

*О.А. КРУГЛЯК*, зам.нач відділу ЗАТ "СКБ Електроцит", Харків  
*О.О. КОРНЄЄВ*, студент, НТУ "ХПІ", Харків  
*Ю.С. ГРИЩУК*, канд. техн. наук, проф., НТУ "ХПІ", Харків

## **РОЗРОБКА І ДОСЛІДЖЕННЯ ЩИТА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ДЛЯ ПІДСТАНЦІЙ ДО 35 КВ**

Розроблений стенд і алгоритм його роботи, які дозволяють автоматизувати процес випробувань і досліджень систем оперативного постійного струму (СОПС).

Разработанный стенд и алгоритм его работы, который позволяет автоматизировать процесс испытаний и исследований систем оперативного постоянного тока (СОПТ).

**Вступ.** На сьогоднішній час в промисловості виникає питання розробки систем оперативного постійного струму (СОПС) для підстанцій від 10 кВ до 750 кВ. В залежності від типу споживача, мережа живлення повинна бути забезпечена надійністю електропостачання. Споживачі за надійністю електропостачання розподіляються на три категорії.

Споживачі першої категорії – споживачі, перерва електропостачання яких може спричинити небезпеку для життя людей, загрозу для безпеки держави, значний матеріальний збиток, розлад складного технологічного процесу, порушення функціонування особливо важливих елементів комунального господарства, об'єктів зв'язку і телебачення.

Із складу споживачів першої категорії виділяється особлива група споживачів, безперерйна робота яких потрібна для безаварійної зупинки виробництва з метою запобігання загрози життя людей, вибухів і пожеж.

Споживачі другої категорії – споживачі, перерва електропостачання яких призводить до масового недовироблення продукції, масовим простоям робітників, механізмів і промислового транспорту, порушенню нормальної діяльності значної кількості міських і сільських жителів.

Споживачі третьої категорії – усі інші споживачі, що не підпадають під визначення першої і другої категорій.

Споживачі першої категорії в нормальних режимах повинні забезпечуватися електроенергією від двох взаємно незалежних резервних джерел живлення, і перерва їх електропостачання при порушенні

електропостачання від одного з джерел живлення може бути допущена лише на час автоматичного відновлення живлення. Для забезпечення електропостачання особливої групи споживачів першої категорії повинне передбачатися додаткове живлення від третього взаємно незалежного резервного джерела живлення.

В якості третього незалежного джерела живлення для особливої групи використовується акумуляторна батарея.

Покращення надійності зазначеної вище СОПС потребує дослідження параметрів роботи електричних апаратів, що входять до його складу. Автоматизація досліджень СОПС може бути виконана за допомогою стенду, розробленого на базі сучасного мікроконтролера (МК). Результати таких досліджень дозволять підібрати оптимальні апарати керування електродвигуном, виконати контроль їх параметрів та провести серію дослідів, максимально наближених до реальних умов використання СОПС [1-8].

**Метою даної роботи** є розробка автоматичної системи керування технологічним процесом досліджень (АСК ТПД) системи оперативного струму, на базі мікроконтролера з метою покращення та підвищення точності досліджень апаратів, що входять до складу шафи живлення типу ШПКЕ [2].

Схема електрична принципова наведена на рис. 1[2].

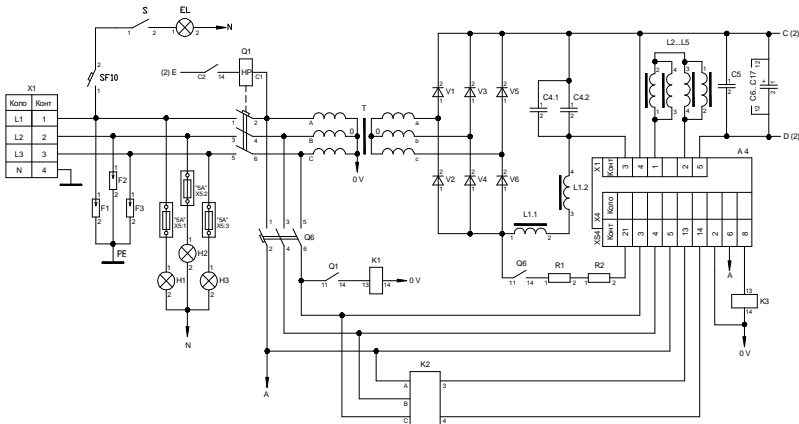


Рис. 1. Схема електрична принципова системи керування ШПКЕ.

**Аналіз системи оперативного струму.** Основні технічні характеристики системи живлення постійного струму відповідають зазначеним у табл. 1.

Таблиця 1 – Основні технічні характеристики системи живлення

Найменування параметрів	Норма
1 Мережа живлення	
1.1 Номінальна напруга, В	380
1.2 Частота, Гц	50
1.3 Число фаз	3
1.4 Кількість уводів	2
2 Режим роботи	тривалий
3 Вихід перетворювача постійного струму	
3.1 Номінальна напруга, В	220
3.2 Номінальний струм, А	40
3.3 Діапазон регулювання напруги, В	0 - 240
3.4 Нестабільність напруги, %, не більше	1
3.5 Змінна складова напруги, %, не більше	1
3.6 Номінальна потужність, квт	8,8
4 Кількість перетворювачів	2
5 Коефіцієнт потужності, не менш	0,94
6 Коефіцієнт корисної дії, не менш	0,9
7 Кількість секцій шин постійного струму	2
8 Кількість вихідних приєднань у кожній секції шин	8
9 Уставка спрацьовування, сигналізації зниження опору ізоляції мережі постійного струму, кОм	20

Шафа живлення ШПКЭ 9841-3772 надалі іменована – "виріб" виконана у вигляді шафи однобічного обслуговування [2].

Виріб забезпечує нормальну роботу при відхиленнях напруги живильної мережі від номінального значення в межах від мінус 20 до плюс 15 % і відхиленнях частоти живильної мережі від номінального значення в межах 1 Гц. Виріб забезпечує стабілізацію вихідної напруги постійного струму за допомогою перетворювача, на вхід якого надходить змінна напруга з мережі живлення. Він забезпечує живлення вихідних кіл постійного струму при сумарному навантаженні не більше 40 А в тривалому режимі роботи від мережі живлення змінного струму та акумуляторній батарея (АБ) при відсутності напруги на вводі.

Режими роботи АБ:

- режим постійного підзаряду;
- режим заряду;
- режим розряду на кола постійного струму

Виріб забезпечує:

а) регулювання вихідної напруги в діапазоні від  $1,8U_N$  до  $2,35U_N$  у режимі заряду АБ, де  $N$  - число елементів в АБ;

б) відключення від мережі живлення при симетричному зниженні фазних напруг мережі живлення менш 0,7 номінального значення, і при зниженні напруги однієї з фаз менш 0,6 від значення напруги двох інших фаз;

в) автоматичне повторне включення з появою напруги живильної мережі після його зникнення при роботі виробу в режимі постійного підзаряду.

г) відключення перетворювача від мережі живлення при підвищенні напруги на виході перетворювача за межі  $(260 \pm 2)$  В.

Обмеження вихідного струму на рівні номінального значення ( $I_n$ ) у діапазоні зміни напруги на виході виробу від номінального значення до 0,3 від цього значення й на рівні  $(1,1 I_n)$  при зменшенні напруги на виході виробу до нуля.

Цей виріб забезпечує й можливість ручного включення й відключення вихідних кіл, захист від струмів короткого замикання автоматичними вимикачами, сигналізацію за допомогою сигнальних реле:

- напруга на АБ знижена нижче  $(180 \pm 2)$  В;
- несправність перетворювачів;
- вимикач АБ відключен;
- опір ізоляції знижено.

Види електричних параметрів, що вимір яких забезпечує виріб :

- напруга вихідних кіл постійного струму;
- струм навантаження перетворювача;
- сумарний струм кіл виходу;
- опір ізоляції кіл постійного струму (понад 20 кОм).

Функції сигналізації виробувласними світлосигнальними приладами:

- наявність напруги на уводі змінного струму;
- включене (відключене) положення комутаційних апаратів, що входять у їхній склад відповідно до мнемосхеми;
- несправного стану системи постійного струму;
- несправного стану складових частин виробів.

Виріб забезпечує видачу в зовнішні кола сухими контактами інформації про основні несправності складових частин виробів:

- несправного стану системи постійного струму;
- несправного стану складових частин виробу;
- опір ізоляції знижений;
- аварійне відключення автоматичних вимикачів ліній, що відходять (рис. 2).

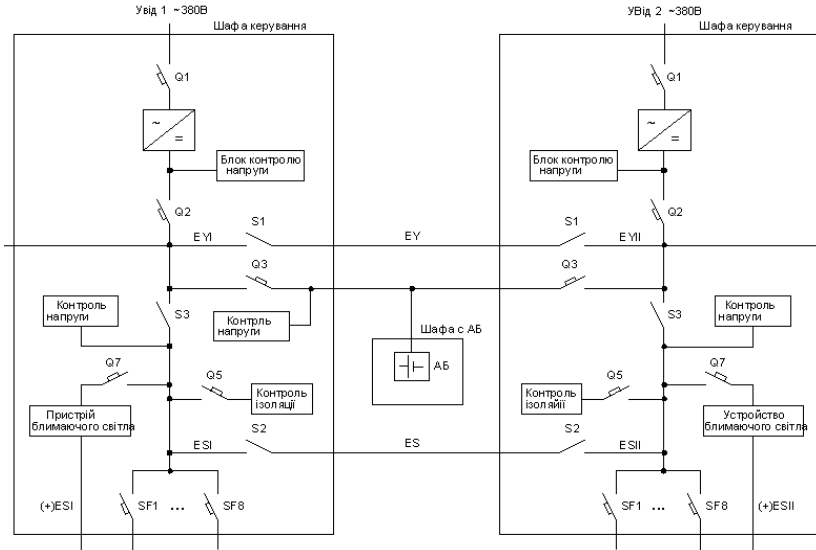


Рис. 2. Однолінійна схема щита постійного струму.

Припустимо навантаження в колах зовнішньої сигналізації становить до 0,15 А постійного або до 2 А змінного струму напругою 220 В.

Ступінь захисту виробу IP20; ступінь захисту нижньої площини – IP00 за ГОСТ 14254.

Випробна напруга між струмоведучими елементами й корпусом виробу в нормальних кліматичних умовах становить для кіл вводу – 2500 В, виходу й сигналізації – 2000 В.

Виріб містить такі функціональні групи:

- перетворювач, що забезпечує перетворення напруги мережі живлення в напругу постійного струму;
- вузол контролю опору ізоляції в мережі постійного струму, що забезпечує контроль й аварійну сигналізацію, неприпустимого зниження рівня опору ізоляції в мережі нижче 20 кОм, а також вимір поточних значень опору ізоляції полюсів мережі вище 20 кОм;
- вузол сигналізації, що забезпечує контроль і сигналізацію несправного
  - стану складових частин виробу;
  - пристрій утворення шинки миготливого світла (+)ES;
  - пристрій контролю допустимих рівнів напруги в колах перетво-

рювача, АБ і навантаження.

Органи керування, сигналізації й вимірювальні прилади виробу мають таблички з написами. На дверях виробу розташовані:

- контрольно-вимірювальні прилади;
- пристрій контролю ізоляції;
- індикатори світлової сигналізації;
- вказівні реле;
- перемикачі.

Апаратура усередині виробу розміщена на металокаркасі, у блоках і на друкованих платах. Електричні з'єднання у виробі виконані мідними проводами з поліхлорвініловою ізоляцією. Увід кабелів виконаний знизу через проріз у нижній площині виробу.

Схемні рішення виробу забезпечують:

- живлення кіл постійного струму від уводу мережі живлення змінного струму;
- живлення кіл постійного струму від АБ при аварійному відключенні увода змінного струму;
- режими підзарядки й заряду АБ;
- можливість живлення 8 приєднань на кожній секції шин постійного струму в тривалому режимі роботи при сумарному навантаженні не більше 40 А;
- можливість живлення навантаження в імпульсному режимі роботи від АБ;
- захист кіл постійного струму від коротких замикань, селективну з вимикачами в колі АБ й у колі перетворювача;
- контроль напруги на шинах постійного струму;
- контроль і вимір величини опору ізоляції кіл постійного струму;
- вимір напруги вихідних кіл постійного струму, струму навантаження перетворювача, сумарного струму кіл виходу;
- світлову сигналізацію відповідно до мнемосхеми виробу;
- сигналізацію за допомогою вказівних реле порушення роботи складових частин виробу;
- відключення й неможливість включення виробу при порушенні роботи перетворювача.

До складу виробу входять:

- автоматичні вимикачі  $Q1$  "УВІД" й  $Q2$  "ПЕРЕТВОРЮВАЧ" у колах уводу й виходу відповідно;
- кола індикації, що включають до себе:
  - а) індикатори  $H1-H3$ , що забезпечують сигналізацію наявності фазних напруг у колах уводу  $L1, L2, L3$ ;

б) індикатори  $1H1-14H1$ ,  $1H2-14H2$ , що забезпечують сигналізацію стану комутаційних апаратів;

в) індикатор  $H4$  забезпечує сигналізацію несправності в системі постійного струму й включеного стану будь-якого вказівного реле;

– імпульсний стабілізатор, що включає до себе понижуючий трансформатор  $T$ , випрямляч ( $V1..V6$ ),  $LC$ -фільтри ( $L1, C4; L2-L5, C5-C17$ ), блок  $A4$ ;

– вузол контролю напруги живлення, що включає в себе реле напруги  $K2$ ;

– вузол утворення шинки (+) $ES$  миготливого світла, що включає в себе плату друковану  $A2$ , резистори  $R3, R4$ ;

– вузол контролю припустимих рівнів напруги у колах перетворювача,  $AB$  і навантаження, що включає в себе реле  $KV1, KV2$  і блок  $A1$ .

$AB$  підключається до виробу через автоматичний вимикач  $Q3$ .

Вузол сигналізації підключається до шин постійного струму через автоматичний вимикач  $Q4$  "ЖИВЛЕННЯ МНЕМОСХЕМИ".

Вузол містить вказівні реле  $K7-K13$ , реле проміжне  $K15$ , діоди  $VD$ , включені паралельно до котушок всіх вказівних реле, коло індикації несправного стану системи постійного струму, що включає в себе індикатор  $H4$  "ВКАЗІВНИК НЕ ПІДНЯТО".

Реле  $K7$  "ВИМИКАЧ "УВІД" АВАРІЙНО ВІДКЛЮЧЕНО" спрацьовує при аварійному відключенні вимикача  $Q1$ "УВІД".

Реле  $K8$  "ВИМИКАЧ АБ АВАРІЙНО ВІДКЛЮЧЕНО" спрацьовує при аварійному відключенні вимикача  $Q3$  "АБ".

Реле  $K9$  "НАПРУГА АБ ЗНИЖЕНА" спрацьовує при зменшенні напруги на  $AB$  нижче припустимого рівня.

Реле  $K10$  "НАПРУГА НА ШИНАХ НЕ НОРМА" спрацьовує якщо напруга на шинах  $ES1$  більше або менше встановленого інтервалу від 180 до 240 В.

Реле  $K11$  "ПЕРЕТВОРЮВАЧ НЕСПРАВНИЙ" спрацьовує при виході з ладу блоку  $A4$ .

Реле  $K12$  "ОПР ІЗОЛЯЦІЇ ЗНИЖЕНО" спрацьовує при зниженні рівня ізоляції мережі постійного струму нижче нормованого значення.

Реле  $K13$  "НЕСПРАВНІСТЬ У СИСТЕМІ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ" спрацьовує, якщо порушується робота перетворювача, знижується рівень ізоляції мережі постійного струму, напруга на шинах вийшла за межі нормованих значень.

Навантаження підключають до шин постійного струму за допомогою автоматичних вимикачів  $SF1 - SF8$ . Автоматичний вимикач  $Q7$

підключає до кіл виходу Х4:25 вузол утворення шинки миготливого світла (+)ES.

Робота виробу здійснюється таким чином.

При включенні автоматичного вимикача Q1 "УВІД" змінна напруга поступає на первинні обмотки трансформатору Т і на вхід реле контролю напруги К2. При увімкненому вимикачу Q6 "КОЛА УПРАВЛІННЯ", якщо рівень напруги відповідає нормі, реле спрацьовує, і замикає свої контакти; в блок А4 (Б03-98) подається сигнал, який дозволяє його увімкнути.

Регулювання рівня вихідної напруги забезпечується змінними резисторами "ГРУБО", "ТОЧНО", що встановлені на панелі блока А4, який входить до складу імпульсного перетворювача.

Імпульсний перетворювач являє замкнуту систему автоматичного регулювання і забезпечує роботу в режимі стабілізації напруги на виході при навантаженнях від нуля до номінального значення струму і в режимі стабілізації струму, якщо навантаження збільшується вище номінального значення.

До складу імпульсного стабілізатора входить блок силових модулів з відповідною функціональною схема блоку Б03-98.

Напруга живлення надходить на первинні обмотки трьох однофазних трансформаторів й у платі живлення перетворюється в напругу постійного струму + 15 В и мінус 10 В (для живлення кіл власних потреб плат керування), + 50 В (для живлення кіл власних потреб плати зворотних зв'язків).

Плата зворотних зв'язків містить наступні функціональні вузли:

- формувач опорної напруги по струму;
- формувач опорної напруги по напрузі;
- датчики струму й напруги;
- диференціальні підсилювачі каналів струму й напруги;
- формувач сигналу завдання.

Формувач опорної напруги по струму формує опорний сигнал, пропорційний значенню необхідного рівня струму обмеження. Сигнал, пропорційний току на виході виробу, надходить на вхід датчика струму, де перетворюється і зрівнюється з опорною напругою за допомогою диференціального підсилювача. Формувач опорної напруги по напрузі формує сигнал, пропорційна необхідному значенню напруги на виході виробу. Напруга з виходу виробу надходить у датчик напруги, перетворюється і зрівнюється з опорною напругою за допомогою диференціального підсилювача. Сигнали неузгодженості по струму й напрузі надходять у формувач сигналу завдання. У цьому функціональному вузлі



відбувається вибір режиму роботи виробу: стабілізація напруги або режим обмеження струму. Залежно від того, який із сигналів неузгодженості менше - по струму або по напрузі – той і вибирається в якості пріоритетного при виборі режиму роботи.

Плата керування містить наступні функціональні вузли:

- генератор пилкоподібної напруги;
- вхідний підсилювач;
- датчик струму;
- формувач опорної напруги уставки по короткому замиканню;
- схема порівняння;
- формувач сигналу керування;
- оптронна розв'язка сигналу керування силовим модулем;
- силовий модуль.

У плату керування надходить сигнал, пропорційний значенню струму на виході виробу, перетворюється в датчику струму і зрівнюється з опорним сигналом уставки захисту від струмів короткого замикання. При перевищенні струму на виході виробу значення струму уставки по короткому замиканню, формується швидкодіючий сигнал на відключення силового модуля.

Схема порівняння встановлює пріоритет для формування сигналу керування силовим модулем, при цьому зрівнюються сигнали: опорний, вступник від генератора пилкоподібної напруги, вхідний, вступник з формувача сигналу завдання й сигнал захисту від струмів короткого замикання. При відсутності сигналу про наявність короткого замикання схема порівняння дозволяє формувати імпульси керування силовим модулем. Залежно від глибини регулювання рівня вихідної напруги змінюється скважність імпульсів керування. Імпульси керування через оптронну розв'язку надходять на вхід кола керування силового модуля. Випрямлена постійна напруга  $U_{роб}$  надходить на вхід силового модуля й при наявності сигналу кола керування транзистор силового модуля відкривається.

При нормальній роботі перетворювача включений індикатор "НОРМА" блоку А4 й, якщо перетворювач працює в режимі стабілізації напруги, то включений індикатор "РЕЖИМ СТАБІЛІЗАЦІЇ, НАПРУГА", а при роботі перетворювача в режимі обмеження струму – індикатор "РЕЖИМ СТАБІЛІЗАЦІЇ, СТРУМ".

**УВАГА. ІНДИКАТОРИ "НОРМА" НЕ ВКЛЮЧАЮТЬСЯ, ЯКЩО СТРУМ НАВАНТАЖЕННЯ МЕНШЕ 0,1 А.**

На виході імпульсного стабілізатора включений фільтр  $C5 - C17$ . При несправності блоку спрацьовує реле  $K3$ , при цьому його контакти

включають вказівні реле *K11*, *K13*, що сигналізують про порушення роботи перетворювача і наявність несправності в системі постійного струму.

При зниженні напруги живильної мережі нижче значень, зазначених в 1.4.7а) відключається реле *K2*, його контакти *K2:3*, *K2:4* розмикаються, у результаті чого відключається імпульсний стабілізатор. При відновленні напруги живильної мережі відбувається автоматичне повторне включення імпульсного стабілізатора. Перетворювач підключається до шин постійного струму через діод *V7*. До шин постійного струму підключений ємнісний фільтр *C18 – C21*, а також АБ через контакти автоматичного вимикача *Q3* "АБ".

При роботі виробу в режимі розряду АБ на навантаження й при зниженні рівня напруги на АБ нижче значення, зазначеного в 1.4.10б) спрацьовує пристрій контролю напруги реле *KV1*. Головні контакти реле *KV1* замикаються й спрацьовує реле *K9* "НАПРУГА АБ ЗНИЖЕНА".

При відновленні напруги на шинах постійного струму відбувається автоматичне повторне включення контактів реле *KV1*.

Формування шинки миготливого світла на шинку (+) *ES* здійснюється за допомогою пристроїв миготливого світла. Пристрій миготливого світла *A2* підключається до шин *ES* через резистори *R3*, *R4*.

При роботі пристрою миготливого світла на шинку (+) *ES* надходять імпульси напруги.

Формування імпульсів миготливого світла забезпечується контролером *DD1* плати *A2*. Напряга із шин *ES* надходить на стабілізатор *DA3* через стабілітрон *VD1* і ємнісний фільтр *C1*, *C2*. На виході стабілізатора сигнал також фільтрується через фільтр *C3*, *C4* і надходить на вхід контролера *DD1*, що формує імпульси зі скважністю 2. Сигнал фотovoltaїчної оптопари *DA1* відкриває польовий транзистор *VT1* на виході якого формується сигнал (+)*ES* миготливого світла. Варистор *R1* на виході *VT1* виконує захисну функцію. Напряга із шинки (+)*ES* знімається. Блок контролю опору ізоляції забезпечує вимір опору ізоляції полюсів шин постійного струму щодо корпусу виробу. У режимі виміру блок *B29-03* підключається до шин постійного струму. Вхідний сигнал, пропорційний напрузі між полюсом шин постійного струму й затискачем для заземлення надходить на вхід дільника й після пропорційного перетворення на вхід АЦП. АЦП перетворює цей сигнал аналогового виду в цифровий код і передає його в контролер. Контролер робить обчислення опору ізоляції й видає інформацію про величину опору ізоляції на цифровому табло. Блок *B29-03* має два діапазони виміру опору ізоляції: перший до 100 кОм, другий до 1 МОм.

Перемикання діапазонів забезпечується контролером автоматично.

Блок живлення перетворює напругу 220 В в напругу +5 й +12 В для живлення кіл власних потреб АЦП і контролера.

Контроль напруги на виході перетворювача здійснюється за допомогою блоку А1. При підвищенні напруги вище 260 В спрацьовує реле блоку А1 і видає сигнал на включення незалежного розчіплювача автоматичного вимикача Q1. Контроль напруги на шинах ES здійснюється за допомогою реле KV2. При зниженні напруги нижче 180 В, або підвищенні напруги вище 260 В реле спрацьовує і видає сигнал "Несправність в системі постійного струму".

В шафі передбачена можливість підключення кіл для випробування комутаційних апаратів при напрузі  $0.8U_n$ , X:5, X:6.

**Структурна схема.** Для автоматизації досліджень розроблена структурна схема на базі мікроконтролера з паралельним АЦП. Структурна схема наведена на рис 3.

При дослідженні багатьох різних за природою фізичних процесів (горіння дуги, нагрів, електродинамічні зусилля, електромагнітне поле й ін.), що відбуваються при комутації в електричних апаратах захисту, виникає необхідність у визначенні їх характеристик і параметрів. Ці процеси при відключенні аварійних струмів вельми короткочасні і мають тривалість від 1 до 10 мс. Для дослідження таких процесів можуть бути використані установки, наведені в [1]. Керування і проведення досліджень в таких установках здійснюється за допомогою пульта електронного керування і електромеханічного або електронного осцилографа, що надалі при графічній обробці осцилограм призводить до погрешностей, додаткових матеріальних, часових і трудових витрат і стають мало-ефективними. Запропонована в [1] структурна схема АСК ТПВ на базі МК51 з послідовним АЦП у ряді випадків також не забезпечує ефективного рішення цих задач зважаючи на низьку швидкодію МК, велике число датчиків і частоти їх опитування. Це завдання можна вирішити, використовуючи схему АСУ ТПВ з паралельними АЦП, включивши до неї швидкодіючий МК серії MCS251 [1].

Для захисту електроустановок в аварійних режимах найширше використовуються такі електричні апарати захисту, як автоматичні вимикачі і швидкодіючі запобіжники. Тому розробку структурної схеми АСК ТПВ доцільно виконати для одного з цих апаратів захисту. АСК ТПВ для інших апаратів може відрізнитися тільки кількістю і найменуваннями контрольованих параметрів і відповідними датчиками, які будуть підключені до досліджуваного апарата.

Розглянемо на прикладі технічного завдання на створення мікро-

контролерної системи керування стендом для випробувань швидкодіючих запобіжників з наступними початковими даними:

- кількість контрольованих параметрів (датчиків) – 6,
- струм (захист);
- напруга (захист);
- температура в центрі плавкого елемента (захист);
- температура на виводах;
- інтеграл Джоуля і інтеграл горіння дуги;
- тривалість одного досліду – 4 мкс;
- кількість розрядів перетвореної інформації – 8;
- зовнішній інтерфейс обміну – RS232C;
- кількість опитувань датчиків (не менше) – 1000.

Вирішити це завдання і скоротити терміни проведення комутаційних досліджень, підвищити точність вимірювань, знизити їх вартість дозволяє АСК ТПВ з паралельними АЦП, яка розроблена на базі високопродуктивного МК сімейства MCS251 8XC251SB і подана на рис. 3. Схема АСК ТПВ включає наступне:

- датчики контрольованих параметрів (струму, напруги, температури в центрі і на виводах, Джоулевого інтеграла, інтеграла горіння дуги) Д1–Д6;
- нормуючі підсилювачі У1–У6;
- 8-канальний комутатор аналогових сигналів;
- АЦП типу К1108ПВ1 (А, Б);
- МК, що містить вбудований генератор тактових сигналів, пам'ять команд, ОЗП, вбудовані 4 порти і послідовний канал зв'язку;
- компаратори К1–К6 типу КР554СА3, виходи яких по "АБО" об'єднані з вихідними сигналами керуючого мікроконтролера;
- пристрої зв'язку з об'єктом У, які включають виконавчі пристрої силової установки, які задають режим випробувань або досліджень.

Через послідовний інтерфейс RS232C АСК ТПВ пов'язана з ЕОМ, яка може змінювати режими випробувань або досліджень, а також приймати, запам'ятовувати, відображати і документувати результати випробувань або досліджень. Для виходу на послідовний інтерфейс необхідно вирішити такі проблеми: узгодження рівнів сигналів RS232 і МК-51 (TTL); підтримання стандартної швидкості прийому передачі; підтримання стандартних форматів посилки; підтримання стандартних протоколів обміну.

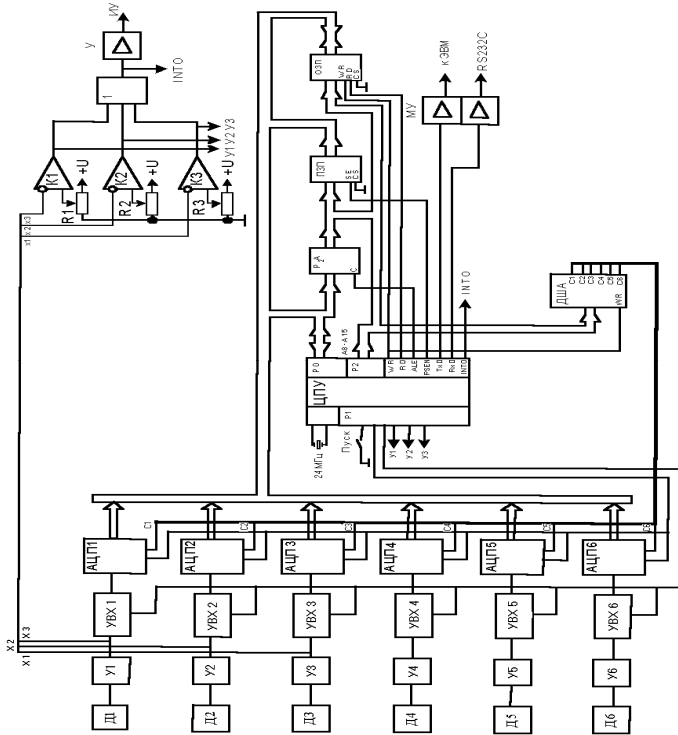


Рис. 3. Структурна схема АСК ТПВ з паралельними АЦП.

### Вибір мікроконтролера

Основним елементом системи керування є мікроконтролер 80C251SB фірми Intel. Даний мікроконтролер вибраний виходячи з таких умов: мікропроцесор цього типу (251) є подальшою розробкою широко відомого в світі мікропроцесора серії MCS51, програмно сумісний зверху, але зі значно вищою швидкістю (одна операція виконується за 100 нс).

Мікроконтролер вибирають виходячи з умови забезпечення тривалості циклу АЦП – перетворення вхідних сигналів і запису їх в пристрій (ОЗП) мікроконтролером, що оперативно запам'ятовує. Загальна кількість операцій дорівнює  $5 \cdot 6 + 5 = 35$  команд. Для забезпечення необхідної швидкодії схеми вимірювання (відповідно до завдання 4 мкс) тривалість однієї команди розраховується як  $t_{\kappa}/35 = 114$  нс. Таку

швидкодію може забезпечити МК 80C251SB.

Робота схеми здійснюється по розробленому алгоритму і програмі. Алгоритм роботи схеми наведений на рис. 4. Для проведення до-

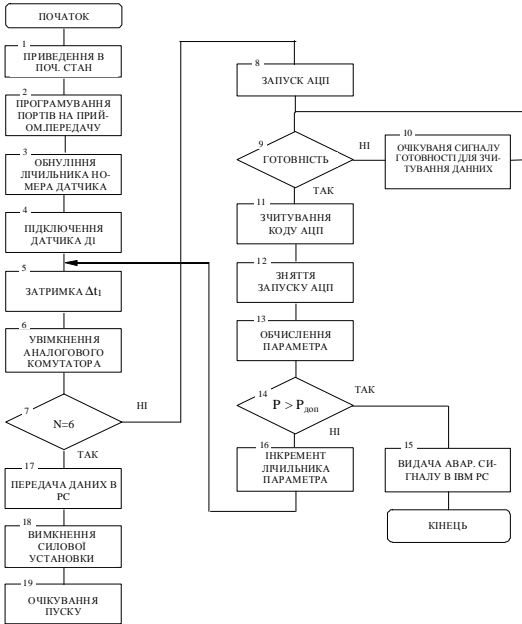


Рис. 4. Алгоритм роботи схеми АСК ТПД.

коли на відповідний розряд порту мікроконтролера буде подано сигнал логічної одиниці.

При включенні КРП мікроконтролер посилає сигнал керування на аналоговий комутатор. Згідно одержаному сигналу комутатор з'єднує сигнал з датчика безперервності кола керування (Д1) з виведеннями відповідного порту мікроконтролера.

Далі на АЦП подається сигнал запуску, після зчитування і перетворення сигналу датчика, АЦП посилає сигнал готовності на мікроконтролер. Данні прийняті з АЦП поступають на мікроконтролер і в подальшому передаються зовнішньому пристрою через універсальний асинхронний приймач-передавач (УАПП) персональному комп'ютеру для подальшого зберігання та обробки. Після передачі даних мікроконтролер проводить опитування датчиків на апаратах СОПС. Ці дані

новою точністю на початку програми константі TIME привласнюється значення інтервалу часу, через який опитуються датчики на відповідних частинах СОПС. Введення константи на початку програми необхідно для того, щоб при зміні часу опитування у програмі не виникали складності у зміні тексту програми. Далі обнуляємо чотири порти мікроконтролера і перевіряємо чи включений СОПС. Подальше виконання програми відбуватиметься тільки тоді,

через УАПШ передаються в комп'ютер РС.

Після цього програма аналогічно тому, як знімалися дані з датчика напруги в колі керування, зчитує дані з датчиків напруги на дузі, струму в колі керування та температури. Далі мікроконтролер перевіряє ввімкнений чи вимкнений СОПС. Якщо СОПС ввімкнений, то програмно запускається таймер на час який, вказаний в константі TIME. Після закінчення відліку заданого часу мікроконтролер знову проводить опитування вищевказаних датчиків

Вихід з циклу і завершення роботи програми відбувається при відключенні СОПС.

**Висновки.** Розроблений стенд і алгоритм роботи програми автоматизованого дослідження СОПС дозволяють автоматизувати керування процесом випробувань і досліджень, суттєво скоротити терміни і витрати на їх проведення, підвищити точність отримуваних результатів та проводити їх подальшу комп'ютерну обробку і документування.

**Список літератури:** 1. Мікропроцесорні пристрої: Навчальний посібник / Ю.С. Грищук. – Харків: НТУ "ХПІ", 2008.– 348 с. 2. Керівництво з експлуатації шаф живлення типу ШПКЕ, ШПБП.656572.001-269 РЕ. – Харків: ЗАТ "СКБ Електрощит", 2006.– 35с. 3. *Сташин В.В., Урусов А.В., Мологонцева О.Ф.* Проектирование цифровых устройств на однокристалльных микроконтроллерах. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 224 с. 4. *Башков Е.А.* Аппаратное и программное обеспечение зарубежных микроЭВМ. – К.: Высшая шк., 1990. – 207 с. 5. *Боборыкин А.В., Литовецкий Г.П., Литвинский Г.В. Оксинь О.Н.,* и др. Однокристалльные микроЭВМ. Справочник. – М.: МИКАП, 1994. – 400 с. 6. *Щелкунов Н.Н., Дианов А.П.* Микропроцессорные средства и системы. – М.: Радио и связь, 1989. – 189 с. 7. *Ахметов Р.Р., Бакин А.Д., Кабанов Н.Д.* Однокристалльные промышленные микроконтроллеры // Мир ПК. – 1993. – № 10. – С. 31-37. 8. *Николайчук О.* x51-совместимые микроконтроллеры фирмы Silicon Laboratories (Signal). – М.: ООО "ИД СКИМЕН", 2004. – 628 с.

*Надійшла до редколегії 18.01. 2011  
Рецензент д.т.н., проф. Болюх В.Ф.*