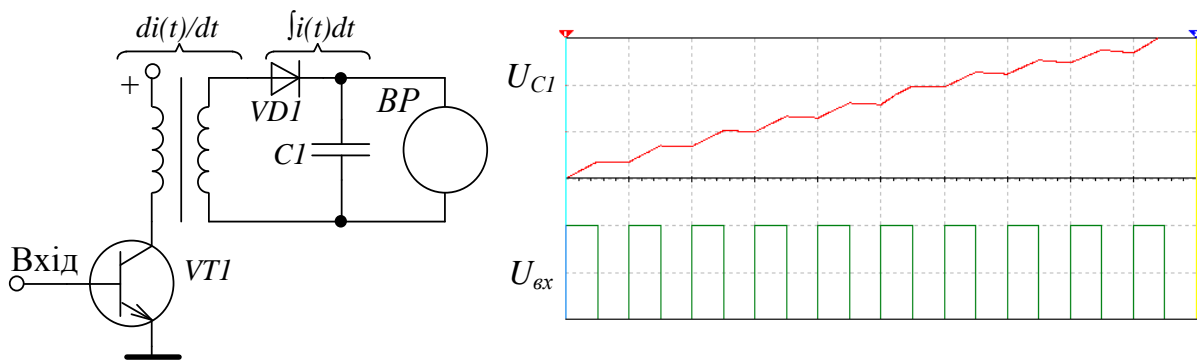


Рисунок 2 – ПУО з трансформаторною гальванічною розв'язкою

При імпульсній роботі заряджається конденсатор, і на його обкладаннях встановлюється напруга, необхідна для спрацьовування виконавчого реле ВР. Пошкодження будь-якого елемента схеми призводить до відсутності напруги на реле або ця напруга стає меншою за напругу відпускання. Але при конкретних параметрах елементів та їх відмовах може статися небезпечна відмова. Крім того, імпульсні трансформатори є нетехнологічними специфічними елементами.

Аналогічні функції виконує схема з конденсаторною гальванічною розв'язкою (рисунок 3), однак вона більш технологічна у виконанні. Схема виконує функції диференціювання, інтегрування і перетворення полярності вихідного сигналу.

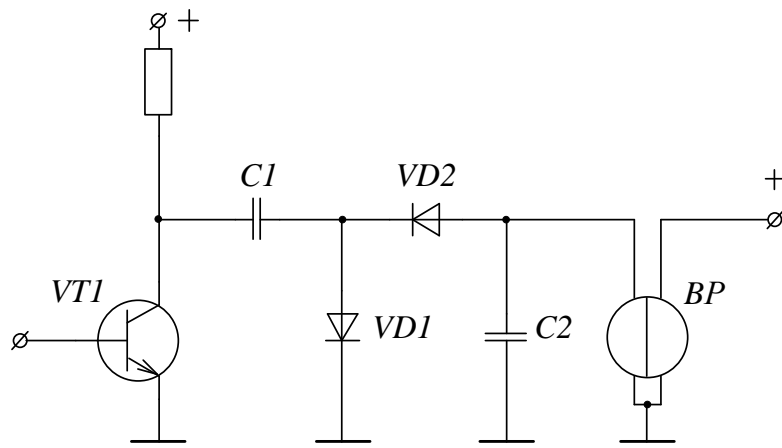


Рисунок 3 – РУО з конденсаторною розв'язкою

У схемі на рисунку 4 вхідні послідовності імпульсів надходять на прямий та інверсний входи двополісного ключа, виконаного на транзисторах  $VT1-VT3$ .

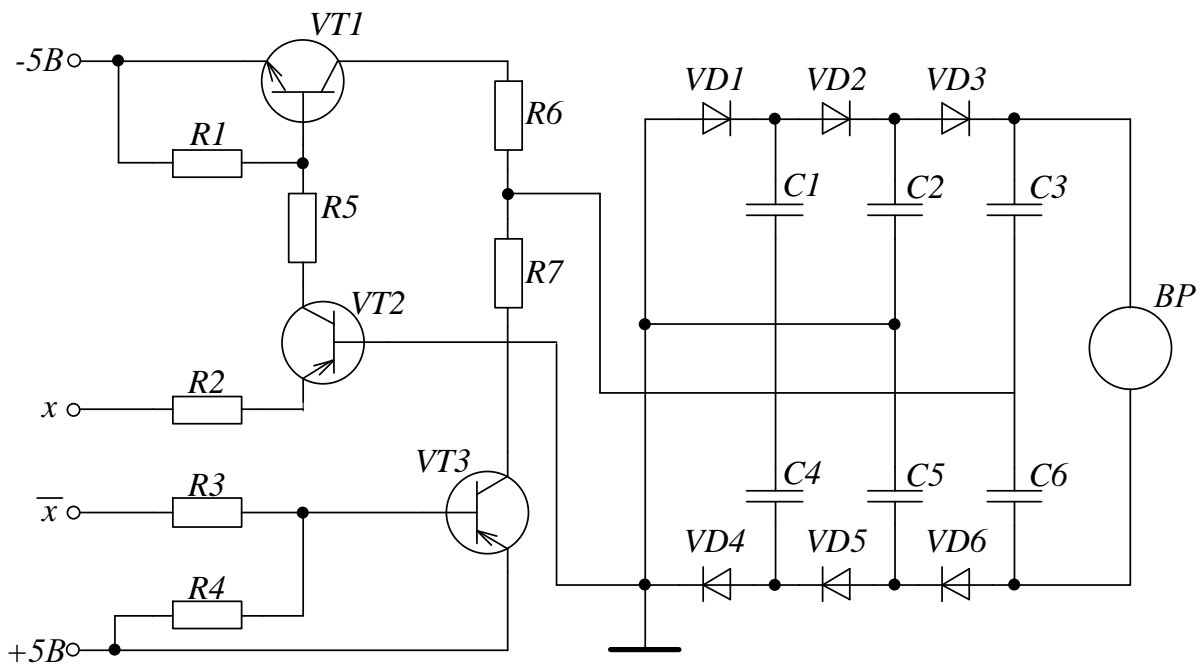


Рисунок 4 – РУО з помножувачем напруги

Якщо вхідні сигнали парафазні, на вході випрямляч-множника  $VD1-VD6$ ,  $C1-C6$  з'являється змінна напруга прямокутної форми, яка випрямляється і множиться. Необхідна для спрацювання реле  $IP$  напруга може бути отримана тільки при надходженні послідовності імпульсів на входах. Рівень вхідного сигналу вибирається меншим за напругу утримання  $IP$ .

*Введення інформації.* Так само, як і в пристроях виводу, введення сигналів визначається функціями конкретного датчика. Найбільш загальна і найпростіша схема зображена на рисунку 5.

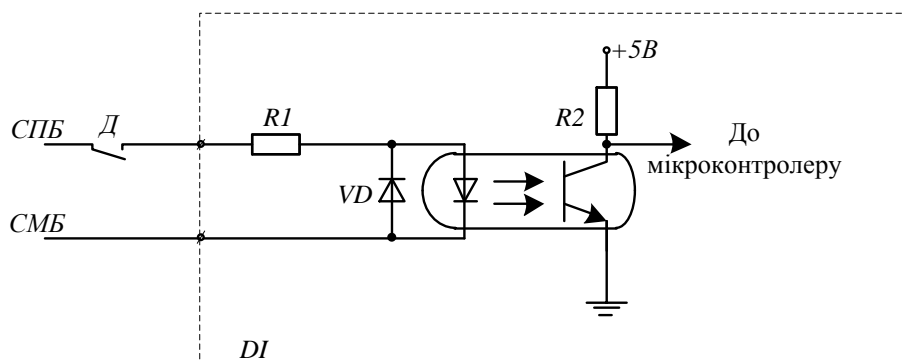


Рисунок 5 – Загальна схема введення інформації від датчиків

При замиканні контакту *Д* відбувається увімкнення світлодіода оптрона. Це призводить до відкриття транзистора оптрона та подачі до мікроконтролера сигналу логічного нуля. При розмиканні контакту *Д* до мікроконтролера подається сигнал логічної одиниці.

Аналог схеми, зображеної на рисунку 5, наведено на рисунку 6, а. Недоліки: єдиний датчик, який повинен бути надійним і безпечним, гальванічний зв'язок з іншими датчиками.

У схемі на рисунку 6, в кожний канал обслуговується своїм датчиком – це можуть бути контакти колійного реле або основного реле і його повторювача. У схемі на рисунку 6, г вхідний сигнал надходить від окремого джерела, у ролі якого використовується пристрій виведення. Такий підхід дозволяє розділити сигнали датчиків і виводити їх у певний час, у певному вигляді і т. ін. Це дозволить при пошкодженні у вхідному колі виявити і локалізувати помилку. Схема на рисунку 6, д отримана шляхом комбінації елементів схем рисунків 6, в і 6, г. Привертає увагу схема на рисунку 6, е, де сигнали надходять на входи каналів *А* і *В* тільки у встановлений час, коли система має в них потребу. У разі ушкодження датчика, наприклад, при замиканні контактів, він не буде безперервно присутнім на входах.



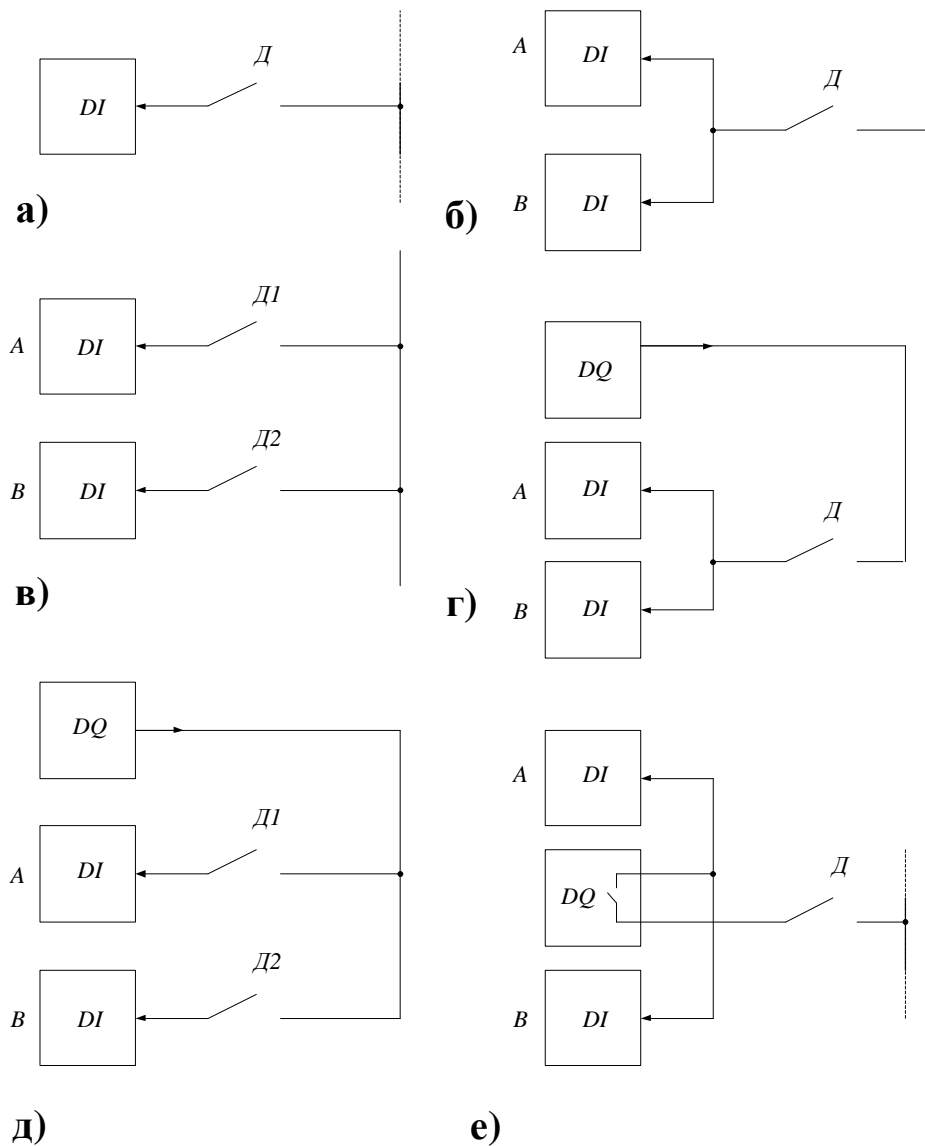


Рисунок 6 – Схеми введення інформації від датчиків

Різним чином з'єднавши виходи і входи, отримаємо різноманітні схеми, наприклад, об'єднавши схеми рисунків б, д і б, е, отримаємо два незалежних канали перевірки вхідних даних. Вибір того або іншого каналу визначається встановленими вимогами до системи. Розроблення полягає в отриманні необхідного результату з меншими витратами. Це важливо, якщо брати до уваги, що вартість технічних засобів з безпечною поведінкою при відмовах вища за звичайну.

## Опис лабораторної установки

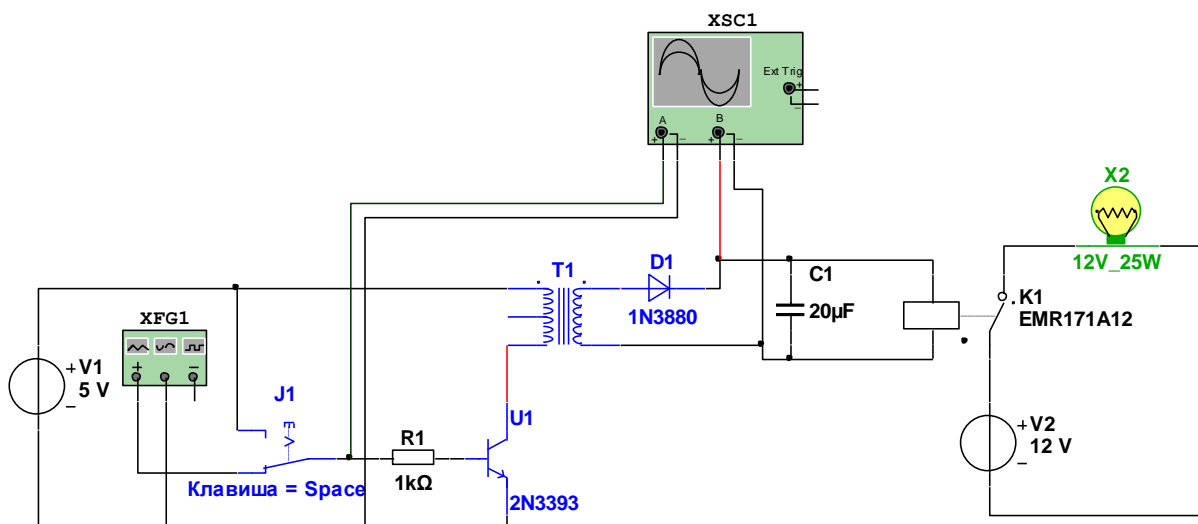
Лабораторна робота виконується на ПЕОМ з програмою, що моделює роботу схем узгодження з об'єктами керування та контролю.

### Програма виконання лабораторної роботи

- 1 Ознайомитися з теоретичним матеріалом [1, 2].
- 2 Підготувати звіт за змістом, наведеним далі.
- 3 Накреслити у звіті схеми ПУО з трансформаторною гальванічною розв'язкою (див. рисунок 2) та введення інформації від датчиків (див. рисунок 5).
- 4 Отримати допуск до виконання лабораторної роботи.
- 5 Виконати лабораторну роботу за наведеною далі методикою.
- 6 Закінчити оформлення звіту.

### Методика виконання роботи

1 Запустіть програму "Multisim". Відкрийте схему ПУО з трансформаторною гальванічною розв'язкою (Робочий стіл\ССА\output.ms10, рисунок 7).



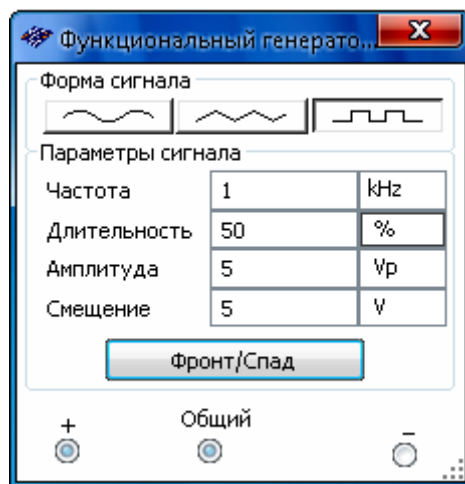
XFG1 – генератор, що імітує роботу мікроконтролера;

XSC1 – осцилограф

Рисунок 7 – Схема ПУО з трансформаторною гальванічною розв'язкою

2 Налаштуйте генератор, що імітує роботу мікроконтролера.

Натисніть двічі лівою кнопкою маніпулятора «миша» на генератор кодових слів – XFG1. У вікні, що з'явилося, встановіть вказані на рисунку 8 параметри.



Риснок 8 – Налаштування параметрів генератора

3 Відкрийте осцилограф XSC1 і запустіть моделювання, натиснувши кнопку F5. Після спрацювання реле зупиніть моделювання та зарисуйте епюру напруги на реле.

4 Проаналізуйте роботу схеми при пошкодженні елементів. Для цього необхідно двічі натиснути лівою кнопкою маніпулятора «миша» на відповідний елемент. У вікні, що з'явилося, перейти на вкладку «Дефект» та виставити необхідну несправність. Перемкнути вимикач J1 у верхнє положення.

Результати занести до таблиці 1.

Таблиця 1

Відмова	Стан реле (↑ – реле під струмом, ↓ – реле знеструмлене)
Обрив виводів резистора R1	
Замикання колектора та емітера транзистора U1	
Обрив бази транзистора U1	
Замикання виводів діода D1	
Обрив виводів конденсатора C1	

5 Дослідіть залежність параметрів сигналу на реле від ємності конденсатора  $C1$ . Для цього необхідно двічі натиснути лівою кнопкою маніпулятора «миша» на конденсатор  $C1$ . У вікні, що з'явилося, перейти на вкладку «Параметри» та виставити необхідну ємність. Запустити моделювання. Результати занести до таблиці 2 і зарисувати форму сигналу.

Таблиця 2

Ємність конденсатора $C1$ , мкФ	Максимальна напруга на реле, В	Час затримки до спрацювання реле, мсек
5		
10		
20		
40		

Час затримки до спрацювання реле визначається від початку моделювання до того моменту, коли напруга на реле набуде значення 10 В.

Побудувати графік залежності часу затримки та напруги на реле від ємності конденсатора.

6 Дослідіть залежність параметрів сигналу на реле від скважності. Необхідно двічі натиснути лівою кнопкою маніпулятора «миша» на генератор кодових слів – XFG1. У вікні, що з'явилося, встановіть необхідне значення параметра «Тривалість». Встановити ємність конденсатора  $C1$  30 мкФ. Запустити моделювання. Результати занести до таблиці 3 і зарисувати форму сигналу.

Таблиця 3

Скважність, %	Максимальна напруга на реле, В	Час затримки до спрацювання реле, мс
10		
25		
50		
75		
90		

Побудувати графік залежності часу затримки та напруги на реле від скважності.

7 Використовуючи схеми на рисунку 6, обґрунтуйте два варіанти схем введення інформації від датчиків: один – для забезпечення надійності, другий – із безпечними властивостями.

### **Зміст звіту**

- 1 Назва і мета роботи.
- 2 Досліджувана схема ПУО з трансформаторною гальванічною розв'язкою (рисунок 2).
- 3 Результати вимірювань і досліджень (таблиці 1-3).
- 4 Графіки залежностей досліджуваних параметрів.
- 5 Два варіанти схем введення інформації від датчиків.
- 6 Короткі висновки результатів дослідження.

### **Контрольні питання**

- 1 У чому відмінність між квазібезпечними схемами і схемами з самоконтролем?
- 2 Яким основним вимогам повинні відповідати пристрої узгодження у мікропроцесорній централізації?
- 3 Чому схеми з функціональним перетворенням більш широко застосовуються у відповідальних колах автоматики і телемеханіки?
- 4 Який режим роботи електронних схем сполучення найбільшою мірою відповідає вимогам безпеки? Чому?
- 5 Як забезпечується безпека в мажоритарних ПУО?
- 6 Назвіть і охарактеризуйте способи перетворення електричних сигналів у схемах сполучення.
- 7 З якою метою вхідний сигнал схеми сполучення перетворюється декілька разів, наприклад, спочатку диференціюється, а потім інтегрується?

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 2**

### **Дослідження впливу завад на функціонування схем узгодження з об'єктами керування**

**Мета роботи** – дослідження впливу завад на функціонування схем узгодження з об'єктами керування.

### **Опис лабораторної установки**

Лабораторна робота виконується на ПЕОМ з програмою, що моделює роботу схем узгодження з об'єктами керування.

### **Програма виконання лабораторної роботи**

- 1 Ознайомитися з теоретичним матеріалом [1, 2].
- 2 Підготувати звіт за змістом, наведеним далі.
- 3 Накреслити у звіті схеми пристроїв узгодження з об'єктами (ПУО) з трансформаторною, гальванічною, конденсаторною розв'язками та з помножувачем напруги (див. рисунки 2-4).
- 4 Отримати допуск до виконання лабораторної роботи.
- 5 Виконати лабораторну роботу за наведеною нижче методикою.
- 6 Закінчити оформлення звіту.

### **Методика виконання роботи**

- 1 Запустіть програму "Multisim". Відкрийте схему ПУО з трансформаторною і гальванічною розв'язками (Робочий стіл\ССА\output.ms10, рисунок 9).
- 2 Налаштуйте генератор, що імітує роботу мікроконтролера. Натисніть двічі лівою кнопкою маніпулятора «миша» на генератор кодів слів – XFG1. У вікні, що з'явилося, встановіть вказані на рисунку 10 параметри.

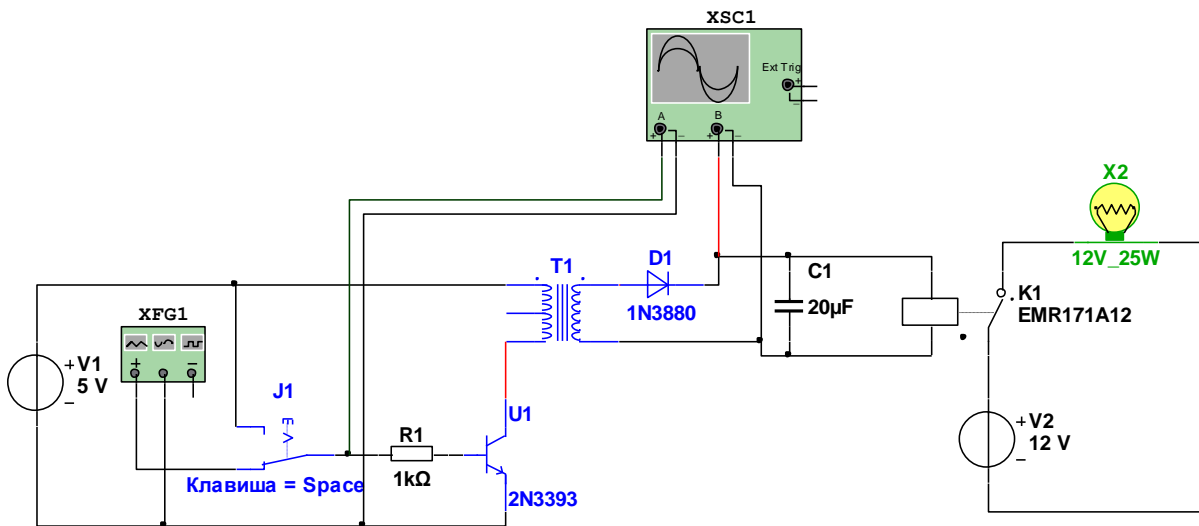


Рисунок 9 – Схема ПУО з трансформаторною і гальванічною розв'язками

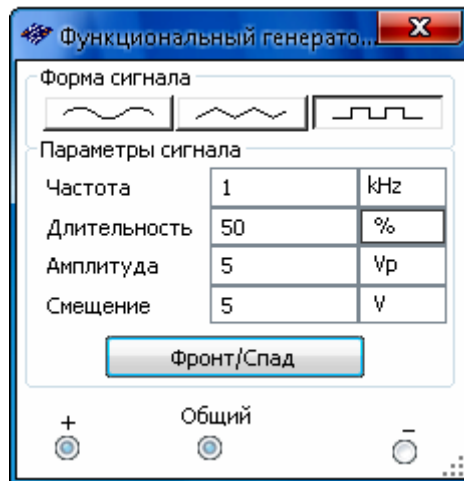


Рисунок 10 – Налаштування параметрів генератора

3 Відкрийте осцилограф XSC1 та запусить моделювання, натиснувши кнопку F5. Після спрацювання реле зупиніть моделювання і зарисуйте графік напруги на реле.

4 Виконайте дослідження роботи схеми при зміні частоти від 50 Гц до 500 Гц. Для цього необхідно встановити скважність (тривалість імпульсу) 50 % та, змінюючи частоту від 50 Гц із кроком у 50 Гц, зафіксувати максимальний рівень напруги, час спрацювання і рівень пульсації на реле.

Час спрацювання реле визначається від початку моделювання до того моменту, коли напруга на реле досягне значення 10 В.

Результати занести до таблиці 4.

Таблиця 4

Частота, Гц	$U_P$ , В	$\Delta U_P$ , В	$t_{СПР}$ , с
50			
100			
...			

5 Виконайте дослідження роботи схеми при зміні скважності сигналу від 10 до 90 %. Для цього необхідно встановити частоту сигналу 1 кГц та, змінюючи скважність від 10 % із кроком у 10 %, зафіксувати максимальний рівень напруги, час спрацювання і рівень пульсації на реле.

Результати занести до таблиці 5.

Таблиця 5

Скважність (тривалість імпульсу), %	$U_P$ , В	$\Delta U_P$ , В	$t_{СПР}$ , с
10			
20			
...			

6 Повторити п.3-5 для схем (рисунки 11 та 12).

Побудуйте графіки залежності максимального рівня напруги, часу спрацювання та рівень пульсації на реле від зміни частоти й скважності (тривалості імпульсу).

### Зміст звіту

1 Назва і мета роботи.

2 Принципові схеми ПУО з трансформаторною, гальванічною, конденсаторною розв'язками та помножувачем напруги (див. рисунки 2-4).



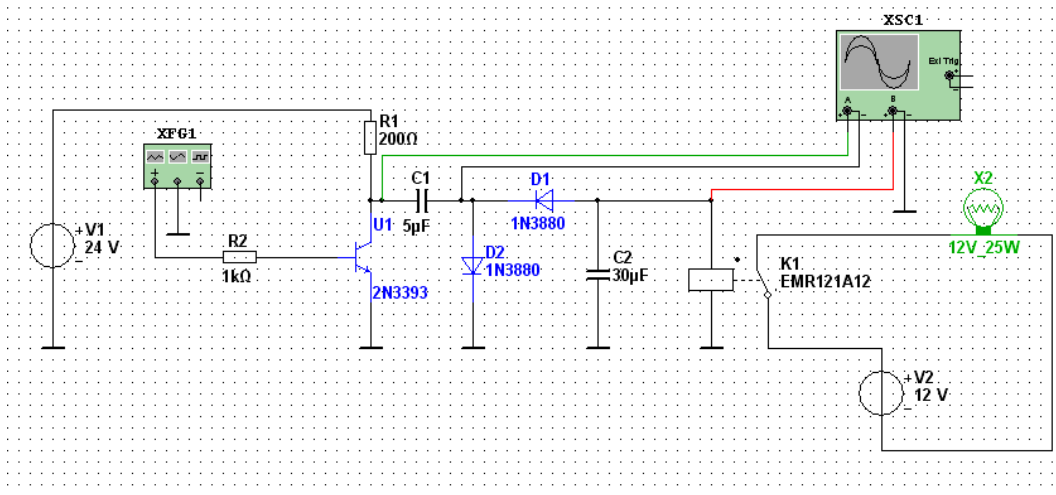


Рисунок 11 – Схема ПУО з конденсаторною розв'язкою

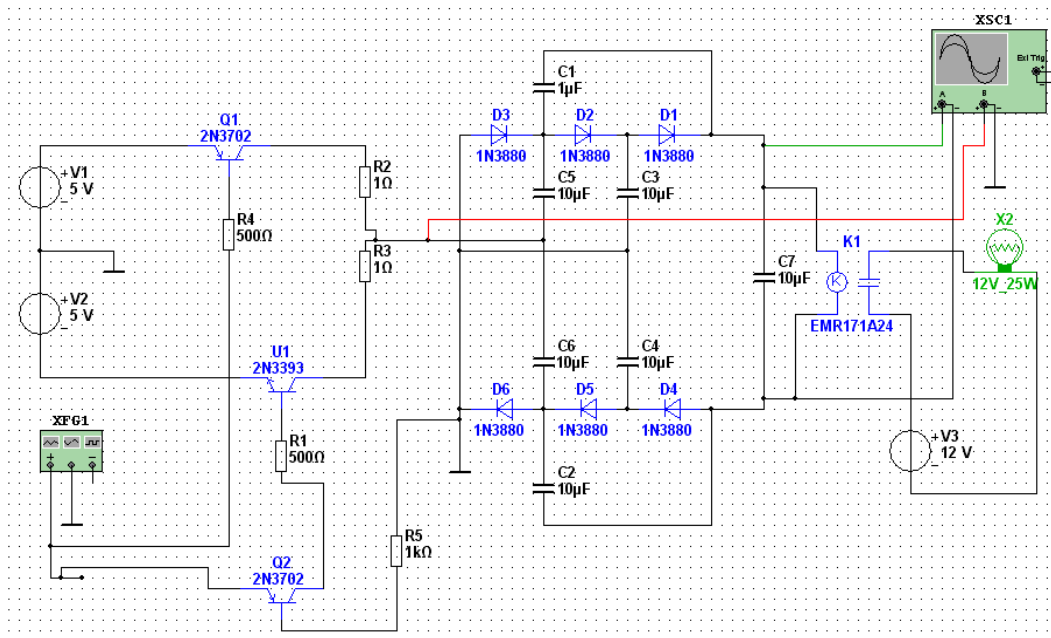


Рисунок 12 – Схема ПУО з помножувачем напруги

3 Результати вимірювань та досліджень (таблиці 4 і 5 для кожної зі схем, що досліджується).

4 Графіки залежностей за програмою виконання лабораторної роботи.

5 Короткі висновки результатів дослідження.

## Контрольні питання

- 1 До чого призведе коротке замикання діода Д1 (рисунок 9)?
- 2 Який вигляд матиме сигнал на реле при обриві конденсатора С1 (рисунок 9)?
- 3 Як впливає скважність сигналу на спрацювання реле (рисунок 9)?
- 4 Які інформаційні зміни відбудуться у схемі (рисунок 11) при збільшенні ємності конденсатора С1 у 5 разів?
- 5 Які інформаційні зміни відбудуться у схемі (рисунок 11) при зменшенні ємності конденсатора С2 у декілька разів?
- 6 Чому у схемі (рисунок 12) використовуються парафазні вхідні сигнали?
- 7 Які інформаційні зміни відбудуться у схемі (рисунок 12) при збільшенні ємності конденсатора С7 у декілька разів?
- 8 До чого призведе коротке замикання конденсатора С4 (рисунок 12)?

## Список літератури

- 1 Станционные системы автоматики и телемеханики [Текст] / под ред. Вл. В. Сапожникова. – М. : Транспорт, 1997. – 432 с.
- 2 Методы построения безопасных микроэлектронных систем железнодорожной автоматики [Текст] / под ред. Вл. В. Сапожникова. – М. : Транспорт, 1995. – 272 с.