вибровозбудитель низкочастотных механических колебаний для систем управления многорежимными установками: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.13.05 / Азербайджанский индустриальный университет им. М. Азизбекова. – Баку, 1992. – 16 с. 9. Гордон А. В., Сливинская А. С. Электромагниты постоянного тока. – М.–Л.: Госэнергоиздат, 1960. – 447 с.

УДК 621.142;621.376.571

І.Д. ЗЕЛІНСЬКИЙ

Національний університет “Львівська політехніка”

СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМИ ВІБРОЗБУДНИКАМИ З РЕГУЛЮВАННЯМ АМПЛІТУДИ ТА ЧАСТОТИ КОЛИВАНЬ НА ОСНОВІ ШІМ

ã Зелінський І.Д., 2010

Розглянуто особливості реалізації системи керування електромагнітними віброзбудниками на основі широтно-імпульсної модуляції.

In the article the features of realization of control the system by electromagnetic vibroexciters are considered on the basis of latitudinal impulsive modulation.

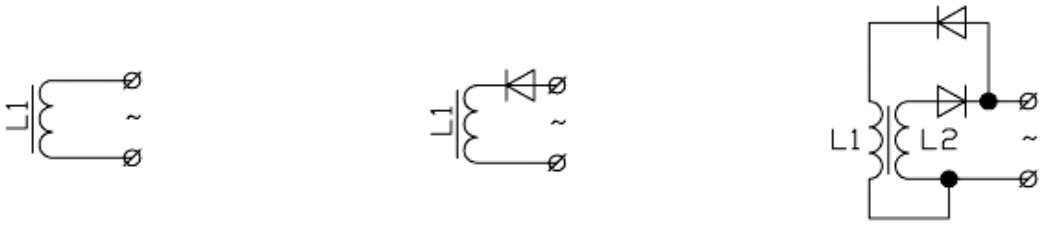
Вступ. При виготовленні, налагоджені та експлуатації вібраційних пристроїв з електромагнітними віброзбудниками актуальним завданням є регулювання як амплітуди, так і частоти коливань. Це завдання можна вирішити, створивши систему керування, що формує сигнали керування відрозбудниками з заданими параметрами. Використання широтно-імпульсної модуляції (ШІМ) дає змогу формувати сигнали з необхідними параметрами та забезпечувати плавний старт та зупинку вібраційних пристроїв. Тому розроблення системи керування електромагнітними відрозбудниками на основі ШІМ є актуальною задачею.

Метою даної статті є аналіз особливостей керування електромагнітним віброзбудником та реалізація системи керування, що забезпечує плавне регулювання як амплітуди так і частоти коливань.

Аналіз схем вмикання електромагнітних віброзбудників. Відповідно до класифікації [1], електромагнітні віброзбудники, що живляться безпосередньо від мережі, поділяються на однотактні та двотактні . На рис. 1 наведено схеми вмикання та робочу частоту таких відрозбудників. Частоту вказано, враховуючи частоту мережі 50 Гц. На рис. 1 L1 та L2 – котушки електромагнітних віброзбудників.

Однотактний віброзбудник (рис. 1, а), ввімкнений безпосередньо в мережу, забезпечує робочу частоту, вдвічі більшу за частоту мережі. однотакний віброзбудник (рис. 1, б), ввімкнений через діод в мережу, дає змогу отримати частоту коливань, що відповідає частоті мережі. Використання однополярної напруги на котушці призводить до ефекту підмагнічування. Схема рис 1.в поєднує два однотакні електромагнітні віброзбудники аналогічні схемі рис. 1, б, що працюють в протифазі. Розглянуті вище схеми забезпечують фіксовану частоту та амплітуду коливань, як залежать від параметрів мережі живлення. Використовуючи тиристорне регулювання [2], можна плавно змінювати амплітуду коливань та дискретно – частоту .

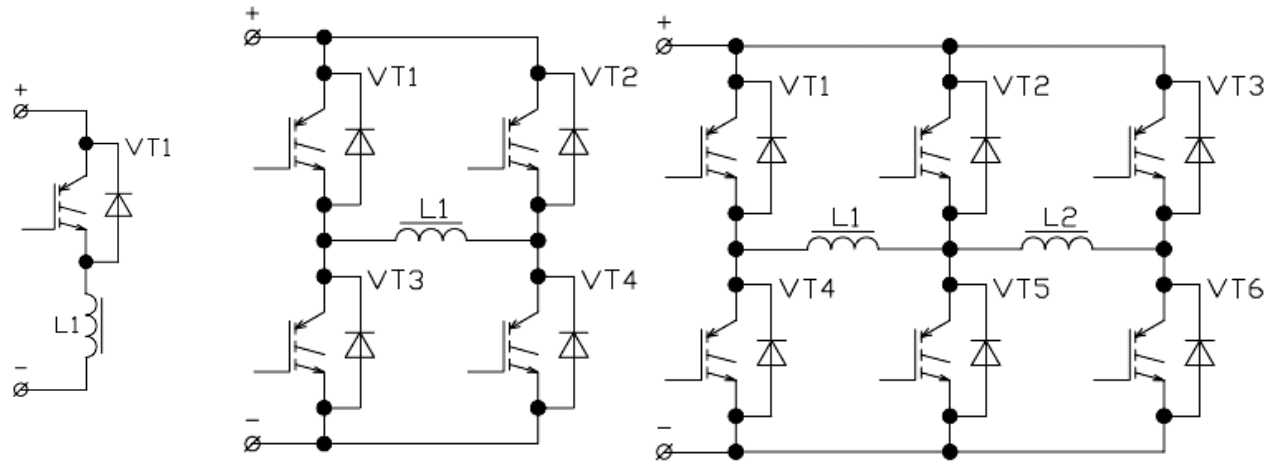
Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua



а *б* *в*

Рис. 1. Типові схеми вмикання електромагнітних віброзбудників: а – однотактрий віброзбудник 100 Гц; б – однотактний віброзбудник 50 Гц; в – двотактний віброзбудник 50 Гц

Для забезпечення плавного регулювання частоти та амплітуди вхідного сигналу необхідно створити систему керування, вихідний сигнал якої формується на основі широтно-імпульсної модуляції (ШІМ) [3]. Вихідним каскадом такої системи є транзисторний комутатор. На рис. 2 наведено структурні схеми комутаторів для керування однотактними та двотактними електромагнітними віброзбудниками.



а *б* *в*

Рис. 2. Структурні схеми транзисторних комутаторів електромагнітних віброзбудників: а – простий комутатор однотактного віброзбудника; б – комутатор однотактного віброзбудника; в – комутатор двотактного віброзбудника

Схема рис. 2, а реалізує комутатор на одному транзисторі і є найпростішою. Недоліком цієї схеми є однополярне живлення котушки електромагніта, що призводить до ефекту підмагнічування подібно до схеми рис. 1, б. Схема рис. 2, б позбавлена вказаного недоліку, оскільки живиться двополярним сигналом, однак реалізована на 4-х транзисторах та потребує додатково схеми керування комутатором. В цій схемі для формування:

"додатного" імпульсу – транзистори VT1, VT4 ввімкнені, а VT2, VT3 вимкнені;

"від'ємного" імпульсу – транзистори VT2, VT3 ввімкнені, а VT1, VT4 вимкнені.

Розглянуті вище схеми використовуються для керування однополярним електромагнітним віброзбудником. Для керування двополярним електромагнітним віброзбудником використаємо схему, зображену на рис 2, в. У цьому комутаторі почергово збуджується котушка першого та другого електромагнітів. В першому такті (збуджується котушка L1) працюють транзистори VT1,

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

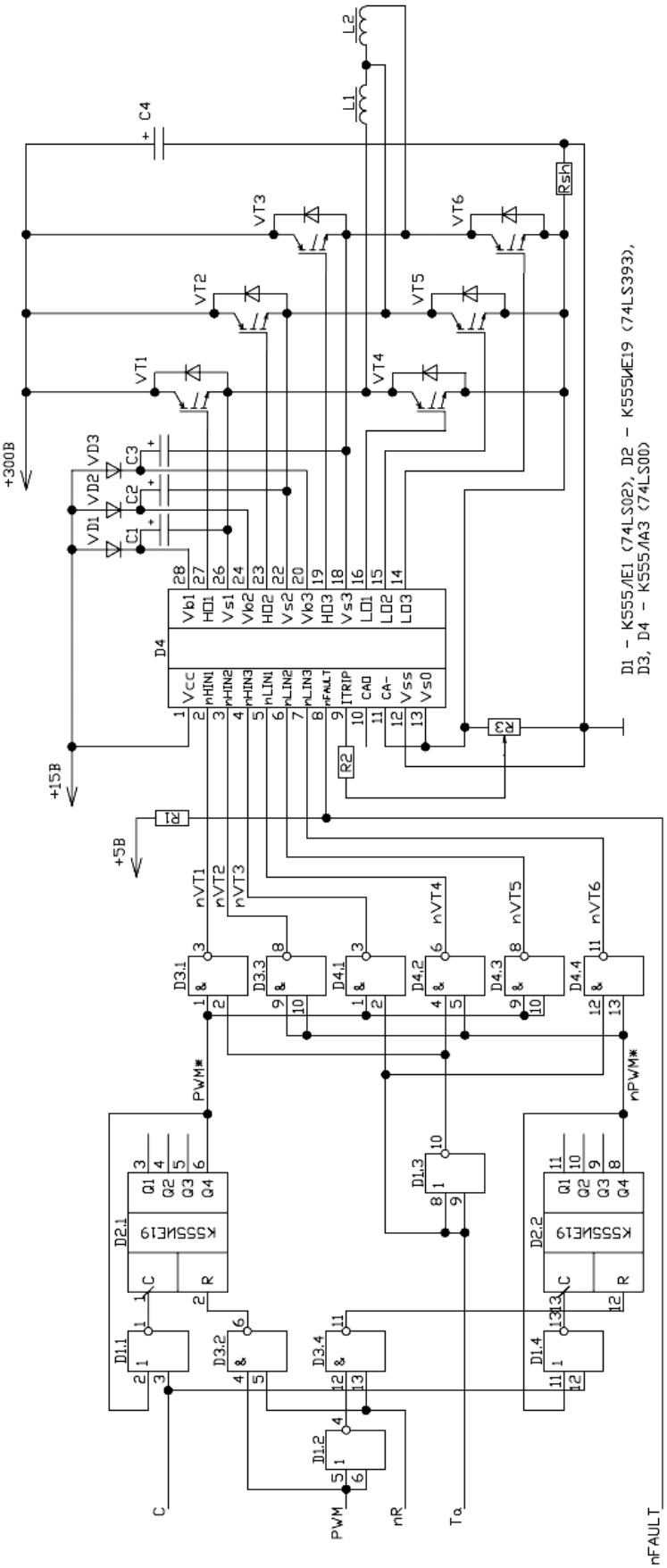


Рис. 3. Схема електрична принципова комутатора та схеми керування

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

VT2, VT4, VT5, а в другому (збуджується котушка L2) – VT2, VT3, VT5, VT6. Такий комутатор містити два комутатори однотактного магніту рис. 2, б, в яких одна транзисторна пара є спільною. Формування імпульсів керування котушками відбувається так:

такт 1 керування котушкою L1

"додатний" імпульс – транзистори VT1, VT5 ввімкнені, VT2, VT3, VT4, VT6 вимкнені;

"від'ємний" імпульс – транзистори VT2, VT4 ввімкнені, VT1, VT3, VT5, VT6 вимкнені;

такт 2 керування котушкою L2

"додатний" імпульс – транзистори VT2, VT6 ввімкнені, VT1, VT3, VT4, VT5 вимкнені;

"від'ємний" імпульс – транзистори VT3, VT5 ввімкнені, VT1, VT2, VT4, VT6 вимкнені.

Схема рис. 2, в дає змогу керувати як однотактними так і двотактними магнітами. Під час керування однотактним магнітом одна пара транзисторів просто не використовується. Як базову схему для розроблення системи керування оберемо схему рис. 2, в.

Схема керування двотактним комутатором. Схему керування та комутатор зображено на рис. 3. Як ключі використовуються IGBT або MOSFET транзистори VT1-VT6. Керування транзисторами здійснює драйвер IR2130 (мікросхема D5), ввімкнений за типовою схемою [4]. Використання такого драйвера забезпечує необхідні динамічні параметри сигналів керування ключами та дає змогу контролювати струм споживання котушки. При перевищенні встановленого значення струму формується сигнал nFAULT. Задане значення встановлюється за допомогою резистора R3. Функцію давача струму виконує резистор Rsh. Схема формування керуючих сигналів побудована на мікросхемах D1-D4. Часову діаграму роботи схеми керування комутатором зображено на рис. 4.

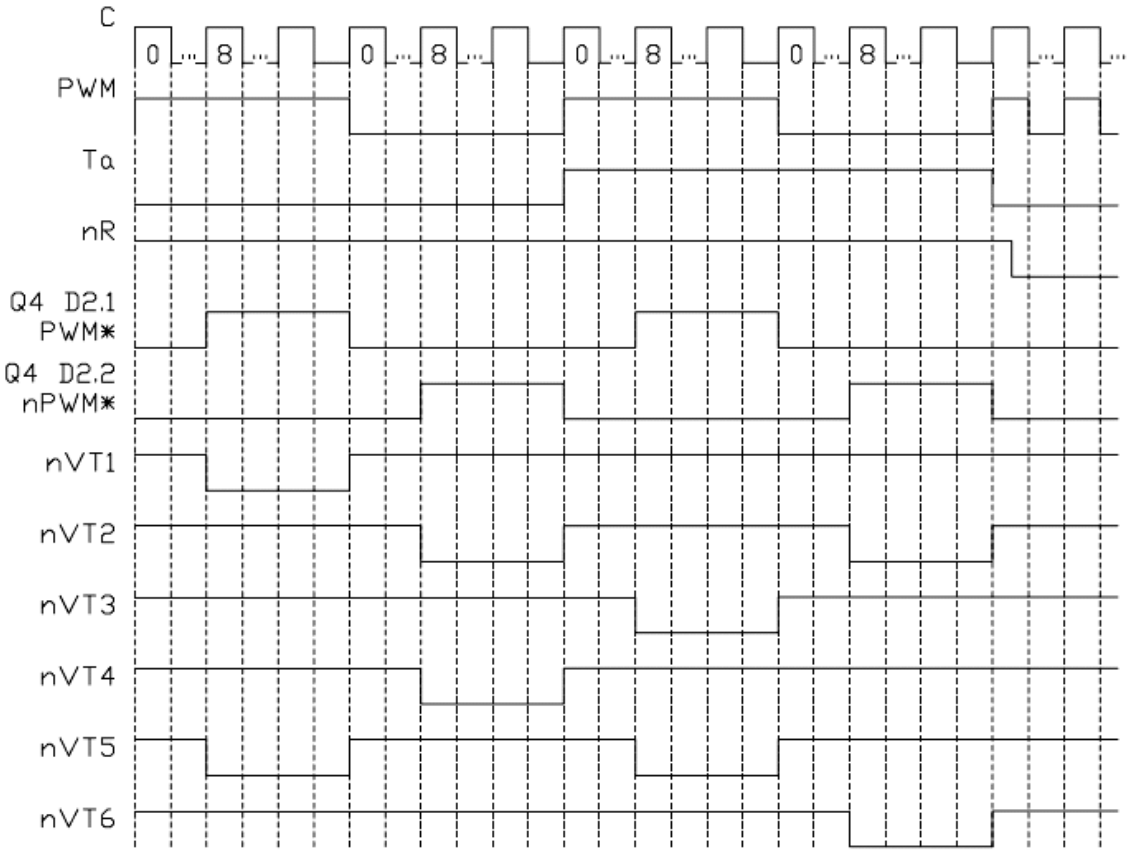


Рис. 4. Часові діаграми роботи схеми керування комутатором

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

Для захисту транзисторів комутатора від наскрізних струмів, які можуть виникати в моменти перемикання, необхідно встановити затримки на вмикання транзисторів. Елемент рис. 3 АБО-НЕ D1.1 та лічильник D2.1 формують затримку на вмикання транзисторів VT1, VT3, VT5. Час затримки – 8 періодів тактового сигналу С. Час затримки можна змінювати шляхом зміни частоти сигналу С. Схема формування затримок працює так. На вхід R лічильника подається зріз сигналу PWM. Лічильник починає рахувати імпульси тактового сигналу С, які проходять через елемент АБО–НЕ доти, поки на виході Q4 не з'явиться сигнал "1". Далі вихід елемента АБО-НЕ встановиться в стан 0, і тактові сигнали не подаються на лічильник. Вихід Q4 лічильника знаходитися в стані "1" доти, поки на вході R сигналу "0". Сигнал "1" на вході R встановлює лічильник в нуль та забороняє рахунок. Відповідно затримку на вмикання транзисторів VT2, VT4, VT6 реалізує схема, зібрана на елементі АБО–НЕ D1.4 та лічильнику D2.2. Ця схема працює аналогічно. Сигнал nR блокує подання сигналів ШІМ коду PWM на схеми формування затримок та призводить до вимкнення всіх транзисторів комутатора. Блокування реалізоване на логічних елементах D1.2, D3.2, D3.4. Якщо сигнал $\mathrm{nR}=0$, то на входах R лічильників D2.1 та D2.2 формується сигнал "1", всі виходи лічильників знаходяться в стані "0", вілік не ведеться. Коли $\mathrm{nR}=1$ на входи R лічильників подається сигнал PWM, і лічильники працюють в режимі формування затримок.

Сигнал Та вказує на режим роботи комутатора. Якщо рівень сигналу Та відповідає "логічному 0", то комутатор працює як однотактний з котушкою L1 (рис. 3). Якщо Та="логічна 1" – отримуємо однотактний комутатор для котушки L2. Двотактний комутатор отримаємо, коли сигнал Та змінюється протягом періоду модульованого сигналу. Поки сигнал $\mathrm{Ta}=0$ – перший такт, працює котушка L1, коли $\mathrm{Ta}=1$ – другий такт, сигнали подаються на котушку L2.

Для керування вмиканням транзисторів VT1-VT6 необхідно формувати відповідно сигнали nVT1-nVT6. Активне значення сигналу – логічний 0. Логічні функції формування таких сигналів мають вигляд:

$$\mathrm{nVT1}=\overline{\mathrm{PMW}*\wedge\overline{\mathrm{Ta}}},\ \mathrm{nVT2}=\overline{\mathrm{nPMW}*};$$

$$\mathrm{nVT3}=\overline{\mathrm{PMW}*\wedge\mathrm{Ta}},\ \mathrm{nVT4}=\overline{\mathrm{nPMW}*\wedge\overline{\mathrm{Ta}}};$$

$$\mathrm{nVT5}=\overline{\mathrm{PMW}*},\ \mathrm{nVT6}=\overline{\mathrm{nPMW}*\wedge\mathrm{Ta}}.$$

Вони реалізуються за допомогою логічних елементів D3.1, D3.3, D4.1, D4.2, D4.3, D4.4.

Запропонована схема повною мірою забезпечує формування всіх керуючих сигналів, необхідних для роботи комутатора. Така схема дає змогу керувати однотактним або двотактним електромагнітним віброзбудником на контролері, що має вихід ШІМ. Наявність сигналу nR дає змогу максимально швидко вимикають вихідні транзистори комутатора, наприклад, при перевищенні струму споживання.

Система керування електромагнітним віброзбудником. Для керування вібраційними пристроями пропонується система керування, що забезпечує керування як одним, так і двома віброзбудниками різних типів. При керуванні двома віброзбудниками задаємо частоту коливань, зсув фаз та для кожного віброзбудника амплітуду коливань і тип. Під час роботи системи керування можна змінювати всі параметри, окрім типу віброзбудника. Така система керування містить блоки:

- інтерфейс користувача;
- блок формування ШІМ коду;
- дві схеми керування комутаторами;
- два комутатори;
- блок живлення.

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

Інтерфейс користувача покликаний забезпечувати діалог оператора з системою керування. Він дає змогу задавати та відображати всі параметри вихідних сигналів системи керування та запускати і зупиняти систему.

Блок формування ШІМ сигналу забезпечує формування ШІМ – коду за алгоритмом, описаним у [3]. Додатково цей блок формує сигнал Та (рис. 4), який задає додатній та від'ємний такти модульованого сигналу.

Схему керування комутатором та комутатор, призначені для формування вихідного сигналу, що подається на котушку, було розглянуто раніше.

Блок живлення формує постійні напруги: 300 В для живлення силових ключів комутатора, 15 В – живлення драйверів силових ключів та 5 В для живлення інших елементів схеми.

На рис. 5 наведено схему електричну принципову інтерфейсу користувача та блоку формування ШІМ – коду. Вона побудована на основі процесора PIC16F873a – мікросхема D1. Інтерфейс користувача містить цифровий дисплей D2 та кнопки S1-S6 разом з відповідними підпрограмами. Дисплей за інтерфейсом SPI керується процесором D1. Сигнали кнопок S1-S6 подаються на порт А процесора. Генератор зібраний на елементах D3.1, D3.2, D3.3 формує тактову частоту 20 мГц процесора D1. Тактовий сигнал С, призначений для формування затримок, задається лічильником D4. Програмований лічильник D4 дає змогу формувати затримки від 1,6 до 25,6 мкс з кроком 1.6. Попереднє встановлення лічильника здійснюють через розряди RB0-RB3 порта В мікропроцесора D1.

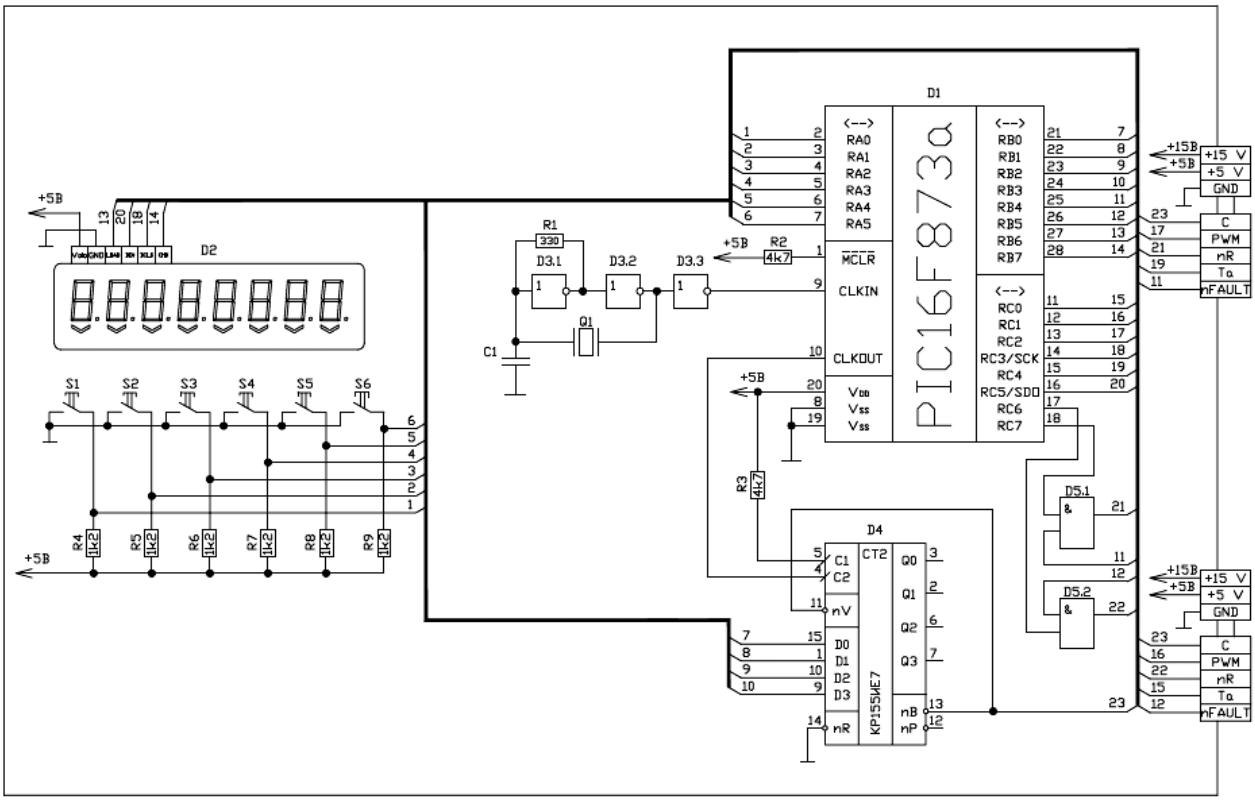


Рис. 5. Схема електрична принципова інтерфейсу користувача та блоку формування ШІМ – коду

Процесор PIC16f873a містить енергонезалежну пам'ять для запису встановлених параметрів вихідних сигналів та два 10-розрядні модулі ШІМ. На виходах RC2 та RC1 цих модулів формуються відповідні сигнали PWM для схем керування комутатором. Разом з ШІМ кодом мікропроцесор D1 формує всі необхідні сигнали для кожної схеми керування комутатором. При перевищенні вихідного струму драйвер комутатора D4 (рис. 3) формує сигнал $\mathrm{nFAULT} = 0$ на

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

виході відповідного елементу І (рис. 5) D5.1 або D5.2. Тоді на виході відповідно формується сигнал $nR = 0$. Це призводить до закривання вихідних транзисторів відповідного комутатора. На інші входи елементів І D5.1 та D5.2 подаються сигнали з виходів відповідно RB6 та RB7 процесора. Цими сигналами процесор має можливість також закривати вихідні транзистори.

Висновок. Запропонована система керування забезпечує керування вібраційними пристроями, що містять один або два віброзбудники та потребують регулювання як амплітуди, так і частоти коливань. Також при керування двома віброзбудниками забезпечене регулювання зсуву фаз керуючих сигналів.

1. Автоматическая загрузка технологических машин: Справочник/ И. С. Бляхеров, Г. М. Варьяш, А. А. Иванов и др.; Под общ. ред. И. А. Клусова. – М.: Машиностроение, 1990. – 400 с.
2. Мельничук І.М., Таянов С.А., Шенбор В.С., Беспалов Л.А. Мультичастотна система керування однотактним електромагнітним віброзбудником резонансними вібраційними пристроями // Наукові вісті Інституту менеджменту та економіки «Галицька академія». – 2006. – №2(10)..
3. Зелінський І.Д. Система керування електромагнітним віброзбудником // Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні, Український міжвідомчий науково-технічний збірник, Львів: Держ. ун-ту "Львівська політехніка". – 2003. – Вип. 37. – С.3–6.
4. http://www.irf.com/product-info/datasheets/data/ir2130.pdf

УДК 681.325

С.І. МЕЛЬНИЧУК

ПВНЗ "Галицька академія"

МЕТОДИ ТА АЛГОРИТМИ ДЕКОДУВАННЯ ДВІЙКОВИХ ЦИКЛІЧНИХ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ ГАЛУА В АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ КОНТРОЛЮ СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГОНОСІВ

© Мельничук С.І., 2010

Проведено систематизацію та аналіз методів декодування станів первинних дискретних інформаційних джерел, представлених у базисі Галуа.

A systematization and analysis methods will serve as decoding discrete information sources presented in basis Galois.

Вступ. Традиційно реалізація автоматизованих та автоматичних систем контролю витрати та споживання енергоносіїв ґрунтується на використанні первинних джерел інформації – переважно це лічильники, розташовані безпосередньо на замірних ділянках чи пунктах контролю.

Доцільно зазначити, що сучасна промисловість при реалізації перетворювачів інтегрального типу обмежується унітарним базисом. Фактично більшість лічильних механізмів реалізовано як імпульсні джерела інформації, в яких кількість одиничних відліків відповідає об'єму чи кількості контрольованого параметра [1,2]. Недоліками такого підходу є незадовільна точність перетворення, що ускладнює апаратно-програмні засоби їх оброблення. Крім того, виникає необхідність реалізації спеціалізованих каналів обміну даним, як б забезпечували надійний захист від імпульсних завад, особливо у випадку промислової реалізації чи значної віддаленості пунктів контролю автоматизованої системи.

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua