

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Комп'ютерні технології і системи
(назва факультету)

Автоматика та телекомунікації
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи
магістра
(ступінь вищої освіти)

на тему: Підвищення функціональної надійності системи мікропроцесорної централізації МПЦ-У шляхом модернізації її апаратури

за освітньою програмою Автоматика та автоматизація на транспорті
зі спеціальності: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(шифр і назва спеціальності)

Виконав: студент групи: АТ2126


(підпис студента)

/ Тарас ПИВОВАР /
(Ім'я ПІРІЗВИЩЕ)

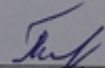
Керівник:


(підпис)

/доцент, Володимир МАЛОВІЧКО/
(посада, Ім'я ПІРІЗВИЩЕ)

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент


(підпис)

Дніпро – 2022 рік

Ministry of Education and Science of Ukraine
Ukrainian State University of Science and Technologies

Computer technology and systems

(faculty)

Automation and telecommunications

(department)

Explanatory Note

to Master's Thesis

master

(higher education degree)

on the topic: Increasing the functional reliability of the microprocessor centralization system of the MPC-U by modernizing its equipment

according to educational curriculum Automation and automation in transport
in the Speciality: 151 Automation and computer-integrated technologies

(speciality and its code)

Done by the student of the group: AT2126 / Taras PYVOVAR /
(name, surname)

Scientific Supervisor: /docent, Volodymir MALOVICHKO/
(position, name, surname)

Dnipro – 2022

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: Комп'ютерні технології і системи

Кафедра: Автоматика та телекомунікації

Рівень вищої освіти: другий (магістерський).

Освітня програма: Автоматика та автоматизація на транспорті

Спеціальність: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(шифр та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____ АТ _____

_____ Володимир ГАВРИЛЮК
(підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Дата _____ 1.09.2022р _____

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу

_____ магістра

(ступінь вищої освіти)

студенту _____

Пивовару Тарасу Валерійович

(Прізвище, Ім'я По батькові)

1. Тема роботи: Підвищення функціональної надійності системи мікропроцесорної централізації МПЦ-У шляхом модернізації її апаратури

Керівник роботи: _____ Маловічко Володимир Володимирович, к.т.н, доцент
(Прізвище, Ім'я, По батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом від

"18" жовтня 2021р. № 705ст

2. Строк подання студентом роботи: 15. 12.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи: _____ Залізнична станція обладнана системою МПЦ-У

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):

4.1 Аналіз існуючих систем мікропроцесорної централізації
(6 слайдів для ілюстрації) .

4.2 Вибір безпечної структури підключення каналів передачі даних та пристроїв обробки інформації (6 слайдів для ілюстрації).

4.3. Розробка засобів для підвищення надійності роботи МПЦ шляхом зменшення кількості відмов (5 слайдів для ілюстрації).

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз існуючих систем мікропроцесорної централізації (6 слайдів для ілюстрації) .	16.10	Викон.
2	Вибір безпечної структури підключення каналів передачі даних та пристроїв обробки інформації (6 слайдів для ілюстрації).	30.11	Викон
3	Розробка засобів для підвищення надійності роботи МПЦ шляхом зменшення кількості відмов (5 слайдів для ілюстрації).	10.12	Викон
4	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	15.12	Викон
5	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Експертної комісії	20.12	

Студент

(підпис)

Тарас ПИВОВАР

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

(підпис)

Володимир МАЛОВІЧКО

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра:

67с., 5 рис., 4 табл., 22 джерела літератури.

Об'єкт дослідження – процес функціонування системи мікропроцесорної централізації МПЦ-У.

Мета роботи – розробка методів та засобів для підвищення надійності функціонування системи мікропроцесорної централізації МПЦ-У.

Методи дослідження – методи побудови надійних систем з не надійних елементів, методи дублювання та резервування мікропроцесорних засобів, методи діагностування та прогнозування стану об'єктів залізничної автоматики.

В роботі виконано вибір безпечної структури підключення каналів передачі даних та пристроїв обробки інформації в МПЦ-У, підвищення якості електроживлення системи МПЦ-У шляхом розробки схем додаткової фільтрації, розробка схеми керування маневровою колонкою для системи МПЦ-У, розробка засобів для підвищення надійності передачі даних в системі МПЦ-У.

Результати роботи можуть стати основою для модернізації існуючих систем МПЦ-У що значно покращить якість їх роботи а також підвищить безвідмовність експлуатації.

Ключові слова: МІКРОПРОЦЕСОРНІ СИСТЕМИ, ДУБЛЮВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ, РЕЗЕРВУВАННЯ АПАРАТУРИ, ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ СИСТЕМ, ФІЛЬТРИ, МАНЕВРОВА КОЛОНКА.

ЗМІСТ

Вступ	7
1 Аналіз існуючих систем мікропроцесорної централізації	9
1.1 Система ЕЦ-МПК	9
1.2 Система Ebilock-950	11
1.3 Система ЕЦ-ЕМ	14
1.4 Система МПЦ-С	17
1.5 Система МПЦ-У	19
1.6 Висновки до першого розділу	21
2 Вибір безпечної структури підключення каналів передачі даних та пристроїв обробки інформації	24
2.1 Основні рішення щодо забезпечення надійності технічних засобів МПЦ	24
2.2. Розрахунки надійності роботи елементів МПЦ при різних методах резервування	29
2.3 Підвищення показників безвідмовності МПЦ шляхом резервування	37
2.4 Висновки до третього розділу	41
3. Розробка засобів для підвищення надійності роботи МПЦ шляхом зменшення кількості відмов	43
3.1 Забезпечення надійного(постійного та якісного) електроживлення МПЦ	43
3.2 Підвищення надійності ДБЖ	46
3.3 Модернізація схеми маневрової колонки для ув'язки з системою МПЦ-У	54
3.4 Розрахунок фільтрів для каналу зв'язку в децентралізованих системах МПЦ	62
3.5 Висновки до четвертого розділу	64
ВИСНОВКИ	65
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	66

3.4 Розрахунок фільтрів для каналу зв'язку в децентралізованих системах МПЦ

ВСТУП

Станційні системи автоматики на залізничному транспорті в даний час здебільшого побудовані на електромагнітних реле. Основними недоліками релейних систем є їх громіздкість, значне споживання електроенергії, висока матеріаломісткість, складність сполучення з керуючими системами більш високого рівня для повної автоматизації технологічних процесів на станціях [1].

Мікропроцесорні пристрої, що приходять на зміну електромеханічним і електронним, сприяють підвищенню експлуатаційних характеристик систем залізничної інформації. Застосування мікропроцесорної централізації дозволяє значно скоротити обсяг апаратури в порівнянні з релейними ЕЦ. Це зменшує витрати на капітальне будівництво службових приміщень. Використання високопродуктивної обчислювальної техніки дає можливість обслуговувати одним постом централізації великі ділянки з великим рухом поїздів. У той же час модульний принцип побудови цих систем дає можливим підбір обсягів апаратури точно відповідним параметрам конкретної станції чи ділянки. Якщо проект релейної ЕЦ для кожної конкретної станції є в значній мірі унікальним через індивідуальні особливості схемних рішень, то в МПЦ є можливість враховувати ці особливості на програмному рівні, що скорочує терміни введення нових систем в експлуатацію. Мікропроцесорні централізації з точки зору безпеки володіє вищими показниками надійності за рахунок використання можливостей електронних технологій і 100% гарячого резервування основних елементів системи. Наявність потужної системи самодіагностики дозволяє виявляти передвідмовний стан елементів централізації, контролювати всі відмови з виводом їх на екран робочого місця електромеханіка [2].

Централізація релейного типу вимагає більш високих матеріальних і трудових витрат на її експлуатацію. Насамперед, це пов'язано з наявністю великої кількості електромагнітних реле, які необхідно перевіряти перед введенням в дію централізації і з певною періодичністю в процесі експлуатації. Крім того, чимало часу витрачається на обслуговування пульта управління, табло та кабельної мережі [3].

Централізації комп'ютерного типу мають ряд переваг при впровадженні інформаційних технологій в перевізний процес і управління роботою структурних підрозділів залізничного транспорту. Вони служать зручною сполучною ланкою між первинними джерелами отримання інформації (рухомим складом, об'єктами СЦБ та ін..) і системами управління більш високого рівня і дозволяють досить простим способом їх ув'язувати без додаткових підсистем і пристроїв, що неможливо зробити при використанні централізації релейного типу.

Досвід експлуатації систем МПЦ на залізницях світу показав їх експлуатаційні та технічні переваги перед релейними системами. Враховуючи швидкі темпи розвитку і вдосконалення мікроелектронної і мікропроцесорної техніки, зниження її вартості, можна стверджувати, що з часом системи МПЦ стануть основними системами станційної автоматики. Але в той же час є можливість підвищення надійності роботи навіть таких систем як МПЦ. Шляхи вирішення цієї задачі і запропоновані автором в даній роботі на прикладі системи МПЦ-У.

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ ЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ

1.1 Система ЕЦ-МПК

Релейно-процесорна централізація ЕЦ-МПК. Релейно-процесорна електрична централізація стрілок і сигналів на базі мікроЕОМ і програмованих контролерів. Реалізація функції ЕЦ по автоматизації установки маршрутів та інше, не пов'язане з забезпеченням безпеки руху, виконується за допомогою обчислювальної техніки. Забезпечуючи високі показники безпеки руху, релейні системи централізації не задовольняють сучасним вимогам автоматизації управління перевізним процесом [4].

Засоби обчислювальної техніки виконують наступні функції: виконання маршрутного набору; реалізація режиму «автодії» світлофорів; дворазове та послідовний перевід стрілок; фіксація несправностей; оповіщення монтерів колії; обдування стрілок; резервування запобіжників .

Крім того, завдяки використанню програмованої елементної бази, забезпечується виконання ряду нових функцій:

- Автоматичне протоколювання дій персоналу, роботи системи і пристроїв (Функція «чорного ящика»);
- Оперативне представлення ДСП нормативно-довідкової інформації та даних техніко-розпорядчого акта (ТРА) станції;
- Реалізація функцій лінійного пункту ДЦ для кодового керування станцією без додаткових капітальних витрат;
- Автоматизація управління шляхом формування маршрутних завдань на наступний період;
- Накопичення маршрутів за принципом черговості і за часом виконання для схем виконавчої групи, що допускають таку можливість;
- Зберігання, перегляд і статистична обробка відмов у системі ЕЦ;
- Підтримка оперативного персоналу в позаштатних ситуаціях (виняток некоректних дій користувача, режим підказки);

- Реконфігурація зони управління (можливість залучення помічника при збільшенні навантаження або навпаки використання кількох людей в денний період роботи і одного вночі або передача на кодове управління з сусідньої станції в нічний час доби);

- Сполучення з інформаційними системами вищого рівня.

Таке технічне рішення дозволило оптимізувати і спростити принципові схеми. За рахунок зміни традиційних рішень при побудові схем реле виконавчої групи вдалося скоротити кількість реле на одну централізовану стрілку до 28- 30. В системі комп'ютерного управління є 5 вікон візуалізації: загальний план станції; головне вікно управління пристроями ЕЦ; допоміжні пристрої та діагностична інформація; інформаційний обмін в системі(службові); нормативно - довідкова інформація(схематичний план станції, профільний план станції, інформація з ТРА станції та інше) [5].

Завдяки реалізації ряду функцій централізації засобами обчислювальної техніки досягається скорочення площ службово-технічних приміщень поста ЕЦ. Тому використання релейно-процесорної системи ЕЦ-МПК ефективно як при новому будівництві, так і при реконструкції пристроїв електричної централізації на станції. Використання сучасних стандартних засобів обчислювальної техніки для ведення і відображення інформації не вимагає виготовлення спеціалізованих засобів управління та контролю (табло і маніпуляторів).

В системі ЕЦ-МПК реалізуються: центральні залежності і центральне живлення; програмне, маршрутне і індивідуальне управління стрілками; автоматична установка маршрутів на майбутній період (за згодою ДСП) з видачею мовних повідомлень у випадках неприпустимих відхилень і порушенні роботи пристроїв.

Система ЕЦ-МПК побудована на основі трирівневої структури. Верхнім рівнем є автоматизовані робочі місця чергового по

станції (АРМ ДСП) на базі резервованих ЕОМ та АРМ електромеханіка поста централізації. До другого рівня відноситься комплекс технічних засобів управління і контролю (КТС КК), який складається з: джерел електроживлення ;

контролерів ; плат контролю і управління. Третій рівень включає виконавчі схеми релейної централізації. Виконання функцій забезпечення безпеки руху покладається на мінімальне число реле першого класу надійності.

1.2 Система Ebilock-950

За основу роботи алгоритму МПЦ прийнята робота системи релейної централізації, виконана по альбому ЕЦ-12-90. Ядром системи МПЦ є центральний комп'ютер, який безпечними шляхами з'єднує всі взаємозалежності, прийняті для електричної централізації стрілок і сигналів. Він також виконує взаємодії з системами керування і контролю (АРМ ДСП і АРМ ШН) та системою об'єктних контролерів, безпосередньо керуючими електроприводами стрілок, сигналами, інтерфейсними реле. Через ці реле передається стан рейкових кіл, всіх систем, ув'язаних з комп'ютерною централізацією, а також стану системи зв'язку об'єктних контролерів з центральним комп'ютером і системи електроживлення. Безпека забезпечується системою керування за рахунок виявлення відмов, при яких система приходить в захисний стан [6].

Система з децентралізованим розміщенням обладнання побудована по модульному принципу, при якій пристрої безпосередньо керують об'єктами (ОК) центральної горловини станції і центральним процесором, реалізуючи логіку взаємозалежності і формування наказів, розміщенні на посту ЕЦ, а пристрої керування об'єктами горловини станції розміщаються в модулях МПК контейнерного типу. Центральний процесорний модуль, основні функції якого є реалізація алгоритмів МПЦ, отримує команди від системи управління і контролю, а інформація про даний стан об'єктів станції - від системи об'єктних контролерів. Результати розрахунків в вигляді наказів, а також результати вимірювань стану напільних пристроїв відсилаються відповідно в систему об'єктних контролерів і систему керування і контролю. Зв'язок з об'єктними контролерами виконаний шляхом послідовного запиту через канал передачі в двох напрямках. Об'єктний контролер зв'язаний з лінією передачі через концентратор. Безпосередній зв'язок центрального комп'ютера з об'єктними контролерами виконується по кабелю в чотирьох напрямках через модеми і концентратори. Це дозволяє розміщу-

вати об'єктні контролери від станційних об'єктів керування, тим самим значно зменшує кількість кабелів СЦБ в порівнянні всього обладнання на центральному посту, коли необхідно тягнути кабель до кожного світлофора, контакту електропривода, обмотки реле і т.п. При цьому об'єкт обслуговування (рейкове коло, електропривод, світлофор) знаходяться неподалік від системи керування і контролю, що може полегшити пошук пошкодження і технічного обслуговування. Рішення про розміщенні обладнання залежить від місцевих умов і вимог замовника. Система зв'язку побудована таким чином, що при пошкодженні кабелю в одному місці інформація продовжує поступати на кожний концентратор з різних напрямків. Для пристроїв петлі зв'язку використовують волоконно-оптичний кабель. Об'єктні контролери системи Ebiloc-950 використовує вітчизняні рейкові кола, світлофори, електроприводи, реле і дають змогу використовувати зв'язок зі всіма можливими системами автоблокування, переїзну сигналізацію, кодування рейкових кіл, САУТ і інших систем. До теперішнього часу не було надійнішої системи, яка б забезпечувала надійну роботу електронних пристроїв СЦБ. Грози, короткі замикання в контактній мережі і інші відмови приводило до значних пошкоджень, що затримувало введення електронних систем в пристрої СЦБ. В даній системі використовують міцні джерела безперебійного живлення з не обслуговуваними батареями, від яких організовується живлення як електронних пристроїв так і рейкових кіл, світлофорів, електроприводів, реле. Управління МПЦ виконується з автоматизованого робочого місця чергового по станції (АРМ ДСП), виконана на базі промислових АВМ. Від ДСП в систему передаються команди (встановлення чи відміни маршруту), із системи на АРМ йде індикація. Команди ДСП, накази центрального комп'ютера, стану об'єктів,повідомлення про несправності автоматично реєструються в журналі повідомлень і можуть бути роздруковані на принтері. На термінал електромеханіка приходить інформація про різні відмови.

Центральний процесорний модуль системи складається з двох комп'ютерів, забезпечуючи логіку дій МПЦ та умови безпеки руху поїздів. Один комп'ютер постійно знаходиться в роботі, другий - в «гарячому резерві». До складу кожно-

го комп'ютера входять два апаратних канали обробки інформації - «Процесор А» і «Процесор В ». Всі функції, до яких пред'являються вимоги безпеки реалізуються в двох незалежних логічних каналах. Функції, пов'язані із забезпеченням інтерфейсу з зовнішніми пристроями, реалізує сервісний процесор. Центральний процесор забезпечує:

- Трансформацію команд від системи управління в накази, які безпечним шляхом передаються стрілкам, світлофорів та інших пристроїв;
- Замикання об'єктів в маршруті;
- Штучне і автоматичне розмикання маршрутів;
- Інші функції централізації відповідно до технічного завдання на систему МПЦ.

Існує два основних принципи побудови електричної централізації: вільний монтаж, при якому всі залежності встановлюються індивідуально для кожної станції шляхом набору електричної схеми з окремих реле; географічний, при якому ЕЦ являє собою набір готових блоків, з'єднаних за планом станції.

Система Ebilock-950 адаптована, тобто її основні експлуатаційно-технічні характеристики відповідають вимогам, що пред'являються до систем електричної централізації(ЕЦ), що експлуатується в даний час. Разом з тим програмована елементна база дозволила поліпшити експлуатаційні властивості системи, реалізувавши з її допомогою наступні додаткові функції:

- «Блокування стрілки в заданому положенні», виконувана по команді оператора і забезпечуючи індивідуальне блокування стрілки. зазначеної в його команді. Після цього неможливе індивідуальне переведення стрілки або використання її в маршруті в положенні відмінних від заблокованого. Допустимо використовувати стрілку в маршруті, якщо його траса співпадає з положенням стрілки;
- «Блокування секції», виконувана по команді оператора і забезпечує індивідуальне блокування секції, зазначеної в його команді, з виключенням можливості відкриття сигналу в маршруті через дану секцію;
- «Установка поїзного маршруту з автоматичним дією сигналів»;

- Контролю горіння забороняючих показань на маневрових світлофорах прикриття при завданні поїзних маршрутів. Відкриття світлофора в поїзному маршруті на дозволяюче показання відбувається тільки при горінні на маневровому світлофорі прикриття забороняючого показання, якщо до цього світлофора встановлений маршрут. Після відкриття поїзного світлофора контроль горіння забороняє свідчення на маневровому світлофорі прикриття виключається.

У системі, крім основного, передбачений режим допоміжного управління, в який переходять при частковій непрацездатності пристроїв МПЦ, відмовах об'єктів управління і кабельної мережі станції. У допоміжному режимі управління дотримуються особливі умови взаємодії оператора і системи МПЦ, спрямовані на перевірку усвідомленості дій оператора. До таких умов відносяться:

- Однозначно сприйнята, чітка, ясна індикація дій;
- Повторні запити від системи до оператора з поясненням вироблених їм дій, що вимагають підтвердження;
- Обов'язкова вимога від системи до оператора на вказівку причини роботи під допоміжних режимі, яка повинна бути зафіксована і зареєстрована нею.

У даному режимі забезпечується:

- «Індивідуальний переведення стрілок без контролю стану стрілочної рейкового кола (У разі помилкової зайнятості) »;
- «Установка маршрутів без відкриття дозволяючого показання світлофорів».

1.3 Система ЕЦ-ЕМ

Система ЕЦ-ЕМ призначена для централізованого управління об'єктами нижчої та локальної автоматики (стрілками, сигналами, переїздами і т.д.) на залізничних станціях з метою організації руху поїздів і забезпечення безпеки. Вона застосовується на малих, середніх і великих станціях (вузлах, розділених пунктах і роз'їздах) [7].

Система ЕЦ-ЕМ здійснює в реальному часі збір, обробку та зберігання технологічної інформації про поточний стан об'єктів МПЦ. На підставі отриманої інформації реалізуються технологічні алгоритми централізованого управління

станційними об'єктами нижчої та локальної автоматики з формуванням і видачею УВ, і при необхідності повідомляється черговому по станції (ДСП). Одночасно проводиться безперервна діагностика стану технічних засобів системи, а сформовані дані оперативно передаються до робочого місця ДСП для відображення стану об'єктів МПЦ і результатів діагностування. Централізоване управління системою МПЦ на станції, де застосовується НВК РА, забезпечує можливість суміщення в одному комплексі технологічних функцій МПЦ, зв'язки з об'єктом і оперативно-технологічним персоналом (автоматизоване робоче місце чергового по станції ДСП, автоматизоване робоче місце електромеханіка СЦБ - АРМ ШН). Організація зв'язку НВК системи ЕЦ-ЕМ з об'єктами управління і контролю дозволяє забезпечити до 56 контрольованих дискретних входів на один модуль введення і до 48 керуючих дискретних виходів на один модуль виведення із загальним сумарним обмеженням по кількості модулів введення і виведення на одну шафу до 17. Загальна кількість дискретних входів може бути до 448, дискретних виходів - до 432 в УВК РА, що містять одну шафу. Таке співвідношення числа вхідних і вихідних змінних орієнтовно відповідає станції, де не більше 40 централізованих стрілок.

Максимальна кількість одночасно оброблюваних системою усереднених маршрутів на будь-якій стадії (установка, підтримання, скасування маршрутів і т.д.) становить не менше 15.

Термін служби НВК - не менше 25 років за умови проведення технічного обслуговування і заміни окремих блоків і вузлів, що виробили свій термін. По розташуванню апаратури ЕЦ-ЕМ є централізованою, тобто УВК, релейні і крокові стативи знаходяться на посту ЕЦ. Засобами мікропроцесорної техніки забезпечена реалізація всіх функціональних завдань СЦБ, необхідних для безпечного управління технологічним процесом на станції.

Разом з тим побудова системи ЕЦ-ЕМ на базі обчислювальної техніки дозволило доповнила склад традиційних технологічних функцій ЕЦ цілим рядом нових технологічних і інформаційно-сервісних функцій. Серед нововведених технологічних функцій, направлених на підвищення безпеки руху та збільшен-

ня ефективності управління технологічним процесом на станції, необхідно в першу чергу виділити наступні:

- логічний контроль заняття шляхів і ділянок шляху маршрутним порядком і їх подальшого звільнення маршрутним порядком для виключення можливості повторного відкриття світлофора на хибно звільнившись (при втраті шунта) шлях або ділянка шляху;

- можливість відкриття запрошувального сигналу тільки за умови завдання маршруту з перевіркою всіх умов безпеки, крім виключених ДСП під свою відповідальність (В тому числі і контроль положення стрілок), а також перевірка всіх не знятих умов безпеки при горінні запрошувального сигналу, що зрештою підвищує безпеку руху при частковій несправності підлогових пристроїв (рейкових кіл і стрілок) і знижує в цих випадках психологічне навантаження на ДСП;

- припинення кодування маршрутів поїзда при несанкціонованому виїзді рухомої одиниці на маршрут;

- перевірка вільності всіх секцій в маневровому маршруті при русі вагонами вперед після вступу рухомої одиниці на маршрут (крім першої секції, прилеглої до зайнятої);

- виключення посекційне розмикання маршруту при проїзді поїзною одиницею перекритого світлофора;

- можливість завдання режиму автодії в будь-якому поїзному маршруті;

- індивідуальна витримка часу для кожного відкривається світлофора;

- індивідуальний відлік витримки часу для кожного скасовувати маршруту, розімкнутих секцій;

- огорожу приймально-відправочних шляхів.

В системі ЕЦ-ЕМ передбачено три режими функціонування:

- основний, здійснюваний при повній справності комплексу пристроїв системи і передбачає управління об'єктами централізації з перевіркою всіх умов безпеки;

- допоміжний, здійснюваний при частковому виході з ладу пристроїв підлогового обладнання та передбачає управління об'єктами централізації з виключенням частини умов, пов'язаних з безпекою руху поїзда, які бере на себе ДСП;
- аварійний, здійснюваний при відмові УВК і передбачає управління переводом стрілок і запрошувальними сигналами в обхід НВК без перевірки умов безпеки.

1.4 Система МПЦ-С

Система мікропроцесорної централізації МПЦ-С виробляється та вдосконалюється з 2005 р. спеціалістами ТОВ «НВП «САТЕП» (м. Харків) за участю фахівців Української державної академії залізничного транспорту. Станом на 2013 р. дана система МПЦ у різних модифікаціях впроваджена на чотирьох станціях промислового залізничного транспорту [8].

Система МПЦ-С виробляється в трьох модифікаціях, які відрізняються способом розміщення апаратури нижнього рівня та її конструктивним виконанням:

- МПЦ-Д – система з децентралізованим розміщенням обладнання (МПК розташовуються в колійних ящиках у безпосередній близькості від ОКК);
- МПЦ-Ц – система з централізованим розміщенням обладнання (МПК нижнього рівня розташовуються на посту ЕЦ у спеціальних касетах);
- МПЦ-С(к) – система з комбінованим розміщенням обладнання (частина МПК нижнього рівня розташовується на посту ЕЦ, а інша частина – в напільних шафах керування, які об'єднують ОКК певного району станції).

Архітектура системи складається з трьох рівнів. Верхній рівень представлений підсистемами користувача, ув'язування із зовнішніми пристроями контролю і керування.

Підсистема користувача включає автоматизовані робочі місця чергового по станції АРМ ДСП (основне і резервне) і електромеханіка СЦБ (АРМ ШН). До складу АРМ ШН входить комплект ЕОМ з ППЗ, що забезпечує контроль і діагностику напільних та постових пристроїв системи, архівацію й прогнозування станів системи та відмов її елементів. Підсистема ув'язки з вищими і суміжними системами контролю і керування (системами диспетчерського контролю, ди-

спетчерської централізації, тощо) включає спеціалізовані ЕОМ реєстрації і передачі даних (включаючи ППЗ), маршрутизатори, засоби фіксації відеоінформації та інші пристрої.

Середній рівень системи МПЦ-С складається з ЕОМ залежностей ЕЦ. ЕОМ залежностей виконані на базі промислових ЕОМ з відповідним ППЗ і є основними програмно-апаратними модулями системи МПЦ. Вони включені за варіантом мажоритарного навантаженого резервування «2 з 3-х» з періодичним контролем справності елементів і їх своєчасним відновленням. У трьох незалежних каналах резервування виконується паралельно приймання і обробка інформації, перевірка необхідних логічних залежностей і умов безпеки, а також прийняття рішення про передачу відповідальних команд керування. Для мінімізації помилок і виключення можливих небезпечних наслідків ПЗ для різних каналів резервування розробляється незалежними групами програмістів.

ЕОМ залежностей незалежно один від одного отримують команди керування від АРМ ДСП (основного і резервного), формують сигнали контролю на АРМДСП і АРМ ШН, формують команди керування на МПК й інші пристрої нижнього рівня, отримують від них необхідні сигнали контролю – відповідно до протоколів обміну даними. Згідно з принципом мажоритарного резервування «2 з 3-х» передача команди керування на відповідний ОКК виконується лише при збігові коду команди не менше ніж у двох ЕОМ залежностей ПОЛЗ.

До складу нижнього рівня системи МПЦ входить таке обладнання:

- МПК напільних пристроїв та інших ОКК системи МПЦ:
- стрілок – МКСТ, світлофорів (поїздових, маневрових, переїзних).
- МКСВ, рейкових датчиків –МКРД (лише при контролі вільності ділянок колії методом лічення осей);
- МПК введення (МК IN-32.01) і виведення (МК OUT-16.01) дискретної інформації (збудження реле та контроль їх контактів);
- мажоритуючі пристрої «2 з 3-х» – комутатори зв'язку КСЗ/1, які служать пристроями сполучення ЕОМ залежностей ПОЛЗ з МПК нижнього рівня та комутатори ліній зв'язку КЛС, які виконують функції сполучення ПОЛЗ з МКРД;

- пристрої захисту, комутації та вторинного електроживлення МПК;
- спеціалізовані касети для розміщення мікропроцесорних пристроїв.

При аналізі даної системи слід відзначити, що це єдина в Україні система МПЦ в якій повністю відсутні реле першого та другого класу надійності. Але поки що на магістральному транспорті Укрзалізниці ця система розповсюдження не набула.

1.5 Система МПЦ-У

МПЦ-У – це комплекс технічних та програмних засобів, призначених для централізованого контролю, управління та регулювання рухом поїздів на залізничній станції у реальному масштабі часу, забезпечення безпеки руху та достовірності відображення інформації про поїзне положення, розширеного контролю та діагностування технічних засобів залізничної автоматики, з урахуванням всіх вимог, що встановлюються технічним завданням (далі - ТЗ), Правилами технічної експлуатації залізниць України до пристроїв електричної централізації стрілок та сигналів [9].

У МПЦ-У забезпечена можливість сполучення з колійними та постовими пристроями СЦБ, які використовуються на «Укрзалізниці».

МПЦ-У забезпечує:

- можливість зміни МПЦ-У, що експлуатується, з мінімальними витратами і без істотної зміни структури МПЦ-У;
- можливість збільшення кількості одночасно працюючих автоматизованих робочих місць ДСП (далі - РС ДСП);
- поетапне нарощування кількості ТЗА і розширення функціональності МПЦ-У в рамках меж розвитку станції. При цьому виконується повний цикл робіт з перевірки МПЦ-У після внесення змін.

Функції основного режиму технологічного управління містять в собі наступні основні функції:

- встановлення та замикання поїзного маршруту приймання з відкриттям вхідного/маршрутного світлофора;

- автоматичне перекриття вхідного світлофора на забороняючи показання у маршруті приймання при вступі на нього поїзда;
- встановлення поїзного маршруту відправлення з відкриттям вихідного світлофора;
- автоматичне перекриття вихідного світлофора на забороняюче показання у маршруті відправлення при вступі на нього поїзда;
- забезпечення взаємозалежності показань поїзних сигналів;
- встановлення маневрового маршруту з відкриттям світлофора початку маршруту;
- автоматичне перекриття маневрового світлофора на забороняюче показання при вступі поїзда на маршрут та звільненні: дільниці наближення, або першої дільниці маршруту;
- перекриття дозволяючих показань світлофорів по команді оператора без відміни встановлених маршрутів;
- перекриття дозволяючого показання світлофора по команді оператора з відміною встановленого маршруту;
- повторне відкриття світлофора по команді оператора;
- автоматичне посекційне розмикання маршруту;
- автоматичне групове розмикання поїзного маршруту;
- відміна встановленого маршруту;
- управління подачею сигналів АЛС в рейкові кола (кодування) маршрутів приймання та відправлення;
- контроль та управління перегінними пристроями, обладнаними системою кодового АБ;
- контроль та управління перегінними пристроями, обладнаними системою НАБ;
- індивідуальне переведення стрілок з контролем стану стрілочної секції;
- зниження напруги на лампах станційних і прохідних світлофорів;
- встановлення поїзного маршруту з автоматичною дією сигналів;
- аварійне відключення електроживлення поста ЕЦ;

- функція «Нагадування»;
- управління дизель-генераторним агрегатом (далі - ДГА);
- огороження колії;
- відключення живлення робочих кіл стрілки або спарених стрілок у разі порушення нормального переведення;
- перше включення або пере завантаження МПЦ-У.

Функції контролю стану об'єктів на станції та ТЗА МПЦ-У містять в собі наступні основні функції:

- контроль стану ізольованих ділянок;
- контроль сигнальних показань світлофорів;
- контроль справності ламп світлофорів;
- контроль стану стрілок;
- контроль стану ділянок наближення та віддалення;
- контроль стану перегону;
- контроль стану електроживлення;
- контроль опору ізоляції вторинних кіл живлення та кабельних ліній контролю та управління;
- контроль працездатності та правильності функціонування ТЗА МПЦ-У;
- контроль дій оперативного та обслуговуючого персоналу.

МПЦ-У та МАБ-У, як сучасні альтернативи релейним системам централізації та блокування, що експлуатуються на залізницях, забезпечують суттєве підвищення безпеки і надійності управління рухом поїздів на залізничних станціях та перегонах з різним обсягом поїзної роботи, включаючи високошвидкісні ділянки.

1.6 Висновки до першого розділу

При проведенні аналізу найбільш розповсюджених систем МПЦ виявлено ряд недоліків, які можна ліквідувати і тим самим підвищити надійність роботи систем МПЦ.

Релейно-процесорна система ЕЦ-МПК має низький рівень інформативності, практично не має вбудованих систем діагностики і вимагає постійного і до-

силь інтенсивного технічного обслуговування. Це призводить до збільшення експлуатаційного штату і підвищенню трудомісткості заміни пристроїв. Ця релейно-процесорна система побудована на дорогій і громіздкій елементній базі.

Мікропроцесорні системи «Ебілоск-950» та ЕЦ-ЕМ мають значно більші можливості ніж інші системи, але випускаються за кордоном та мають відмінну від наших систем елементну базу, що призводить до значного підвищення ціни на такі системи.

Система МПЦ-С поки що сертифікована тільки для промислового транспорту і не набула розповсюдження на залізниці.

Система МПЦ-У в порівнянні з іншими системами має значно менше недоліків, але як і в усіх перелічених системах у неї практично відсутні функції діагностування та прогнозування стану пристроїв як самої системи, так і напільних об'єктів, а аналіз зафіксованих відмов виконується обслуговуючим персоналом.

Актуальність роботи. Досвід експлуатації перших систем МПЦ на світових магістралях показав їх експлуатаційні та технічні переваги перед релейними системами. Враховуючи швидкі темпи розвитку і вдосконалення мікроелектронної та мікропроцесорної техніки, зниження її вартості, можна стверджувати, що з плином часу МПЦ стануть основними системами станційної автоматики та повністю витіснять релейні системи. У нашій країні найбільш перспективною є система МПЦ-У. Розробка та впровадження МПЦ в європейських країнах інтенсивно відбувалися в 70-80х роках минулого століття. Таким чином підвищення надійності функціонування мікропроцесорної централізації МПЦ-У є надважливою задачею, що робить дану роботу потрібною та актуальною.

Метою роботи є розробка методів та засобів для підвищення надійності функціонування системи мікропроцесорної централізації МПЦ-У.

Завданням роботи є:

- вибір безпечної структури підключення каналів передачі даних та пристроїв обробки інформації в МПЦ-У;

- підвищення якості електроживлення системи МПЦ-У шляхом розробки схем додаткової фільтрації;
- розробка схеми керування маневровою колонкою для системи МПЦ-У;
- розробка засобів для підвищення надійності передачі даних в системі МПЦ-У.

Об'єкт дослідження – процес функціонування системи мікропроцесорної централізації МПЦ-У.

Предмет дослідження – методи та засоби підвищення надійності роботи мікропроцесорної централізації МПЦ-У.

Для вирішення поставлених задач застосовано методи побудови надійних систем з не надійних елементів, методи дублювання та резервування мікропроцесорних засобів, методи діагностування та прогнозування стану об'єктів залізничної автоматики.

2 ВИБІР БЕЗПЕЧНОЇ СТРУКТУРИ ПІДКЛЮЧЕННЯ КАНАЛІВ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ ТА ПРИСТРОЇВ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ

2.1 Основні рішення щодо забезпечення надійності технічних засобів МПЦ

В існуючих вітчизняних та закордонних системах МПЦ для підвищення надійності роботи використовують дублювання апаратури обробки інформації та каналів передачі даних. При чому найчастіше це використання дублювання апаратури шляхом побудови безпечної системи «2 з 2» або «2 з 3». Враховуючи високу надійність сучасної елементної бази таке рішення не є однозначним. Проведемо аналіз безпечних структур для системи МПЦ-У яка набуває найбільшого розповсюдження на залізницях України [13].

До основних рішень щодо забезпечення надійності технічних засобів МПЦ-У відносяться:

- три обчислювальні канали центрального пристрою контролю і управління з мажоритарною обробкою інформації між каналами за принципом «2 з 3» та контролем розбіжностей між каналами;
- передача команд щодо управління в пристрої зв'язку з об'єктом приймання контрольно-діагностичної інформації від них здійснюється за трьома радіальними незалежними оптичними лініями зв'язку;
- реалізація апарату управління (пульт управління) на основі незалежних резервованих робочих станцій промислового виконання;
- передача команд від апарату управління в три канали центрального пристрою контролю і управління та приймання контрольно-діагностичної інформації в апараті управління від трьох каналів центрального пристрою контролю і управління здійснюється за допомогою резервованих радіальних оптичних ліній зв'язку;
- контроль та діагностування технічних і програмних засобів МПЦ-У
- контроль та діагностування постових і колійних пристроїв сигналізації, централізації та блокування (далі СЦД);

- виявлення відмов і перед відмовних станів пристроїв МПЦ-У, постових та колійних пристроїв СЦБ.

Основні рішення щодо забезпечення ремонтпридатності МПЦ-У

До основних рішень щодо забезпечення ремонтпридатності МПЦ-У відносяться:

- розміщення основної апаратури у конструктивно та функційно закінчених змінних модулях у вигляді ТЕЗ;
- відновлення справного стану МПЦ-У здійснюється силами експлуатаційного штату, який попередньо прийшов навчання, розробником та здав відповідний залік. При відновленні виконується заміна приладів або пристроїв, які відмовили, справними з комплекту АВЗ, розміщених на посту ЕЦ, без припинення роботи всієї МПЦ-У. перелік АВЗ при включенні МПЦ-У складається розробником та узгоджується з керівником дистанції та зв'язку;
- передача несправних пристроїв МПЦ-У в сервісні служби споживача для їхнього ремонту з дотриманням технологій, використаних при їхньому виробництві та зазначених у технічній документації на МПЦ-У.

Основні рішення щодо забезпечення функційної безпечності пристроїв МПЦ-У

До основних рішень щодо забезпечення функційної безпечності пристроїв МПЦ-У відносяться:

- три обчислювальні канали центрального пристрою контролю і управління з мажоритарною обробкою інформації між каналами за принципом «2 з 3» та контролем розбіжностей між каналами. При цьому три обчислювальні канали незалежно один від одного здійснюють приймання, обробку інформації, ухвалення рішення про стан об'єктів і формування необхідних команд, щодо управління об'єктом;
- дублювання обчислювачів пристроїв зв'язку з об'єктом, при цьому обчислювачі незалежно один від одного приймають команди і формують контрольно-діагностичну інформацію в три канали центрального пристрою контролю і

управління, здійснюють обробку інформації і формування управляючих сигналів на об'єкт (світлофори, стрілка, реле та інше) за принципом «2 із 2»;

- обробка і виконання команд щодо управління від трьох каналів центрального пристрою контролю і управління здійснюється в пристроях зв'язку з об'єктом за принципом мажоритарної логіки «2 із 3». У разі порушення роботи в одному із каналів центрального пристрою контролю і управління (наявність розбіжності даних з іншими каналами або порушення зв'язку), здійснюється логічне відключення даного каналу та пристрій зв'язку з об'єктом продовжує обробку і виконання команд від двох справних напрямків за принципом «2 із 2»;

- контрольна відповідальна інформація, яка приймається кожним з трьох каналів центрального пристрою контролю і управління від двох обчислювачів пристроїв зв'язку з об'єктом обробляється за принципом «2 із 2» та за результатами обробки приймається рішення щодо достовірності даних;

- загальна контрольна-діагностична інформація (не впливає на функційну безпеку), яка приймається кожним з трьох каналів центрального пристрою контролю і управління від двох обчислювачів пристроїв зв'язку з об'єктом обробляється за принципом «1 із 2»;

- реалізація модулів зв'язку з об'єктом виконання у вигляді двох диверсних каналів (на мікроконтролерах з різною архітектурою);

- контрольна-діагностична інформація, яка приймається двома робочими станціями апарату управління від трьох каналів центрального пристрою контролю і управління обробляється за принципом «2 із 3» та за результатами обробки приймається рішення щодо достовірності даних;

- перехід МПЦ-У в захисний стан при неодноразовому (проміжком часу 500 мс) порушенні в роботі двох обчислювальних каналів центрального пристрою контролю і управління;

- перехід каналу контролю і управління конкретним об'єктом в захисний стан при порушенні в роботі центрального пристрою контролю і управління, пристрої зв'язку з об'єктом;

- перехід каналів контролю і управління конкретними об'єктами в захисний стан при порушенні в роботі двох ліній зв'язку між центральним пристроєм контролю і управління та пристроями зв'язку з об'єктом.

Основні рішення щодо забезпечення функційної безпечності ПЗ МПЦ-У

До основних рішень щодо забезпечення функційної безпечності ПЗ МПЦ-У відносяться:

- диверсність ПЗ в модулі зв'язку з об'єктом виконана на мікроконтролерах з різними архітектурою й різним ПЗ, яке розроблене двома незалежними програмістами та виконує однакові функції;
- застосуванням алгоритмів оброблення об'єктами СЦБ за принципами «2 із 3», «2 із 3Р» та «2 із 2»;
- аналіз результатів контролю та діагностування, з переходом окремих компонентів у безпечний або захисний стан при виникненні порушень;
- комплексний захист інформації від спотворень;
- застосування алгоритмічно-відпрацьованих програмних модулів, які використовуються відповідно до колійного розвитку станції;
- проведення верифікації ПЗ МПЦ-У на всіх етапах життєвого циклу ПЗ:
 - розробка комплексних проектних рішень та вимог до ПЗ, проектування, кодування, інтеграція, супроводження.
- проведення верифікації ПЗ МПЦ-У з урахування максимальної незалежності, а саме:
 - проведення попередніх випробувань ПЗ виконується комісією, до якої входять незалежні фахівці розробника, та відповідно до розроблених та затверджених програм і методик випробувань;
 - верифікація кожного компонента ПЗ проводиться групою фахівців (фахівці окремого підприємства), які адміністративно та фінансово незалежні від фахівців-розробників ПЗ;
 - контроль якості розробити незалежним підрозділом розробника, щодо забезпечення якості продукції.

Основні рішення щодо забезпечення функційної безпечності взаємодії оператора та МПЦ-У

До основних рішень щодо забезпечення функційної безпечності взаємодії оператора та МПЦ-У відносяться:

- неможливість створення небезпечної для руху поїздів ситуації при неправильних діях оператора;
- достовірність відображення інформації про поїзну ситуацію на станції та прилеглих ділянках перегонів, а також відображення стану пристроїв МПЦ-У та пристроїв СЦБ;
- відображення чіткої індикації дії оператора, а також перевірка його дій (повторні запити та одержання відповідних підтверджень від оператора) в основному та допоміжному режимі управління;
- контроль та протоколювання дій оператора при взаємодії з МПЦ-У, щодо управління поїзною роботою на станції.

Основні рішення щодо забезпечення захисту від несанкціонованого доступу до пристроїв МПЦ-У

До основних рішень щодо забезпечення захисту від несанкціонованого доступу до пристроїв МПЦ-У відносяться:

- обладнання шаф і столів МПЦ-У дверима, які замикаються та дверні замки мають пристосування для пломбування дверей;
- обладнання шаф і столів МПЦ-У засобами автоматичного контролю закритого/відкритого стану дверей;
- обладнання модулів МЗО, КРУ та АРМ-Ц ДСП пристосуваннями для пломбування;
- захист зовнішніх інтерфейсних портів АРМ-Ц ДСП пристосуваннями для пломбування.

2.2 Розрахунки надійності роботи елементів МПЦ при різних методах резервування

Ще однією проблемою мікроелектронної апаратури є її чутливість до зовнішніх електромагнітних впливів (її чутливість до електромагнітних перешкод більше в 10000 раз ніж більше, ніж у електромагнітних реле). Тому застосування екранування повинно бути обов'язковим і встановлюватись в об'ємі в залежності від умов експлуатації.

Звичайно, щоб від всіх таких впливів захисти в повній мірі не вийде і апаратура може функціонувати під негативним впливом перешкод, призводячи при цьому неправильні та небезпечні дії, або взагалі може вийти зі строю. Звідси виникає потреба у резервуванні апаратури. Резервування може мати різну структуру та принцип функціонування. Кожна резервована структура має свої власні показники безпеки, безвідмовності, надійності і тому застосування тієї чи іншої конфігурації визначається необхідними рівнями цих показників для даної системи.

В системі МПЦ-У використовують структури «1 із 2», «2 із 2» та «3 із 2».

Розглянемо надійність даних структур, а також більш складних систем підключення та обробки інформації «3 із 3», «3 із 4», та «4 із 4». Для цього побудуємо таблиці залежностей для кожної системи та виведемо загальні формули надійності у вигляді ймовірності безвідмовної роботи [14].

Структура “один з двох”

A_i	E_1	E_2	S	R_i
A_1	0	0	0	$(1-p_1)(1-p_2)$
A_2	0	1	1	$(1-p_1)p_2$
A_3	1	0	1	$p_1(1-p_2)$
A_4	1	1	1	$p_1 p_2$

$$P(t) = \sum R_i = R_4 + R_3 + R_2 = p_1 p_2 + p_1(1-p_2) + (1-p_1)p_2$$

Система “один з двох” працездатна тільки у тому випадку, коли працездатний один із каналів. Вірогідність безвідмовної роботи системи буде дорівнювати сумі ймовірностей тих подій, для яких $S=1$. Формула розрахунку ймовірності представлена нижче таблиці станів для системи “один з двох”. Система переходить в непрацездатний стан, коли обидва канали вийдуть з ладу.

Система “два з двох”

Таблиця стану системи 2 з 2-ох

A_i	E_1	E_2	S	R_i
A_1	0	0	0	$(1-p_1)(1-p_2)$
A_2	0	1	0	$(1-p_1)p_2$
A_3	1	0	0	$p_1(1-p_2)$
A_4	1	1	1	$p_1 p_2$

$$P(t) = \sum R_i = R_4 = p_1 p_2$$

Система “два з двох” працездатна тільки у тому випадку, коли працездатні обидва канали. Система переходить в непрацездатний стан, коли два канали вийшли з ладу. Якщо ж вийшов з ладу один канал, система переходить в захисний стан. Ймовірності безвідмовної роботи системи буде дорівнювати сумі ймовірностей тих подій, для яких $S=1$.

Система “два з трьох”

Система “два з трьох” працездатна тільки у тому випадку, коли працездатні не менше двох каналів. Система переходить в непрацездатний стан, коли кількість робочих каналів дорівнює одному. Формула ймовірності безвідмовної роботи представлена нижче таблиці станів “два з трьох”.

Таблиця стану системи 2 з 3-х

A_i	E_1	E_2	E_3	S	R_i
A_1	0	0	0	0	$(1-p_1)(1-p_2)(1-p_3)$
A_2	0	0	1	0	$(1-p_1)(1-p_2)p_3$
A_3	0	1	0	0	$(1-p_1)p_2(1-p_3)$
A_4	0	1	1	1	$(1-p_1)p_2p_3$
A_5	1	0	0	0	$p_1(1-p_2)(1-p_3)$
A_6	1	0	1	1	$p_1(1-p_2)p_3$
A_7	1	1	0	1	$p_1p_2(1-p_3)$
A_8	1	1	1	1	$p_1p_2p_3$

$$P(t) = \sum R = R_4 R_6 R_7 R_8 = (1-p_1)p_2p_3 + p_1(1-p_2)p_3 + p_1p_2(1-p_3) + p_1p_2p_3$$

Система “два з чотирьох”

Таблиця стану системи 2 з 4-х

A_i	E_1	E_2	E_3	E_4	S	R_i
A_1	0	0	0	0	0	$(1-p_1)(1-p_2)(1-p_3)(1-p_4)$
A_2	0	0	0	1	0	$(1-p_1)(1-p_2)(1-p_3)p_4$
A_3	0	0	1	0	0	$(1-p_1)(1-p_2)p_3(1-p_4)$
A_4	0	0	1	1	1	$(1-p_1)(1-p_2)p_3p_4$
A_5	0	1	0	0	0	$(1-p_1)p_2(1-p_3)(1-p_4)$
A_6	0	1	0	1	1	$(1-p_1)p_2(1-p_3)p_4$
A_7	0	1	1	0	1	$(1-p_1)p_2p_3(1-p_4)$
A_8	0	1	1	1	1	$(1-p_1)p_2p_3p_4$
A_9	1	0	0	0	0	$p_1(1-p_2)(1-p_3)(1-p_4)$
A_{10}	1	0	0	1	1	$p_1(1-p_2)(1-p_3)p_4$
A_{11}	1	0	1	0	1	$p_1(1-p_2)p_3(1-p_4)$
A_{12}	1	0	1	1	1	$p_1(1-p_2)p_3p_4$
A_{13}	1	1	0	0	1	$p_1p_2(1-p_3)(1-p_4)$
A_{14}	1	1	0	1	1	$p_1p_2(1-p_3)p_4$
A_{15}	1	1	1	0	1	$p_1p_2p_3(1-p_4)$
A_{16}	1	1	1	1	1	$p_1p_2p_3p_4$

$$\begin{aligned}
 P(t) = \sum R_i = & R_4 + R_6 + R_7 + R_8 + R_{10} + R_{11} + R_{12} + R_{13} + R_{14} + R_{15} + R_{16} = \\
 & (1-p_1)(1-p_2)p_3p_4 + (1-p_1)p_2(1-p_3)p_4 + (1-p_1)p_2p_3(1-p_4) + (1-p_1) \\
 & p_2p_3p_4 + p_1(1-p_2)(1-p_3)p_4 + p_1(1-p_2)p_3(1-p_4) + p_1(1-p_2)p_3p_4 + \\
 & p_1p_2(1-p_3)(1-p_4) + p_1p_2(1-p_3)p_4 + p_1p_2p_3(1-p_4) + p_1p_2p_3p_4.
 \end{aligned}$$

Система “три з чотирьох”

Таблиця стану системи 3 з 4-х

A_i	E_1	E_2	E_3	E_4	S	R_i
A_1	0	0	0	0	0	$(1-p_1)(1-p_2)(1-p_3)(1-p_4)$
A_2	0	0	0	1	0	$(1-p_1)(1-p_2)(1-p_3)p_4$
A_3	0	0	1	0	0	$(1-p_1)(1-p_2)p_3(1-p_4)$
A_4	0	0	1	1	0	$(1-p_1)(1-p_2)p_3p_4$
A_5	0	1	0	0	0	$(1-p_1)p_2(1-p_3)(1-p_4)$
A_6	0	1	0	1	0	$(1-p_1)p_2(1-p_3)p_4$
A_7	0	1	1	0	0	$(1-p_1)p_2p_3(1-p_4)$
A_8	0	1	1	1	1	$(1-p_1)p_2p_3p_4$
A_9	1	0	0	0	0	$p_1(1-p_2)(1-p_3)(1-p_4)$
A_{10}	1	0	0	1	0	$p_1(1-p_2)(1-p_3)p_4$
A_{11}	1	0	1	0	0	$p_1(1-p_2)p_3(1-p_4)$
A_{12}	1	0	1	1	1	$p_1(1-p_2)p_3p_4$
A_{13}	1	1	0	0	0	$p_1p_2(1-p_3)(1-p_4)$
A_{14}	1	1	0	1	1	$p_1p_2(1-p_3)p_4$
A_{15}	1	1	1	0	1	$p_1p_2p_3(1-p_4)$
A_{16}	1	1	1	1	1	$p_1p_2p_3p_4$

$$P(t) = \sum R_i = R_8 + R_{12} + R_{14} + R_{15} + R_{16} = (1-p_1)p_2p_3p_4 + p_1(1-p_2)p_3p_4 + p_1p_2(1-p_3)p_4 + p_1p_2p_3(1-p_4) + p_1p_2p_3p_4.$$

Система “чотири з чотирьох”

Таблиця стану системи 4 з 4-х

A_i	E_1	E_2	E_3	E_4	S	R_i
A_1	0	0	0	0	0	$(1-p_1) (1-p_2) (1-p_3) (1-p_4)$
A_2	0	0	0	1	0	$(1-p_1) (1-p_2) (1-p_3) p_4$
A_3	0	0	1	0	0	$(1-p_1) (1-p_2) p_3 (1-p_4)$
A_4	0	0	1	1	0	$(1-p_1) (1-p_2) p_3 p_4$
A_5	0	1	0	0	0	$(1-p_1) p_2 (1-p_3) (1-p_4)$
A_6	0	1	0	1	0	$(1-p_1) p_2 (1-p_3) p_4$
A_7	0	1	1	0	0	$(1-p_1) p_2 p_3 (1-p_4)$
A_8	0	1	1	1	0	$(1-p_1) p_2 p_3 p_4$
A_9	1	0	0	0	0	$p_1 (1-p_2) (1-p_3) (1-p_4)$
A_{10}	1	0	0	1	0	$p_1 (1-p_2) (1-p_3) p_4$
A_{11}	1	0	1	0	0	$p_1 (1-p_2) p_3 (1-p_4)$
A_{12}	1	0	1	1	0	$p_1 (1-p_2) p_3 p_4$
A_{13}	1	1	0	0	0	$p_1 p_2 (1-p_3) (1-p_4)$
A_{14}	1	1	0	1	0	$p_1 p_2 (1-p_3) p_4$
A_{15}	1	1	1	0	0	$p_1 p_2 p_3 (1-p_4)$
A_{16}	1	1	1	1	1	$p_1 p_2 p_3 p_4$

$$P(t) = \sum R_i = R_8 = p_1 p_2 p_3 p_4$$

Система “три з трьох”

Таблиця стану системи 3 з 3-х

A_i	E_1	E_2	E_3	S	R_i
A_1	0	0	0	0	$(1-p_1)(1-p_2)(1-p_3)$
A_2	0	0	1	0	$(1-p_1)(1-p_2)p_3$
A_3	0	1	0	0	$(1-p_1)p_2(1-p_3)$
A_4	0	1	1	0	$(1-p_1)p_2p_3$
A_5	1	0	0	0	$p_1(1-p_2)(1-p_3)$
A_6	1	0	1	0	$p_1(1-p_2)p_3$
A_7	1	1	0	0	$p_1p_2(1-p_3)$
A_8	1	1	1	1	$p_1p_2p_3$

$$P(t) = \sum R_i = R_8 = p_1 p_2 p_3$$

Прийmemo, що $p_1 = p_2 = p_3 = p_4 = p$, тоді:

Для системи “один з двох”

$$P(t) = \sum R_i = R_4 R_3 R_2 = p_1 p_2 + p_1(1-p_2) + (1-p_1)p_2 = p^2 + 2p_1(1-p_2)$$

Для системи “два з двох”

$$P(t) = \sum R_i = R_4 = p_1 p_2 = p^2$$

Для системи “два з трьох”

$$\begin{aligned} P(t) = \sum R_i = R_4 R_6 R_7 R_8 &= (1-p_1) p_2 p_3 + p_1 (1-p_2) p_3 + p_1 p_2 (1-p_3) + p_1 p_2 p_3 = \\ &= p^2 (1-p) + p^2 (1-p) + p^2 (1-p) + p^3 = 3 p^2 (1-p) + p^3 \end{aligned}$$

Для системи “два з чотирьох”

$$\begin{aligned} P(t) = \sum R_i = R_4 R_6 R_7 R_8 R_{10} R_{11} R_{12} R_{13} R_{14} R_{15} R_{16} &= (1-p_1)(1-p_2) p_3 p_4 + \\ &+ (1-p_1) p_2 (1-p_3) p_4 + (1-p_1) p_2 p_3 (1-p_4) + (1-p_1) p_2 p_3 p_4 + p_1 (1-p_2) \\ &+ (1-p_3) p_4 + p_1 (1-p_2) p_3 (1-p_4) + p_1 (1-p_2) p_3 p_4 + p_1 p_2 (1-p_3) (1-p_4) + \\ &+ p_1 p_2 (1-p_3) p_4 + p_1 p_2 p_3 (1-p_4) + p_1 p_2 p_3 p_4 = (1-p)(1-p) p^2 + (p-p^2) + \\ &+ (p-p^2)(p-p^2) + (1-p) p^3 + (p-p^2)(p-p^2) + (p-p^2)(p-p^2) + (p-p^2) p^2 + \\ &+ p^2 - p^3 + (p^2 - p^3)(1-p) + p^3 + p^2 p^2 + p^4 = 1 - p - p + p^2 + p^2 - p^3 - p^3 + p^4 + \\ &+ p^2 - p^3 - p^3 + p^4 + p^3 - p^4 + p^2 - p^3 - p^3 + p^4 + p^2 - p^3 - p^3 + p^4 + p^3 - p^3 + p^2 - \\ &+ p^3 - p^3 + p^4 + p^3 + p^2 + p^4 = 5p^4 - 11p^3 + 8p^2 + 2p + 1 \end{aligned}$$

Для системи “три з чотирьох”

$$\begin{aligned} P(t) = \sum R_i = R_8 + R_{12} + R_{14} + R_{15} + R_{16} &= (1-p_1) p_2 p_3 p_4 + p_1 (1-p_2) p_3 p_4 + \\ &+ p_1 p_2 (1-p_3) p_4 + p_1 p_2 p_3 (1-p_4) + p_1 p_2 p_3 p_4 = p^4 - p^3 - p^3 - p^4 + \\ &+ p^3 - p^4 + p^3 - p^4 + p^5 = p^5 - 2p^4 + 2p^3. \end{aligned}$$

Для системи “чотири з чотирьох”

$$P(t) = \sum R_i = R_8 = (1-p_1) p_2 p_3 p_4 = p^4 - p^3.$$

Для системи “три з трьох”

$$P(t) = \sum R_i = R_8 = p_2 p_3 p_4 = p^3.$$

Проаналізувавши ймовірність відмови по отриманих формулах можна зробити висновок, що враховуючи високу надійність роботи кожного елементу в сучасних системах надлишковість у вигляді структур «3 із 4», та «4 із 4» не потрібна, так як надійність зростає не в значній мірі, а вартість суттєво збільшується.

2.3 Підвищення показників безвідмовності МПЦ шляхом резервування

При побудові безпечних мікропроцесорних централізацій в теперішній час найбільше застосовують двоканальні та трьохканальні (мажоритарні) структури. Проведемо аналіз цих структур на основі інтенсивності відмов [15].

Система “один з одного” розраховуються за формулами :

$$P^{1 \cup 1}(t) = e^{-\lambda t};$$

$$Q^{1 \cup 1}(t) = 1 - e^{-\lambda t};$$

$$T^{1 \cup 1}(t) = \frac{1}{\lambda}.$$

Система “два з двох” працює тільки у тому випадку, коли працюють обидва канали, тоді

$$P^{2 \cup 2}(t) = P^{2 \cup 1 \cup 1}(t) = e^{-2\lambda t};$$

$$Q^{2 \cup 2}(t) = 1 - e^{-2\lambda t};$$

$$\lambda^{2 \cup 2}(t) = 2\lambda;$$

$$T^{2 \cup 2}(t) = \frac{1}{2\lambda}.$$

Система переходить в небезпечний стан, коли не працюють обидва канали. Тому

$$Q_{оп}^{2 \cup 2}(t) = Q^{2 \cup 1 \cup 1}(t) = (1 - e^{-\lambda t})^2;$$

$$P_{б}^{2 \cup 2}(t) = 1 - (1 - e^{-\lambda t})^2 = 2e^{-\lambda t} - e^{-2\lambda t};$$

$$\lambda_{оп}^{2 \cup 2}(t) = \frac{2\lambda(1 - e^{-\lambda t})}{2 - e^{-\lambda t}};$$

$$T_{оп}^{2 \cup 2}(t) = \frac{3}{2\lambda}.$$

В системі “два з двох” є суттєвий недолік: безпека забезпечується за рахунок зменшення безвідмовності.

Найбільш частіше при побудові систем використовують трьохканальні мажоритарні структури(“два з трьох”) ,наприклад, це чітко видно дивлячись на технічну структуру системи МПЦ-У. Стан всієї системи може бути працездатним(П) або небезпечним(Н). Система працездатна,якщо будуть працездатними хоча б два канали з трьох; при відмові двох каналів система переходить в небезпечний стан; захисних станів не існує.

Показники безвідмовності системи “два з трьох”, розраховуються за формулами:

$$P^{2 \cup 3}(t) = P_0(t) + P_1(t) + P_2(t) + P_4(t) = 3e^{-2\lambda t} - 2e^{-3\lambda t};$$

$$\lambda^{2 \cup 3}(t) = \frac{6\lambda(1-e^{-\lambda t})}{3-2e^{-\lambda t}};$$

$$T_{оп}^{2 \cup 3}(t) = \int_0^{\infty} P^{2 \cup 3}(t) dt - \frac{5}{6\lambda};$$

Так як всі відмови системи “два з трьох” є небезпечними,то мають місце наступні рівняння:

$$P_6^{2 \cup 3}(t) = P^{2 \cup 3}(t);$$

$$\lambda_{оп}^{2 \cup 3}(t) = \lambda^{2 \cup 3}(t);$$

$$T_{оп}^{2 \cup 3} = T^{2 \cup 3}.$$

З графіку співвідношення безвідмовності систем “ два з трьох ” та “ два з двох ” видно,що безвідмовність мажоритарної системи перевищує безвідмовність системи “ два з двох ” при всіх значеннях λt .В області великих значень це перебільшення рівно трьом. Безпека мажоритарної системи, навпаки, завжди менше безпеки системи “ два з двох ”. Це пов’язано з тим ,що в системі “ два з трьох ” всі відмови є небезпечними.

В цілому система “ два з двох ” у порівнянні з системою “ два з трьох ” дає суттєве збільшення безвідмовності при визначеному зменшенні безпеки.

Щоб покращити показники безпеки мажоритарної структури, зберігаючи при цьому той самий рівень безвідмовності, застосуємо систему “два з трьох” з реконфігурацією. В цій системі при відмові одного каналу виходи цього каналу відключаються і структура “два з трьох” трансформується в структуру “два з двох”.

Тому :

$$P_{6"2\cup 3P"} = 1 - P_7 = (1 - e^{-\lambda t})^3 = 3e^{-\lambda t} - 3e^{-2\lambda t} + e^{-3\lambda t};$$

$$\lambda_{оп"2\cup 3P"}(t) = \frac{3\lambda - 6\lambda e^{-\lambda t} + 3\lambda e^{-2\lambda t}}{3 - 3e^{-\lambda t} + e^{-2\lambda t}};$$

$$T_{оп"2\cup 3P"} = \int_0^{\infty} P_{6"2\cup 3P"}(t) dt = \int_0^{\infty} (3e^{-\lambda t} - 3e^{-2\lambda t} + e^{-3\lambda t}) dt =$$

$$= \frac{3}{\lambda} - \frac{3}{2\lambda} + \frac{1}{6\lambda} = \frac{11}{6\lambda} = 1.83 \frac{1}{\lambda}.$$

На слайдах показано графіки функцій :

$$f_1(t) = \frac{P_{6"2\cup 3P"}(t)}{P_{1\cup 1"}(t)} = 3 - 3e^{-\lambda t} + e^{-2\lambda t};$$

$$f_2(t) = \frac{P_{6"2\cup 3P"}(t)}{P_{2\cup 2"}(t)} = \frac{3 - 3e^{-\lambda t} + e^{-2\lambda t}}{2 - e^{-\lambda t}};$$

$$f_3(t) = \frac{P_{6"2\cup 3P"}(t)}{P_{2\cup 3P"}(t)} = \frac{3e^{-\lambda t} - 2e^{-2\lambda t}}{3 - 3e^{-\lambda t} + e^{-2\lambda t}};$$

З точки зору безвідмовності в області малих значень λt найкращі показники мають мажоритарна система “два з трьох” та система з реконфігурацією. Особливо ця перевага перед другими системами дуже велика при високій надійності одного каналу.

В області великих значень λt безвідмовність структур “два з трьох” та “два з трьох” з реконфігурацією стає менше безвідмовності одного каналу. Наприклад, у системи “два з трьох” це проходить при $\lambda t > 0.69$. При $\lambda t \rightarrow \infty$ ці системи реконфігуруються в дубльовані системи і їх інтенсивність відмов наближується до величини 2λ . Проходить це тому, що в структурі “два з трьох” з реконфігурацією пріоритет безпеці за рахунок безвідмовності. Цими обставинами пояснюється той факт, що одноканальна система має найбільше значення середньої напрацювання на відмову $T = \frac{1}{\lambda}$.

З точки зору безпеки найкращі показники має система “два з трьох” з реконфігурацією. В області малих значень ця система забезпечує високий рівень безпеки. В структурі “два з трьох” з реконфігурацією успішно поєднуються високі якості безвідмовності мажоритарних структур і високі якості безпеки кон’юнктивного співпадання. Система “два з трьох” з реконфігурацією має найбільші значення середнього напрацювання до небезпечної відмови $1.83 \frac{1}{\lambda}$.

В табл.3.1 приведені формули для розрахунку показників безвідмовності і безпеки основних структур.

Системи “два з трьох” та “два з трьох” з реконфігурацією дійсно мають гарні показники надійності, але якщо мова йде про ці структури як системи, які відповідають за видачу важливої інформації, то тут є деякі недоліки. Наприклад, візьмемо структуру “два з трьох” з реконфігурацією. Ця структура працездатна, коли два канали працездатні, а третій ні. Як поведе себе система у цьому випадку, наприклад, якщо працездатний канал видасть помилкову інформацію?

Так, система буде знаходитись у працездатному, але яку інформацію вона видасть на виході, яка команда буде прийнята і як вона вплине на подальший процес функціонування апаратури ЕЦ. Звідси виникає проблема надійності роботи централізації із-за недостовірної інформації. Багато відмов на станції виникає з приводу невірних та помилкових даних. Рішенням цієї проблеми є застосування структури “три з трьох”. Така система працює за наступним принципом: всі три канали працездатні (і дають однакову інформацію) – стан структури працездатний (на виході системи достовірна інформація); якщо один або два канали непрацездатні система переходить в захисний стан (інформація класифікується як недостовірна); якщо всі канали непрацездатні стан системи класифікується як небезпечна відмова.

Таблиця 3.1 – Формули для розрахунку показників безвідмовності і безпеки основних структур

Показник	Система			
	“1 з 1”	“2 з 2”	“2 з 3”	“2 з 3Р”
$P(t)$	$e^{-\lambda t}$	$e^{-2\lambda t}$	$3e^{-2\lambda t} - 2e^{-3\lambda t}$	$3e^{-2\lambda t} - 2e^{-3\lambda t}$
T	$\frac{1}{\lambda}$	$\frac{1}{2\lambda} = 0.5 \frac{1}{\lambda}$	$\frac{5}{6\lambda} = 0.83 \frac{1}{\lambda}$	$\frac{5}{6\lambda} = 0.83 \frac{1}{\lambda}$
$\lambda(t)$	λ	2λ	$\frac{6\lambda(1 - e^{-\lambda t})}{3 - 2e^{-\lambda t}}$	$\frac{6\lambda(1 - e^{-\lambda t})}{3 - 2e^{-\lambda t}}$
$P_6(t)$	$e^{-\lambda t}$	$2e^{-\lambda t} - e^{-2\lambda t}$	$3e^{-2\lambda t} - 2e^{-3\lambda t}$	$3e^{-2\lambda t} - 2e^{-3\lambda t} + e^{-3\lambda t}$
$\lambda_{оп}(t)$	λ	$\frac{2\lambda(1 - e^{-\lambda t})}{2 - e^{-\lambda t}}$	$\frac{6\lambda(1 - e^{-\lambda t})}{3 - e^{-\lambda t}}$	$\frac{3\lambda - 6\lambda e^{-\lambda t} + 3\lambda e^{-2\lambda t}}{3 - 3e^{-\lambda t} + e^{-2\lambda t}}$
$T_{оп}$	$\frac{1}{\lambda}$	$\frac{3}{2\lambda} = 1.5 \frac{1}{\lambda}$	$\frac{5}{6\lambda} = 0.83 \frac{1}{\lambda}$	$\frac{11}{6\lambda} = 1.83 \frac{1}{\lambda}$

Порівняно зі структурами “два з трьох” та “два з трьох” з реконфігурацією система “три з трьох” має менший показник по безвідмовності та однаковий по безпеці, це зумовлено тим, що система в більшості випадків переходить в захисний стан. Такий принцип роботи пояснюється призначенням даної структури, як інформаційної. Тому важливість прийняття правильного рішення (або отримання достовірної інформації) є більш пріоритетним, а звідси і менші показники по безвідмовності. Перевага тут заключається у чіткому розмежуванні стану системи з виключенням всіх ситуацій, які могли б вплинути на подальшу роботу всієї структури. Показники безвідмовності та безпеки розраховуються за формулами:

$$P_{3 \cup 3''}(t) = e^{-3\lambda t};$$

$$P_{6''3 \cup 3''} = 1 - P_7 = (1 - e^{-\lambda t})^3 = 3e^{-\lambda t} - 3e^{-2\lambda t} + e^{-3\lambda t};$$

2.4 Висновки до другого розділу

Для проаналізованої системи МПЦ-У можна зробити висновок, що для підвищення надійності роботи системи необхідно:

- три обчислювальні канали центрального пристрою контролю і управління з мажоритарною обробкою інформації між каналами за принципом «2 з 3» та контролем розбіжностей між каналами замінити на систему «3 з 3», тим самим зменшити ймовірність небезпечних відмов, так як усі відмови крім одночасного виходу з ладу всіх каналів при такій структурі будуть захисними ;

- дублювання обчислювачів пристроїв зв'язку з об'єктом, при цьому обчислювачі незалежно один від одного приймають команди і формують контроль-но-діагностичну інформацію в три канали центрального пристрою контролю і управління, здійснюють обробку інформації і формування управляючих сигналів на об'єкт (світлофори, стрілка, реле та інше) за принципом «2 із 2» замінити на “ два з трьох ” з реконфігурацією. В цій системі при відмові одного каналу виходу цього каналу відключаються і структура “ два з трьох ” трансформується в структуру “ два з двох”. Тим самим підвищуються показники безвідмовності системи при збереженні рівня надійності як при системі «2 із 2»;

- обробка і виконання команд щодо управління від трьох каналів центрального пристрою контролю і управління здійснюється в пристроях зв'язку з об'єктом за принципом мажоритарної логіки «2 із 3». У разі порушення роботи в одному із каналів центрального пристрою контролю і управління (наявність розбіжності даних з іншими каналами або порушення зв'язку), здійснюється логічне відключення даного каналу та пристрій зв'язку з об'єктом продовжує обробку і виконання команд від двох справних напрямків за принципом «2 із 2» залишити незмінною так як таким чином реалізована структура «2 із 3» з реконфігурацією;

- контрольна відповідальна інформація, яка приймається кожним з трьох каналів центрального пристрою контролю і управління від двох обчислювачів пристроїв зв'язку з об'єктом обробляється за принципом «2 із 2» та за результатами обробки приймається рішення щодо достовірності даних. Таку систему також актуально замінити на «2 із 3» з реконфігурацією;

3 РОЗРОБКА ЗАСОБІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ МПЦ ШЛЯХОМ ЗМЕНШЕННЯ КІЛЬКОСТІ ВІДМОВ

3.1 Забезпечення надійного(постійного та якісного) електроживлення МПЦ

Наступна проблема функціонування МПЦ пов'язана з електроживленням їх апаратури. Пристрої ЕЦ повинні мати два незалежних джерела живлення, які резервують одне одного. Незалежним джерелом живлення є таке джерело, на якому зберігається наруга при відключенні її на інших (іншому) джерелах. Підведення напруги живлення до посту ЕЦ повинно бути виконано самостійними лініями живлення – фідерами. Кожний з фідерів виконаний у вигляді чотирижильного кабелю (три жили і фаза), переріз якого розраховується на максимальний струм навантаження.

Крім того, в якості резервного живлення пристроїв ЕЦ можуть бути використані електростанції з автоматизованим дизель-генератором (ДГА), які третім незалежним джерелом живлення. Системою живлення повинні забезпечуватися автоматичний запуск ДГА при дотриманні умов, що ці електростанції будуть обслуговувати тільки пристрої СЦБ та зв'язку. При наявній вільній потужності ДГА може бути використаний для живлення негарантованого освітлення та загальної вентиляції будівлі поста. Запас палива для ДГА повинен забезпечувати роботу дизель-генератора на протязі двох діб [18].

Додатково для пристроїв СЦБ та зв'язку повинен передбачуватися акумуляторний резерв. Таким чином комп'ютерні ЕЦ є споживачами електроенергії першої категорії та повинні отримувати живлення від двох незалежних джерел енергії по двом фідерам, а на великих станціях доповнюються ДГА з автоматичним переключенням з одного фідера на інший у випадку зникнення напруги.

Наявність обчислювальних засобів у складі систем ЕЦ потребує додаткові вимоги до електроживлення. Нажаль, параметри електромереж не завжди відповідають нормі, тому питання про гарантоване живлення системи у випадку виникнення пошкоджень електромереж. До пошкоджень відносяться любі від-

хилення від параметрів напруги живлення від встановлених стандартом значень [19].

Основними пошкодженнями мережі живлення є: аварії мережі (повне зникнення напруги); довгострокові та короткострокові стрибки; високовольтні імпульсні перешкоди напруги; високочастотний шум; вибіг частоти.

Електронне обладнання комп'ютерних систем ЕЦ в процесі експлуатації опиняється під дією різних електромагнітних перешкод, більша частина яких розповсюджується по колах електроживлення. Застосування двох незалежних фідерів дозволяє тільки значно знижує ймовірність повного зникнення напруги мережі, але залишається залежність від якості цієї напруги.

Ці фактори можуть визвати не тільки збої у роботі комп'ютера або й іншого електронного обладнання і втрату даних, але й незворотні процеси руйнування програмного продукту, а також вихід з ладу апаратури. За даними статистики 75% всіх пошкоджень мікропроцесорних пристроїв виникає по причині перенапружень. Статистика також засвідчує, що по причинам, які пов'язані зі збоями в електромережі, в 75% випадків виникає втрата інформації та в 65% виходить з ладу електронне обладнання. Викривлене, нестабільне електроживлення системи негативно діє на файл-сервери, робочі станції та апаратуру мережі (концентратори, маршрутизатори, комутатори, мости). Так, з пониженням напруги збільшується струм споживання, у результаті росте температура в середині корпусу системного блоку, модемів та інших периферійних пристроїв. Підвищена температура значно скорочує строк служби багатьох елементів, призводить до виходу з ладу напівпровідникових елементів. Наприклад, перенапруги з амплітудою від десятків вольт до декількох кіловольт, які виникають внаслідок процесів комутації або при дії електростатичних розрядів, є "смертельними" для внутрішніх мікроелементів мікросхем та процесорів. По даним звичайні транзистори (дискретні елементи) можуть витримувати напругу електростатичного розряду в 70 разів більшу, ніж, наприклад, мікрочип пам'яті (EPROM) мікропроцесорної системи. Саме гірше те, що випадкові збої у роботі мікропроцесора, які виникли у результаті дії електромагнітних шумів,

можуть бути тимчасовими, такими як самовільна зміна змісту оперативної пам'яті (RAM) і регістрів, а внутрішні пошкодження можуть носити внутрішній характер. Обидва ці види пошкоджень не виявляються ніякими тестами та можуть проявлятися у самі несподівані моменти. Тому у зв'язку з низькою стійкістю даного обладнання до перехідних процесів та перенапруг треба пред'явити жорсткі вимоги до захисту від електромагнітних перешкод [20].

Існує два підходи використання пристроїв безперебійного живлення (ПБЖ) в комп'ютерних ЕЦ.

Перший підхід, який використовується, наприклад, в РПЦ "ДИАЛОГ", використовує живлення від ПБЖ тільки обчислювальних засобів, а всі інші пристрої ЕЦ (реле, стрілки, сигнали) з'єднані з традиційними панелями живлення. У цьому випадку для кожного (основного та резервного) комплектів АРМ ДСП, для АРМ ШН встановлюються індивідуальні малопотужні ПБЖ з тривалістю живлення 10-15 хв. при зникненні гарантованої напруги. Неперервність функціонування комп'ютерного обладнання поєднання з ЕЦ забезпечується подачею постійного струму напругою 24 В з акумуляторним резервом від контрольної батареї поста ЕЦ.

Головний недолік традиційних панелей у складі безбатарейної системи живлення – при зникненні живлення зовнішніх фідерів від акумуляторного резерву забезпечується живлення тільки реле. Нормальна дія інших пристроїв припиняється: відсутній контроль положення стрілок, не переводяться стрілки з двигунами змінного струму та порушується світлофорна сигналізація на станції, за виключенням вхідних світлофорів. Вважається, що припинення роботи ЕЦ по причині відсутності електроенергії не тягне за собою погрози порушення умов безпеки процесу перевезень. Але все ж таки тут є ряд недоліків, так як персонал повинен регулювати рух без технічних засобів, що, крім того, призводить до втрати в русі із-за перевodu станції на курбельне керування.

Умовою безперебійної роботи ЕЦ є постійне електроживлення. Тому другий підхід заснований на використанні у складі системи живлення потужних ПБЖ, які повністю забезпечують електроживлення всіх пристроїв ЕЦ не менше

ніж на протязі 1 години. Така тривалість обумовлена середнім нормативом часу прибуття обслуговуючого персоналу для усунення відмови.

Таким чином проектується системи живлення систем для РПЦ ЕЦ- МПК, МПЦ ЕЦ-ЄМ, Ebilock 950. Звідси виникає висновок, що дані ЕЦ мають більш надійні системи живлення, тому краще було б перевести РПЦ “ДИАЛОГ” на другий варіант електроживлення. Цей аспект також треба враховувати при проектуванні та впровадженні новітніх систем ЕЦ на залізницях України.

Пристрої безперебійного живлення повинні вирішувати дві основні задачі : забезпечення необхідної якості електроенергії та виконання ролі резервного джерела енергії у випадку повного зникнення (або відхилення за межі встановлених норм) вхідної напруги.

3.2. Підвищення надійності ДБЖ

Структурна схема та режими роботи on-line ДБЖ

У електроживленні сучасних систем використовуються: селективний три-ступеневий захист від грозових і комутаційних перенапруг; необслуговувані акумуляторні батареї; телеметрія і віддалений моніторинг. Здійснюється контроль якості електроенергії, дистанційний облік. Застосовується високонадійна елементна база. Ці системи забезпечують роботу ЕЦ протягом двох годин при перервах зовнішнього електропостачання.

Для забезпечення стабільного, з необхідними параметрами, живлення апаратури МПЦ Ebilock-950 в системі електроживлення використовується ДБЖ з подвійним перетворенням енергії on-line ДБЖ. Структурна схема онлайн ДБЖ, які використовуються на залізницях України показана на рис. 3.1.

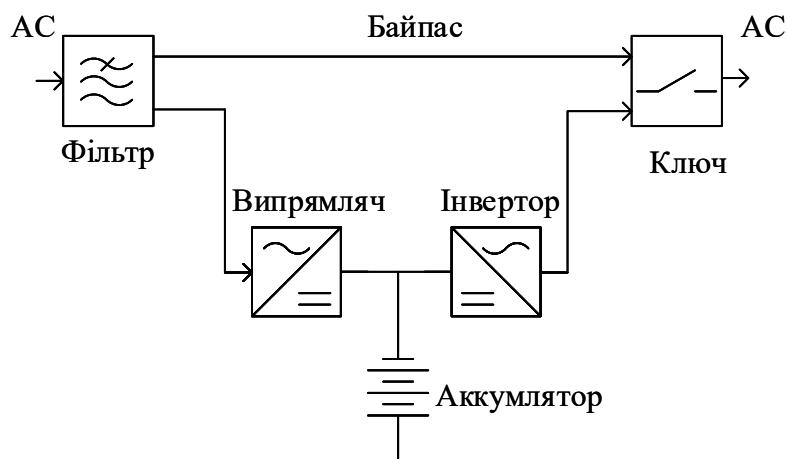


Рисунок 3.1 – Структурна схема on-line ДБЖ

На вході ДБЖ з подвійним перетворенням енергії знаходиться блок захисту від високої напруги. Його завдання захистити навантаження і сам ДБЖ від високовольтних імпульсів, що виникає при ударі блискавки поблизу ЛЕП і відключати безперервне живлення від мережі в разі тривалої присутності високої напруги на вході. Наступним використовується випрямляч, функція якого перетворювати змінний струм електричної мережі в постійний струм, який можна постачати акумуляторну батарею та інвертор. Інвертор перетворює напругу постійного струму в напругу змінного струму. Байпас (проходить наскрізь) – це спеціальна лінія, яка дозволяє при необхідності живити навантаження безпосередньо від електричної мережі. Для перемикавання на роботу через байпас служить статичний перемикач.

Байпас також називають статичним байпасом, в деяких невеликих on-line ДБЖ він шунтується механічним реле. ДБЖ цього типу двічі перетворюють весь потік потужності: спочатку з змінного струму в постійний струм, а потім назад. В результаті перетворень на виході ДБЖ з подвійним перетворенням з'являється напруга з необхідними параметрами для роботи апаратури МПЦ.

ДБЖ накопичує електроенергію в акумуляторних батареях розташованих в його корпусі. Це дозволяє ДБЖ здійснювати електроживлення навантаження, навіть якщо напруга електромережі на вході повністю відсутня.

Режим роботи від мережі, через випрямляч і інвертор. Якщо в мережі є "нормальна" напруга, то вся потужність, споживана навантаженням, проходить

через випрямляч ДБЖ. Випрямляч перетворює напругу електричної мережі в стабілізовану напругу постійного струму. Вона використовується для зарядки акумуляторної батареї і для живлення інвертора. Інвертор перетворює напругу постійного струму в напругу змінного струму, яким і живиться навантаження.

Випрямляч ДБЖ з подвійним перетворенням видає стабілізовану напругу постійного струму. Незалежно від величини напруги змінного струму на вході випрямляча, напруга постійного струму на його виході зберігається постійною. Напруга залишається стабільною тільки тоді коли вхідний напругу не виходить за рамки дозволеного діапазону допустимої напруги. Цей діапазон

Діапазон вхідних напруг ДБЖ з подвійним перетворенням on-line ДБЖ не залишається постійним. Його величина залежить не тільки від конкретної моделі ДБЖ, але і його навантаження. Якщо онлайн ДБЖ працює на навантаження в 2-3 рази менше допустимого, то він здатний працювати від мережі, навіть якщо напруга в мережі не перевищує 50-70% номінальної.

Якщо напруга електричної мережі стає менше нижньої межі або вище верхньої межі діапазону вхідних напруг, то випрямляч вже не може підтримувати задану напругу постійного струму на виході. Напруга постійного струму на виході випрямляча зменшується і стає нижче напруги зарядженої акумуляторної батареї ДБЖ. Інвертор починає частково житися від батареї, а батарея починає розряджатися. При подальшому зменшенні напруги або якщо напруга в мережі пропадає, інвертор починає повністю житися від акумуляторної батареї - ДБЖ переходить на режим роботи від батареї.

Режим роботи від акумуляторної батареї. При роботі від акумуляторної батареї, вона є єдиним джерелом живлення для ІБП і навантаження. Навантаження забезпечується стабілізованою напругою змінного струму синусоїдальної форми. Частота вихідної напруги стабілізована інвертором.

У разі тривалої відсутності напруги електромережі, вихідний конвертор перестане працювати, коли батарея повністю розрядиться. Починаючи з цього моменту ДБЖ більше не в змозі забезпечувати електроживлення навантаження.

Якщо напруга електромережі буде відновлена в межах допустимого рівня,

то знову буде забезпечене електроживлення вхідного конвертора від мережі і почнеться підзарядка батарей, щоб вони були здатні підтримувати електроживлення навантаження в разі перебоїв електромережі в майбутньому .

Режим роботи через байпас. При виході з ладу інвертора або його перевантаження, спрацьовує перемикач (розмикається лінія "інвертор-навантаження" і замикається лінія "байпас-навантаження") і навантаження продовжує живитися від мережі. Випрямляч продовжує заряджати акумуляторну батарею, інвертор працює в режимі холостому ходу.

Якщо причина роботи через байпас вихід з ладу інвертора, то цей режим роботи може тривати невизначено довго, наприклад, до закінчення ремонту інвертора або вимикання ДБЖ. Якщо ДБЖ працює через байпас через перевантаження, то відразу після зникнення перевантаження, ДБЖ перемикається на нормальну роботу - через випрямляч і інвертор. Для того, щоб перемикання на роботу через байпас відбувалося непомітно для підключеного до ДБЖ обладнання, в момент перемикання напруга на виході інвертора має бути близько до напруги в лінії байпаса .

Якщо перемикання з інвертора на байпас або назад відбудеться без синхронізації з байпасом то навантаження і інвертор можуть випробувати великий стрибок напруги , що може пошкодити обладнання, підключене до ДБЖ або інвертор. У разі якщо напруги буде в протифазі, то стрибок при перемиканні може досягти напруги 600 В. Якщо інвертор on-line ДБЖ буде синхронізовано з байпасом то стрибок при перемиканні буде мінімальним .

На даний час на більшості станцій України та інших країн, обладнаних МПЦ Ebilock-950, використовуються на лінії ДБЖ серії VN виробництва компанії GE (General Electric) Digital Energy.

ДБЖ серії VN , мають певну логіку синхронізації інвертора з байпасом (мережею). Синхронізація інвертора з електричною мережею дозволена, якщо напруга і частота мережі знаходяться в деякому встановленому діапазоні. Характерна величина діапазону по частоті - ± 2 Гц, по напрузі - $\pm 15\%$. Якщо при такому налаштування он-лайн ДБЖ, напруга мережі стає менше - 15% (187 В при

номінальному 220 В), перемикання з інвертора на байпас забороняється. Якщо частота електричної мережі виходить за діапазон (становить 47 Гц), - інвертор перестає синхронізуватися з мережею, а живить навантаження напругою з частотою рівною 50 Гц, синхронізовану з вбудованим генератором інвертора. Перемикання на байпас в цьому випадку також забороняється. Це означає, що в разі перевантаження, перемикання з інвертора на байпас не відбудеться. Для захисту інвертора ДБЖ з подвійним перетворенням відключить навантаження. Це збереже ДБЖ і захистить підключене до нього обладнання від великого стрибка напруги, але призведе до відсутності можливості управляти об'єктами на станції.

В ДБЖ з подвійним перетворенням енергії вище діапазон дозволених (для синхронізації і перемикання) частот і напруг. Якщо обладнання слабо чутливе до стрибків при перемиканні, а напруга в електричній мережі занижена, то вигідно розширити діапазон дозволених для перемикання напруг. Якщо on-line ДБЖ живиться від генератора, а обладнання не чутливе до зміни частоти, то вигідно розширити діапазон дозволених частот синхронізації. Разом це дозволяють наростити надійність онлайн ДБЖ і системи в цілому за рахунок здатності відпрацьовувати перевантаження в більш широкому діапазоні напруг і частот. Але це підвищення надійності досягається за рахунок погіршення параметрів електроживлення навантаження. При дуже чутливою навантаженні до стрибків напруги або нестабільної частоті доводиться жертвувати надійністю для підтримки на навантаженні ідеального напруги і частоти, і зменшувати діапазони напруг і частот, в яких дозволено перемикання.

On-line ДБЖ працює десятиліття. Але статичний байпас має ще одну функцію, яка використовується при кожному включенні сильно навантаженого ДБЖ - захист інвертора від перевантаження. На короткий час інвертор здатний витримувати великі струми. Допускається перевантаження при роботі від батареї 110% протягом 5 хвилин, 150% протягом 2 секунд.

При включенні споживачів, потужність яких становить десятки відсотків номінальної потужності ДБЖ, можливе перевантаження інвертора. Якщо вини-

кло перевантаження, ДБЖ для запобігання свого інвертора від перевантаження перемикається на роботу через байпас. Через кілька секунд ДБЖ знову перемикається на роботу від інвертора. Цей режим роботи оберігає інвертор від виходу з ладу та збільшує загальну надійність системи, але зменшує термін роботи акумуляторів.

Технічні заходи стабілізації напруги що надходять на ДБЖ

Для економії коштів на деяких станціях ДБЖ безпосередньо підключають до електроживлячої установки релейної централізації, яку залишають від попередньої системи електричної централізації. В результаті чого на ДБЖ приходить в недостатній мірі стабілізовану напругу живлення. Через те що параметри електроживлення з виходу живильної установки старої системи найчастіше відрізняються від параметрів пристроїв живлення МПЦ-У. При перепадах напруги або при відхиленнях від номінально допустимих параметрів вхідної напруги і частоти ДБЖ перемикається на живлення від акумуляторних батарей, як показують спостереження на станціях обладнаних електроживленням за таким принципом. Такі перемикання негативно позначаються на роботі акумуляторних батарей і з-за чого їх термін роботи з 10 років скорочується до 1-3 років.

Для стабілізації параметрів вхідної напруги пропонуємо удосконалити систему установкою на вході ДБЖ мережевого фільтра і стабілізатора напруги, який попередньо буде усувати перепади напруги, стабілізувати напругу і відсікати перешкоди різних типів. Схема вдосконалення системи електроживлення на станції дозволить підвищити надійність ДБЖ та збільшити наробіток акумуляторних батарей. Мережевий фільтр забезпечить захист від тривалого підвищення або зниження напруги в мережі, впливу імпульсних перешкод, а також для захисту від високої напруги.

Найбільш ефективний проти мережевих перешкод є LC - фільтр. Котушка в такому фільтрі підключена послідовно, а конденсатор підключений паралельно навантаженню. Номінальна напруга конденсатора вибирається з подвійним запасом щодо напруги мережі, щоб врахувати перепади нестабільної напруги в мережі.

Резонансна частота фільтра може знаходитися в межах 1,5-300 МГц; широкосмгові фільтри забезпечують усунення перешкод у всьому зазначеному діапазоні. У фільтрах використовуються високочастотні конденсатори й індуктивності з сердечниками або без сердечників.

Для захисту від низькочастотних перешкод в мережевому фільтрі застосовується активний опір котушок індуктивності, або окремі резистори, які також розташовуються послідовно навантаженню. Резистор для придушення низькочастотних перешкод вибирається опором до 1 Ом.

Імпульсний короткочасні перешкоди усуваються варистором, який при низькій напрузі працює як резистор великого опору, не пропускаючи при цьому струм. При зростанні напруги до рівня номінального, то опір варистора різко знижується, і він починає пропускати імпульси струму. Він здатний працювати з струмом до 40-80А. Недоліком варистора є його старіння після кожного розряду і, отже, перегріву, що скорочує час їх служби до декількох років.

У фільтрі використовуються конденсатори C1, C2, C3, C4, C9, C10, C11, C12 – типу КПБ - ємністю 0022 мкФ - розраховані на напругу 500 В, а також C5, C6, C7, C8, C13, C14, C15, C16 – типу КТП-3 - ємністю 0,015 мкФ - розраховані на напругу 500 В. Неонова лампочка VL1 типу ТН - 0,2 служить індикатором наявності живлення в мережі. Варистор – S20K390 (250 В) використовуються для надмірності захисту по напрузі. Дроселі L1 і L1* намотані подвійним мережевим дротом в ізоляції на сім, складених разом плоских феритових стрижнях для магнітної антени. Загальний перетин магнітопроводу 4,2 см².

Дроселі L1 і L1* можуть бути намотані і на феритових кільцях проникністю 400 - 2000 НН. Його поперечний переріз вибирається з розрахунку 0,25 см² на 100 Вт, споживаної з мережі потужності, з метою уникнення підмагнічування через асиметрію напруги.

У нашому випадку потужність дорівнює максимальний (по перетину) і становить:

$$P_{\max} = \frac{4,2 \cdot 100}{0,25} = 1680 \text{ Вт} \quad (3.1)$$

Дроселі L2 - L2*, і L3 - L3* намотані проводом діаметром 1,5 мм². Максимальний струм визначається за формулою:

$$I_{\max} = \frac{d \cdot j}{1,28}, \text{ A} \quad (3.2)$$

де, d - діаметр проводу, мм;

J - щільність струму, А/мм², яку можна прийняти 4 ... 6 А / мм².

При щільності струму 4,5 А/мм² максимальний струм складе:

$$I_{\max} = \frac{1,5^2 \cdot 4,5}{1,28} = 7,91 \text{ A}$$

а потужність:

$$P = U \cdot I = 220 \cdot 7,91 = 1740 \text{ Вт} \quad (3.3)$$

Можна припустити, що потужність фільтра може досягати 2000 Вт, так як він розрахований з деяким запасом. Даний мережевий фільтр можна буде підключити до ДБЖ серії VH з потужністю 2000 Вт, при комп'ютерному навантаженні. Тому можна вважати що даного мережевого фільтра вистачить для підключення в схему живлення системи об'єктних контролерів.

Таким чином наш мережевий фільтр, складається з трьох секцій, кожна з яких з деяким перекриттям працює в певній смкзі частот - L3 - L3* – в області верхніх частот, L2 - L2* – в області середніх частот, L1 і L1* – в області нижніх частот.

Розглянемо принцип роботи запропонованого мережевого фільтра. Фільтр підключається між електроживлячою установкою і ДБЖ. На вхід мережевого фільтра поступає вхідна напруга з перешкодами, також присутні імпульсні короткочасні перешкоди. За допомогою варистора R2 ці перешкоди частково згладжуються, але ще залишаються високочастотні перешкоди, які поступають на режекторний фільтр, який складається з трьох секцій. Так як фільтр налаштований на частоту 50 Гц, то з виходу режекторного фільтра отримуємо «чисту» напругу без перешкод. Для запобігання коротким замиканням в схемі передбачено запобіжники на струм до 10А. Також в процесі роботи при наявності живлення та при умові замкнення ключа S1 горить неонові лампочка VL1, чим

сигналізує про наявність живлення. В ланцюзі неоновій лампи встановлений резистор R1 на 270 кОм, для того щоб лампочка не перегоріла від високої напруги.

Функціональну схему роботи пристрою можна відобразити з допомогою діаграми. На ній показано проходження змінного струму через функціональні вузли і блоки фільтра, згладжування сторонніх різномірних перешкод і виділення на вихід якісної напруги.

Ще одним із факторів що стосуються електроживлення систем МПЦ є децентралізоване розміщення апаратури. Більшість сучасних систем можуть виконуватись як з централізованим так і з децентралізованим розміщенням контролерів. Такі системи як МПЦ-С, МПЦ-У, МПЦ ЕЦ-ЄМ, EbiLock 950 розміщують в цьому випадку систему об'єктних контролерів в шафах, які розміщуються в горловинах станції. Така структура має ряд переваг та вважається зараз пріоритетною при впровадженні. Живлення до шаф підводиться від поста ЕЦ по окремій лінії від надійних джерел живлення. Але при порушенні лінії живлення, половина станції залишиться без керування та контролю. Для підвищення надійності роботи МПЦ пропонується додатково підводити живлення до шаф контролерів від ліній ВЛ СЦБ через ПБЖ.

3.3 Модернізація схеми маневрової колонки для ув'язки з системою МПЦ-У

Аналіз роботи схеми керування маневровою колонкою на релейній елементній базі

Розглянемо роботу схеми при передачі стрілок непарної горловини на місцеве управління. Якщо станція знаходиться на диспетчерському управлінні, то передача стрілок на місцеве управління можливе по наказу МУН(місцеве управління непарної горловини) поїзного диспетчера, який передається по каналу ТУ, а якщо станція знаходиться на резервному управлінні, то при натисканні кнопки НВМ черговим по станції. В результаті цих дій спрацює реле НУРМ,

яке включає реле НРМ. Через контакт реле НУРМ на табло поста ЕЦ в мигаючому режимі працює лампочка НВМ включення місцевого управління.

В колі реле НРМ перевіряється відсутність маршрутів приймання та відправлення в даній горловині станції, відсутність маршрутів приймання в протилежній горловині. Відсутність маневрової роботи з виїздом на перегін, виключення положення рукоятки сприйняття на маневровій колонці. Реле НРМ, спрацювавши, виключає встановлення ворожих маршрутів, підключає стрілочне управляюче реле к полюсу ПХМ(рис.3.2) джерела живлення та переключає на імпульсну роботу реле МГ1. На щітку маневрової колонки через трансформатор ЗТ включаються лампочки контролю положення стрілками та лампа освітлення, а через контакт МГ1 та трансформатор 1Т – червона лампочка над рукояткою РВ.

Складач виконуючий маневри, получив розрішення на місцеве управління стрілками с маневрової колонки, повинен встановити стрілочні рукоятки в положення, відповідне положенню стрілок, а потім повернути рукоятку сприйняття. Це приводє до спрацювання реле НРВ, яке виключає реле НМИ – виключаючи реле місцевого управління, після цього включається децентралізоване реле НД, в колі якого перевіряється відповідність положення стрілок та стрілочних рукояток на щітку управління маневрової колонки.

Через замкнутий фронтовий контакт реле НД на табло ДСП лампа НВМ включається і постійно світиться, а на щітку маневрової колонки загорається біла лампочка над рукояткою РВ, що свідчить про завершення передачі стрілок на місцеве управління.

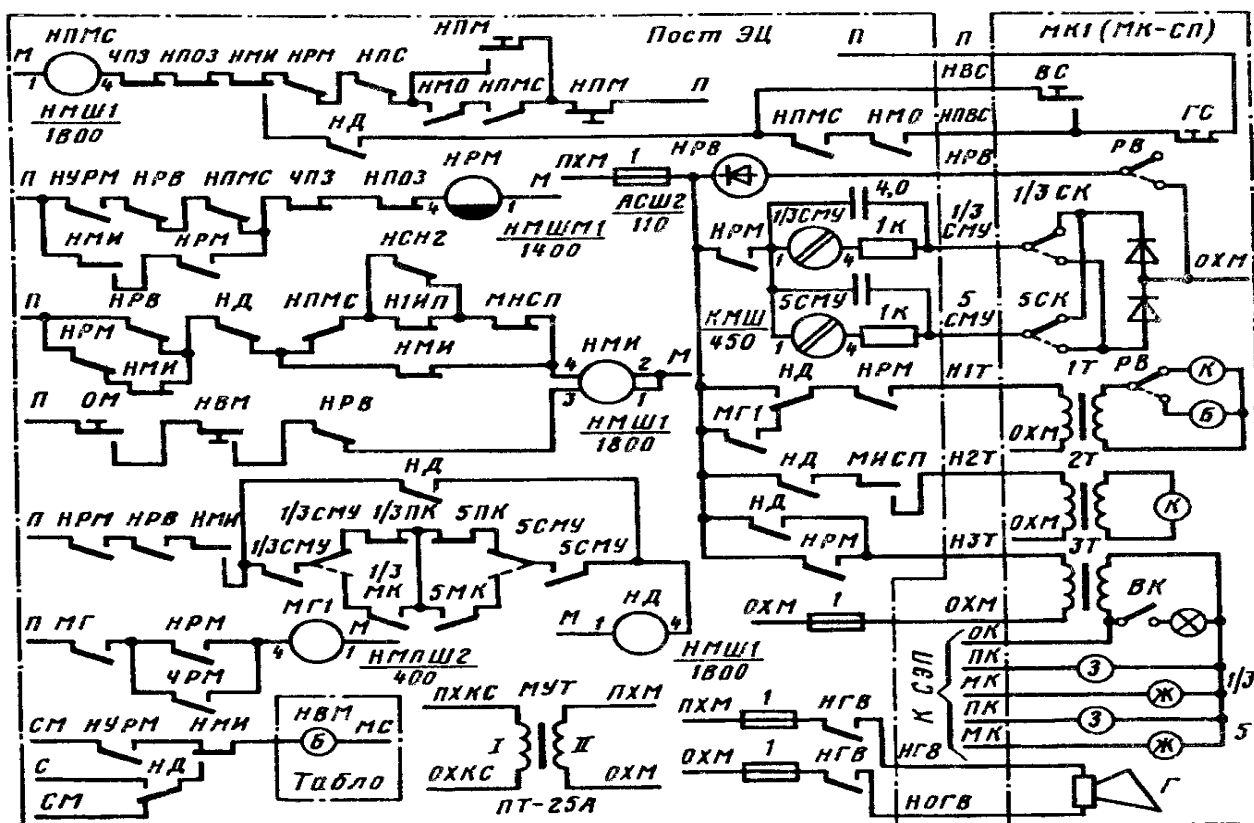


Рисунок 3.2 – Схема передачі стрілок на місцеве управління

Керуючі кола стрілок (рис.3.3), переданих на місцеве управління, контактами реле НМІ відключаються від органу центрального управління, а фронтовими контактами реле НД підключаються до контактів реле СМУ. Контакти нейтрального якоря реле СМУ фіксує наявність передачі даної стрілки на місцеве управління, а контактами поляризованого якоря – напрямлення потрібне для переведення стрілки з маневрової колонки при поверненні стрілочної рукоятки. Якщо реле СМУ отримує живлення прямої полярності, то стрілка переводиться в плюсове положення, а якщо живлення зворотної полярності – в мінус.

ливо тільки при одночасному натисканні кнопки ОМ(відміна маневрів) та витягування кнопки НВМ на пульті резервного управління поста ЕЦ.

В системі МПЦ-У така підсистема, як переведення стрілок і сигналів на місцеве управління відсутня, тому і вирішив розширити функціональні можливості, та розробити підсистему яка дає можливість переведення стрілок і сигналів на місцеве управління.

Для модернізації маневрової колонки та ув'язки її з пристроями ЕЦ використовувався мікроконтролер фірми ATmel тип ATmega16. Цей мікроконтролер (МК) був вибраний через необхідну кількість портів вводу-виводу, що зменшує кількість елементів в схемі, та дає можливість управляти стрілками, світлофорами, виводити індикацію стану ізольованих ділянок та світлофорів. Для зв'язку між пристроями використовується всього три кабельні жили, що приводить до економії кабелю так як при виконанні підключення маневрової колонки по альбому ЕЦ – 8 для ув'язки маневрової колонки з пристроями ЕЦ використовувалось чи мало кабельних жил. Зв'язок між МК маневрової колонки та МК станції організовано по протоколу UART зі швидкістю передачі даних 9600 бот. Структурна схема ув'язки маневрової колонки з пристроями ЕЦ приведена на кресленні 3.4.

Робота маневрової колонки на мікроконтролері

Розглянемо роботу маневрової колонки по станції з якої можна управляти стрілками №11, 13, 17. Складач поїздів планує управляти стрілками №11, 13, 17, тоді він визиває чергового по станції та бере дозвіл на передачу управління стрілками №11, 13, 17 з маневрової колонки, якщо у чергового по станції рейкові кола та стрілка вільна від маршрутів він дає дозвіл натискаючи кнопку «Розрішення» і повідомляє про це складача вагонів. Складач в свою чергу отримавши від чергового по станції дозвіл на управління стрілкою з маневрової колонки. В нього на щитку управління починає мигати чарунка червоним кольором над рукояткою «сприйняття» що свідчить про дозвіл взяття стрілки на місцеве управління. Після цього складач повертає рукоятку «сприйняття», на щитку управління чарунка червоного кольору гасне, після чого вона загорається

жовтим кольором, що свідчить про можливість здійснення управління стрілкою з маневрової колонки. Після цього на щітку управління маневрової колонки він зможе контролювати положення стрілок та здійснювати управління цими стрілками, контролювати вільність ізольованих ділянок 11-17СП, М10П, М11П, також контролювати та управляти маневровими світлофорами М25, М23, М19, М9, М11. Управління стрілкою №17 відбувається шляхом натисканням кнопки положення стрілки (+) або (-). Після натискання кнопки (+) через її замкнуте положення поступає мінус на підтягуючий резистор R1 з резистора цей полюс поступає на порт «PB0» мікроконтролера, після опрацювання програмою на порт «TXD» поступає двійковий код «01011010» і транслюється в лінію зв'язку з чистотою 1МГц. На станції встановлено приймач цього коду, який складається з вхідного фільтру та мікроконтролера. Працюють вони наступним чином. Коли на вхід вхідного фільтру приходить сигнал він спочатку проходить через фільтр низької частоти зрізається всі частоти які знаходяться нижче потрібної частоти 1МГц, з виходу фільтра нижніх частот сигнал поступає на вхід фільтра верхніх частот де зрізаються всі частоти які вище потрібної частоти. Після фільтрів сигнал поступає на вхід мікроконтролера «RXD», після опрацювання програмою коду на вихідному порту PA0 мікроконтролера з'являється високий потенціал який призводить до підживлення реле 17МПК, яке в свою чергу підключає кола живлення переводу стрілки з мінусового положення в плюсове. Коли стрілка переведеться і дасть контроль в плюсовому положенні, контактами реле 17ПК. Після замикання контакту реле 17ПК через її замкнуте положення поступає мінус на підтягуючий резистор R1 з резистора цей полюс поступає на порт «PB0» мікроконтролера після опрацювання програмою на порт «TXD» поступає двійковий код «10010011» і транслюється в лінію зв'язку з чистотою 1МГц. В маневровій колонці встановлено приймач цього коду, який складається з вхідного фільтру та мікроконтролера. Працюють вони наступним чином. Коли на вхід вхідного фільтру(розрахунок та схема фільтру приведені нижче) приходить сигнал він спочатку проходить через фільтр низької частоти зрізається всі частоти які знаходяться нижче потрібної частоти 1МГц, з виходу філь-

тра нижніх частот сигнал поступає на вхід фільтра верхніх частот де зрізаються всі частоти які вище потрібної частоти. Після фільтрів сигнал поступає на вхід мікроконтролера «RXD», на вихідному порту PB1 мікроконтролера з'являється високий потенціал який поступає на вихід світло діода який відповідає плюсовому положенню. Переведення стрілки з плюсового положення в мінусове здійснюється аналогічно переведенню стрілки в плюсове положення.

Управління маневровими світлофорами виконується наступним чином, наприклад складачу поїздів необхідно приготувати маршрут від М25 за М9. Він переконується у вільності ізольованих ділянок 11-17СП та М11П за згаслим станом цих чарунок. Після цього він встановлює стрілки по маршруту, коли він баче відповідний контроль положення стрілок 17 (+), 13(–), 11(–), що контролюється зеленою та жовтими лампочками положення стрілок відповідно. Тільки після цього він натискає кнопку маневрового світлофора М25. Після натискання кнопки М25 через її замкнуте положення поступає мінус на токоограничуючий резистор R3 з резистора цей полюс поступає на порт «PD4» мікроконтролера, який через порт «TXD» в свою чергу передає двійковий код «00101111» в лінію зв'язку з чистотою 1МГц. На станції встановлено приймач цього коду, який складається з вхідного фільтра та мікроконтролера. Працюють вони наступним чином. Коли на вхід вхідного фільтра приходить сигнал він спочатку проходить через фільтр низької частоти зрізається всі частоти які знаходяться нижче потрібної частоти 1МГц, з виходу фільтра нижніх частот сигнал поступає на вхід фільтра верхніх частот де зрізаються всі частоти які вище потрібної частоти. Після фільтрів сигнал поступає на вхід мікроконтролера «RXD», на вихідному порту «PD4» мікроконтролера з'являється високий потенціал який поступає на вхід блоку МБФ-1, що призводить до підживлення реле М25, яке в свою чергу підключає кола управління світлофором. Коли сигнальне реле світлофора М25 встане під струм і дасть контроль, контактами реле М25С. Після замикання контакту реле М25С через її замкнуте положення поступає мінус на токоограничуючий резистор R4 з резистора цей полюс поступає на порт «PD5» мікроконтролера, який через порт «TXD» в свою чергу передає двійковий код

«00111001» в лінію зв'язку з чистотою 1МГц. В маневровій колонці встановлено приймач цього коду, який складається з вхідного фільтру та мікроконтролера. Працюють вони наступним чином. Коли на вхід вхідного фільтру (розрахунок та схема фільтру приведені нижче) приходить сигнал він спочатку проходить через фільтр низької частоти зрізається всі частоти які знаходяться нижче потрібної частоти 1МГц, з виходу фільтра нижніх частот сигнал поступає на вхід фільтра верхніх частот де зрізаються всі частоти які вище потрібної частоти. Після фільтрів сигнал поступає на вхід мікроконтролера «RXD», на вихідному порту «PD5» мікроконтролера з'являється високий потенціал який поступає на вихід світло діода який відповідає відкритому положенню світлофора М25. Відкриття інших світлофорів здійснюється аналогічно.

Контроль стану ізолюваних ділянок виконується таким чином. При вільній ізолюваній ділянці її колійні реле знаходиться під струмом чим контролюється вільність ізолюваної ділянки. Через замкнуте положення контактів загального повторювального реле 11-17СП поступає мінус на токоограничуючий резистор R5 з резистора цей полюс поступає на порт «РА0» мікроконтролера, який через порт «TXD» в свою чергу передає двійковий код «10111110» в лінію зв'язку з чистотою 1МГц. В маневровій колонці встановлено приймач цього коду, який складається з вхідного фільтру та мікроконтролера. Працюють вони наступним чином. Коли на вхід вхідного фільтру (розрахунок та схема фільтру приведені нижче) приходить сигнал він спочатку проходить через фільтр низької частоти зрізається всі частоти які знаходяться нижче потрібної частоти 1МГц, з виходу фільтра нижніх частот сигнал поступає на вхід фільтра верхніх частот де зрізаються всі частоти які вище потрібної частоти. Після фільтрів сигнал поступає на вхід мікроконтролера «RXD», на виході порту «РА0» мікроконтролера з'являється низький потенціал який йде на вихід світло діода який в згаслому стані чим контролюється вільність. Зайнятість ізолюваної ділянки 11-17СП відбувається при знеструмленні колійних реле та появи на вихідному порту «TXD» коду «11001000», тоді мікроконтролер в маневровій колонці цей код розшифрує тоді на виході порту «РА0» мікроконтролера з'явиться високий потенціал,

який поступить на вивід світло діода і він засвітиться червоним кольором що свідчить про зайнятість ізольованої ділянки. Таблиця команд та кодів з портами на яких здійснюється зміна станів від датчиків з посилкою відповідного коду наведено в таблиці 3.1.

Завдяки цій підсистемі ми змогли переводити стрілки та управляти сигналами в горловині станції, та зменшили ймовірність появи похибки, також ця підсистема дає змогу з економити велику кількість кабелю порівняно з класичними системами, що робить цю підсистему дешевшою.

3.4 Розрахунок фільтрів для каналу зв'язку в децентралізованих системах МПЦ

В децентралізованих системах МПЦ, таких як МПЦ-С, МПЦ-У, МПЦ ЕЦ-ЄМ, Ebilock 950 апаратуру розміщують в шафах, які розміщуються в горловинах станції. Там розташовані об'єктні контролери які виконують керування та контроль напільними пристроями. Їх зв'язок з МПЦ на посту ЕЦ може виконуватись як по оптоволоконній лінії, так і по звичайних жилах кабелю. Для підвищення завадостійкості каналу та зменшення ймовірності появи похибки в коді пропонується встановлювати фільтр низької частоти (ФНЧ) та фільтр високої частоти(ФВЧ), щоб пропускати необхідну частоту та зменшити вплив перешкод. На рис 4.1. зображена схема вхідного фільтру на операційному підсилювачі. Для реалізації фільтру було вибрано операційний підсилювач(ОП) типу К157УД2. В корпус даної мікросхеми входе два ОП, що і дає можливість на одній мікросхемі з додатковим підключенням опорів та ємностей отримати фільтр низької та високої частоти для якого виконані розрахунки.

Операційні підсилювачі є представниками групи аналогових інтегральних схем, що виконують перетворення неперервних сигналів. У операційного підсилювача (ОП) дуже великий коефіцієнтом посилення (~ 105) по постійному (або низькочастотному) струму, високий вхідний опір (103-106 Ом) і малий вихідний (від декількох ом до сотень ом). Для живлення операційного підсилювача необхідні два однакових джерела з середньою точкою (загальна напруга не більше 40 В). Оскільки в схемах зазвичай використовуються операційні підси-

лювачі зі зворотним зв'язком (негативної або позитивної), то залежно від параметрів кола можуть бути досягнуті різні характеристики підсилювача. Так, негативний зворотній зв'язок зменшує коефіцієнт посилення, але забезпечує його стабільність, усуваючи спотворення і згладжуючи частотну характеристику підсилювача. З іншого боку, зворотний зв'язок може бути виконаний частотної або амплітудно-залежно, коли коефіцієнт посилення буде повторювати цю залежність. Такі прийоми широко використовуються при створенні фільтрів і різного роду перетворювачів аналогових сигналів [22].

Виконаємо розрахунок запропонованих фільтрів для системи Ebilock 950, де зв'язок центрального поста і об'єктних контролерів виконано на частоті 1000 кГц.

Для фільтру нижніх частот

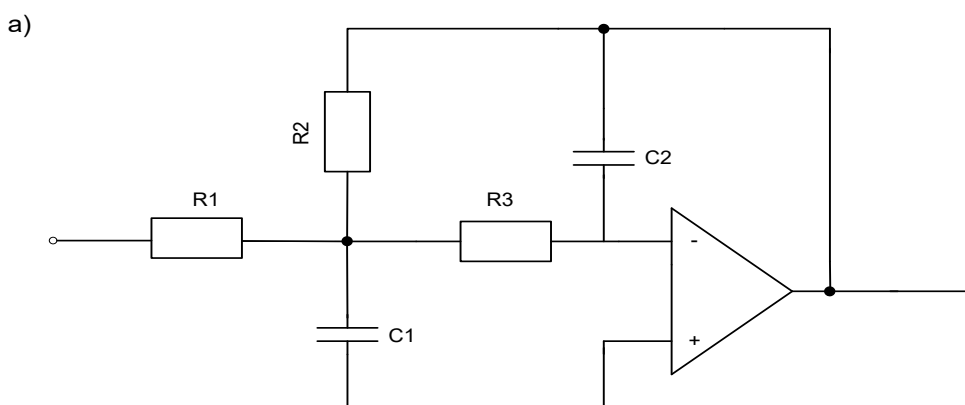


Рисунок 3.4 – Фільтр низьких частот

$$\text{частота зрізу :} \quad f_0 = 0,45 / (R_1 C_1) \quad (3.4)$$

$$\text{якщо прийняти} \quad R_1 = 2 R_2, R_3 = R_1, C_1 = 4 C_2 \quad (3.5)$$

Тоді при номінальних значеннях параметрів R і C можна порахувати значення частоти зрізу.

$$\text{Якщо:} \quad R_1 = R_3 = 10 \text{ кОм}, R_2 = 20 \text{ кОм}, C_1 = 45 \mu\text{Ф}, C_2 = 180 \mu\text{Ф}$$

$$\text{тоді} \quad f_0 = \frac{0,45}{R_1 C_1} = \frac{0,45}{10 \cdot 10^3 \cdot 44 \cdot 10^{-12}} = 1022 \text{ кГц}$$

Для фільтра високих частот

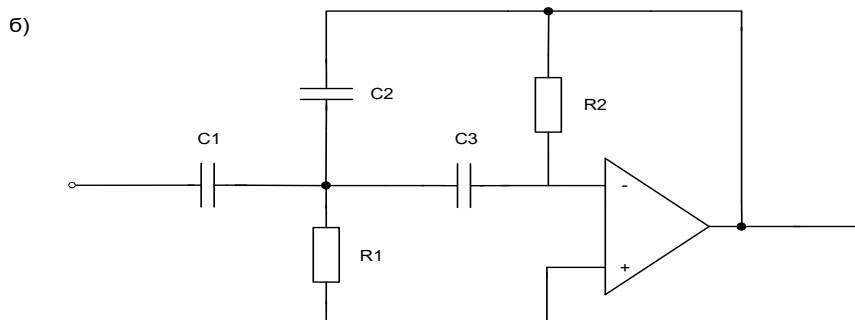


Рисунок 3.5 – Фільтр високих частот

частота зрізу :

$$R_2 = 4 R_1, C_1 = C_2, C_3 = 2 C_2 \quad (3.6)$$

якщо

$$f_0 = 0,225(R_2 C_2) \quad (3.7)$$

При номінальних значеннях R і C рахую значення частоти зрізу.

Якщо: $R_1 = 230\text{Ом}$, $R_2 = 110\text{Ом}$, $C_1 = C_2 = 10\text{нФ}$, $C_3 = 20\text{нФ}$

тоді

$$f_0 = \frac{0,225}{23 \cdot 10 \cdot 10^{-9}} = 978260\text{Гц} \approx 980\text{кГц}$$

Після виконання розрахунків фільтрів НЧ та ВЧ ми можемо визначити полосу пропускання, яка становить 980кГц – 1022кГц. Така полоса пропускання задовольняє нашим вимогам. Використання додаткових фільтрів дозволить зменшити спотворення інформації при її передачі і тим самим підвищити надійність роботи систем МПЦ в цілому, за рахунок збільшення параметру безвідмовності системи [3].

3.5 Висновки до четвертого розділу

Використання запропонованих заходів, таких як впровадження додаткових фільтрів в каналах зв'язку контролерів та поста централізації, забезпечення додаткового живлення в шафах контролерів при децентралізованих системах МПЦ та впровадження додаткової стабілізації напруги живлення дозволить значно підвищити функціональну надійність роботи систем шляхом зменшення кількості захисних та небезпечних відмов.

ВИСНОВКИ

Магістерська робота на тему: « Підвищення функціональної надійності системи мікропроцесорної централізації МПЦ-У шляхом модернізації її апаратури » являє собою розробку методів та засобів для підвищення надійності функціонування даної системи.

Основні поставлені задачі в роботі виконані:

- виконано вибір безпечної структури підключення каналів передачі даних та пристроїв обробки інформації в системі МПЦ-У та виведені формули для визначення структур інших МПЦ;
- розроблені схеми покращення електроживлення систем МПЦ з децентралізованим розміщенням апаратури у вигляді додаткових мережевих фільтрів;
- Розроблена універсальна схема керування маневровою колонкою на мікропроцесорній елементній базі, що дозволяє використовувати її як в мікропроцесорних так і в релейних централізація;
- розроблені засоби для підвищення надійності передачі даних у вигляді фільтрів нижніх та верхніх частот,

Продемонстровано оригінальні технічні рішення для підвищення якості електроживлення. Практичним значенням даної роботи є підвищення систем МПЦ-У що вже експлуатуються шляхом впровадження запропонованих засобів. Також виведені формули для визначення безвідмовної роботи безпечних структур для будь яких систем МПЦ.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. «Правила технічної експлуатації залізниць України». – Київ, 2003 – 133 с.
2. ЦШ - 0042: Пристроїв сигналізації, централізації та блокування. Технологія обслуговування. Наказ № 347-ЦЗ від 26.04.2006. - Міністерство транспорту: Київ - 2006.
3. ЦШ - 0060: Інструкція з технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації та блокування. Наказ № 090-ЦЗ від 07.10.2009. - Міністерство транспорту: Київ – 2009.
4. Мойсеєнко, В.І. Мікропроцесорні системи залізничної автоматики. Частина 1. Централізація стрілок та сигналів [Текст] – Х.: «Транспорт України», 1999. – 148с.
5. Персняк С.С., Запорожченко Е. Г. Опытная эксплуатация системы микропроцессорной централизации ЕЦ-ЭМ // Автоматика, связь, информатика – 2001. - № 02.
6. Басов В.І., Єлисеєв В.В., Петренко О.В., Бойнік А.Б., Чепцов М.Н., Радковський С.О. Мікропроцесорна система централізації МПЦ-У: Навчальний посібник для студентів вузів залізничного транспорту. Київ., 2014. – 430 с.
7. Типові матеріали для проектування 410515-ТМП "Микропроцессорная централизация Ebilock-950" ГИПРТРАНССИГНАЛСВЯЗЬ, 2005 Альбоми 1-4.
8. В.В. Сапожников. Эксплуатационные основы автоматики и телемеханики. Москва. Маршрут, 2006. – 247с.
9. И.С. Ошурков, Р.Р. Баркаган. Проектирование электрической централизации. Москва. Транспорт, 1980. – 295с.
10. В.Р. Дмитриев, В.И. Смирнова. Электропитающие устройства железнодорожной автоматики. Справочник. Москва. Транспорт, 1983. – С 5 – 88.
11. Типові матеріали для проектування 121029-ТМП "Мікропроцесорна централізація Ebilock-950" ООО БОМБАРДЬЕ ТРАНСПОРТЕЙШН, 2014 Альбоми 1-6.

12. В.І. Мойсеєнко. Мікропроцесорні системи залізничної автоматики. Частина перша. Централізація стрілок та сигналів. ХФВ «Транспорт України», 1999. – С 59 – 86.
13. В.Л. Шилов. Популярные цифровые микросхемы. Справочник. Москва «Радио и связь», 1989, - 352с.
14. Основы технической диагностики: В 2-х кн./ Под ред. П. П. Пархоменко. – М.: Энергия, 1968 – 224 с. (62-5 О75).
15. Мозгалецкий А. В. Техническая диагностика: Непрерывные объекты [Уч. пособие для втузов] / А. В. Мозгалецкий, Д. В. Гаскаров – М.: Высшая школа, 1975 – 207 с. (62-5 М74)
16. Богомолов А. М., Твердохлебов В. А. Диагностика сложных систем. К.: Наукова думка, 1974 – 128 с. (62-50 Б74)
17. Введение в техническую диагностику. Под ред. К. Б. Карандеева, – М.: Энергия, 1968 – 224 с. (62-5 В24)
18. Литиков И. П. Кольцевое тестирование цифровых устройств. – М.: Энергоатомиздат, 1990 – 157 с. (681.5 Л64)
19. Граф Ш., Гессель М. Схемы поиска неисправностей / Пер. с нем. Л. Г. Флейшмана. Под ред. Поспелова. – М.: Энергоатомиздат, 1989 – 143 с. (681.5 Г78)
20. Технические средства диагностирования: Справочник [В. В. Ключев и др.] Под общ. ред. В. В. Ключева. – М.: Машиностроение, 1989 – 671 с. (681.5 (035) Т38)
21. Мозгалецкий А. В. Койда А. Н. Вопросы проектирования систем диагностирования. – Л. Энергоатомиздат, 1985 – (Б-ка по автоматике). (681.5 М74)
22. Пархоменко П. П., Согомонян Е. С. Основы технической диагностики. (Оптимизация алгоритмов диагностирования, аппаратные средства) / Под ред. П. П. Пархоменко – М.: Энергоатомиздат, 1981 – 319с. (681.5 П18)