

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**КАФЕДРА АВІОНІКИ**

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Павлова С.В.

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021р.

**ДИПЛОМНА РОБОТА  
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

**ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ  
“МАГІСТРА”**

Тема: «Пристрій контролю технічного стану далекоміра

регіонального пасажирського літака»

Виконавець: Кирич Антон Олегович

Керівник: доц. Лужбін Віктор Миколайович

Нормоконтролер: Левківський Василь Васильович

Київ 2021

# НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет аеронавігації, електроніки та телекомунікацій

Кафедра авіоніки

Напрямок (спеціальність) 173 «Авіоніка»  
(шифр, найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Павлова С.В.

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021р.

## ЗАВДАННЯ

### на виконання дипломної роботи

Кирнісу Антону Олеговичу

(прізвище, ім'я, по батькові випускника в родовому відмінку)

1. Тема дипломної роботи: «Пристрій контролю технічного стану далекоміра регіонального пасажирського літака». Затверджено наказом ректора
2. Термін виконання роботи:
3. Вихідні дані до роботи: Розробка пристрою контролю технічного стану далекоміра регіонального пасажирського літака, на основі існуючих аналогів, за використання мікроконтролера ATmega32U4.
4. Зміст пояснювальної записки: Розділ 1 «Загальні положення про літаковий далекомір.», Розділ 2 «Розробка приладу для контролю технічного стану далекоміра.», Розділ 3 «Розробка пристрою за принциповою схемою приладу контролю.» Розділ 4 «Охорона праці». Розділ 5 «Екологічна безпека та охорона навколишнього середовища».
5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: відповідність роботи на актуальність, визначення інцидентів під час польоту, сучасні системи контролю та їх аналоги, структурна та принципова

схема удосконаленої системи перевірки роботи далекоміра, висновки по роботі.

#### 6. Календарний план-графік

№ пор.	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1	Пошук літератури, підбір необхідних джерел для виконання дипломної роботи.		
2	Аналіз статистичних даних, пошук статей, новин, матеріалів про нещасні випадки, що трапились на авіаційному транспорті.		
3	Робота над першим розділом дипломної роботи, історія, розвиток системи DME. Роль системи на повітряному судні.		
4	Розробка розділу №2. Приклади використання системи контролю роботи далекоміра на сучасних літаках.		
5	Початок роботи над третім розділом. Підбір мікроконтролерів для розробки принципової схеми майбутнього приладу.		
6	Детальне знайомство з ATmega 32U4, його технічні характеристики та можливості застосування.		
7	Проведення теоретичних розрахунків енергетичних характеристик роботи мікроконтролера та блоку живлення.		
8	Підведення підсумків виконаної роботи, а також оформлення пояснювальної записки.		
9	Оформлення графічних матеріалів для дипломної роботи.		

8. Дата видачі завдання: «    » 2021 р.

Керівник дипломної роботи (проекту) \_\_\_\_\_

(підпис керівника)

Лужбін В.М.

(П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_  
(підпис випускника)

Кирніс А.О.  
(П.І.Б.)

## Реферат

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Пристрій контролю технічного стану далекоміра регіонального пасажирського літака»:

Ключові слова: метод вимірювання, перевірка, принцип роботи, далекомір, алгоритм, склад елементів.

Об'єкт дослідження – надзвичайна ситуація під час якої повітряне судно під час проведення ТО якого, не було виявлено несправностей, допускає збивання з курсу через неточне забезпечення інформацією екіпажу.

Предмет дослідження – ймовірність виникнення небезпечної ситуації під час аналізу даних про відстань що характеризують політ та побудову курсу польоту.

Мета дипломної роботи – модернізація системи перевірки роботи та технічного стану далекоміра регіонального пасажирського літака.

Загально відомо, що при неточності визначення відстані далекоміром до наземної антени, відбувається відхилення літака від курсу, що істотно ускладнює політ, можливість побудови курсу та головне впливає на час польоту. Такі неполадки, що виникають під час польоту вимагають використовувати при технічному обслуговуванні далекоміра точних систем перевірки його роботи.

Це пов'язано з його дуже високою надійністю, захистом від коротких замикань та перевищенням максимально допустимого струму, що призводить до добре стабілізованої напруги та автоматичного відключення всіх джерел у разі аварійного відключення.

Тож для забезпечення надійної системи автоматизації контролю можна віднести ряд моментів що мають значення самостійного застосування. Серед них можна виділити елементи контролю, дослідження та пошуку несправностей, та розробка автоматизованих компактних систем, та найголовніше питання з їх експлуатації.

Використання автоматизованих систем, що застосовують мікропроцесори, значно полегшить існуючі проблеми та неточності, тобто забезпечить високу надійність, гнучкість та зручність під час роботи, а також покращить час обробки та контроль.

Завдяки їх низькій вартості використання мікропроцесорних систем дозволяє використовувати їх практично у всіх галузях промисловості та забезпечує можливості високошвидкісних обчислень, щоб своєчасно реагувати на запити інших систем.

Сьогодні складно та неможливо уявити сучасну техніку без використання мікропроцесорної техніки. Саме тому розробка систем автоматизації процесів за допомогою використання мікроконтролерів та мікропроцесорних систем в цілому забезпечить багато переваг а також усуне ряд застарілих недоліків та виникаючих через це неполадок та збоїв. До переваг такої системи покращення можна віднести наступні аспекти:

- відносно мала вартість;
- потужніші обчислювальні можливості, що забезпечуються наявністю надійного програмного забезпечення;
- довший час експлуатації, та значно ширший діапазон доступних функціональних можливостей;
- висока точність та швидке реагування отримуваної інформації та надійна статистична обробка для забезпечення реєстрації;
- висока та швидка надійність при здійсненні технічного обслуговування, зменшення обсягу перевірок.

Беручи до уваги вище сказане, можна зробити висновок щодо доцільності застосування мікропроцесорних систем. Насамперед потрібно

щоб така система застосовувала процесор з достатнім об'ємом оперативної пам'яті, що забезпечить в свою чергу достатньою кількістю каналів зв'язку мікроконтролера та системи в цілому з об'єктом над яким буде здійснюватися контроль, це зменшить час на перевірку його стану. Також потрібним буде забезпечити систему достатньо розвиненим програмним забезпеченням, це в свою чергу забезпечить високу швидкість та адаптивність до виникаючих ускладнень при перевірці об'єкта. Не менш важливим є наявність засобів індикації, зручного інтерфейсу для подальшої обробки та реєстрації.

## ЗМІСТ

Вступ .....	9
1. Загальні положення про літаковий далекомір .....	11
1.1. Методи вимірювання відстані.....	11
1.1.1. Частотний метод.....	11
1.1.2. Імпульсний метод.....	13
1.1.3. Фазовий метод.....	18
1.2. Принцип дії далекоміра DME.....	21
1.2.1. Призначення і принцип дії далекоміра DME/P-85.....	23
1.2.2. Основні технічні дані.....	24
1.3. Склад елементів та розміщення далекоміра на літаку .....	24
1.3.1. Пристрій запиту DME/P.....	24
1.3.2. Антена АМ-001 далекоміра .....	26
1.4. Пристрої контролю та відображення інформації .....	28
1.5. Принцип роботи далекоміра.....	29
1.6. Зв'язок систем літака з далекоміром .....	30
1.7. Перевірка далекоміра на землі DME/P-85 .....	32
1.7.1. Засоби обчислення, що використовуються при вхідному контролі .....	33
1.7.2. Перевірка на похибку виміру відстані .....	34
1.7.3. Перевірка робочої частоти повторного запитуючого сигналу.....	36
1.7.4. Перевірка імпульсного рівня потужності сигналу запиту.....	37
1.7.5. Перевірка чутливості далекоміра .....	39
1.7.6. Перевірка індикації сигналу звукового пізнання ..	40
1.7.7. Перевірка параметрів індикації сигналу БЛАНК ..	41
1.7.8. Перевірка роботи режиму КОНТРОЛЬ.....	42

2.	Розробка приладу для контролю технічного стану далекоміра .....	44
2.1.	Вибір методу контролю .....	44
2.2.	Склад математичної моделі контролю далекоміра .....	45
2.2.1.	Побудова алгоритму пошуку відмов з використанням інформаційного критерія .....	48
2.2.2.	Побудова алгоритму пошуків несправностей за допомогою інженерного методу .....	53
2.2.3.	Алгоритм пошуку і його побудова по ієрархічному принципу .....	55
2.3.	Пристрій контролю системи.....	56
3.	Розробка пристрою за принциповою схемою приладу контролю...58	
3.1.	Основні відомості про апарат контролю.....	58
3.2.	Компонентний склад пристрою перевірки .....	61
3.3.	Простий перетворювач частота - напруга.....	64
3.4.	Апаратне забезпечення .....	65
3.5.	Обладнання для запису та індикації.....	70
3.6.	Блок живлення.....	71
3.6.1.	Структурна схема блоку живлення .....	72
3.6.2.	Технічні характеристики.....	73
3.6.3.	Розрахунок стабілізаторів потужності .....	74
3.6.4.	Розрахунок роботи силового трансформатора	78
	Висновок.....	79
	Список використаної літератури.....	80



## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ**

СРППЗ – система раннього попередження приближення землі

ОСЛ – обчислювальна система літаководіння

РЛС – радіолокаційна станція

ПС - повітряне судно

ІСАО – міжнародна організація цивільної авіації

СППЗ – система попередження приближення землі

ССНЗ – система сигналізації небезпечного зближення

ЗПС – злітно-посадкова смуга

РУД – ручка управління двигунами

УПР – управління повітряним рухом

РМС – радіомаякові система

ІКВШП – інформаційний комплекс висотно-швидкісних параметрів

СУЗЛО – система управління загально літаковим обладнанням

БО – бортовий обчислювач

КСЕІС – комплексна система електронної індикації і сигналізації

РУ – розподільчий пристрій

БФІ- багатофункціональному індикаторі

О- бортовому обчислювачі

СНС-супутникова навігаційна система

БДР- бази даних рельєфу

РЛПП- радіолокаційних станцій профільного польоту

ЛА – літальний апарат

МВП – мало-висотний політ

ДНА – діаграма направленості антени

СРП – сумарно-різницевий пристрій

АП – антенний перемикач

ФД – фазовий детектор

АД – амплітудний детектор

## Вступ

Літаковий далекомір призначений для вимірювання похилої відстані, в кілометрах, до наземних радіомаяків VOR/DME, а також для розпізнавання вибраного радіомаяка. На борту літака встановлено два комплекти DME(№1 та №2) та прилежних до них СУОСО, КСЕІС, БСТО, АВСА, РМІ, ВСС. В далекомірах встановлена система контролю, що забезпечує безперервний контроль його працездатності і видає результати контролю на КСЕІС.

Тож для забезпечення надійної системи автоматизації контролю можна віднести ряд моментів що мають значення самостійного застосування. Серед них можна виділити елементи контролю, дослідження та пошуку несправностей, та розробка автоматизованих компактних систем, та найголовніше питання з їх експлуатації.

Використання автоматизованих систем з використанням мікропроцесорів значно полегшить існуючі проблеми та неточності, тобто забезпечить високу надійність, гнучкість та зручність під час роботи, покращить час обробки та контролю.

Завдяки їх невисокій вартості використання мікропроцесорних систем дозволяє використовувати їх практично в усіх галузях промисловості та забезпечує швидкісні обчислювальні можливості для своєчасного реагування на інші системи.

На даний час все важче і неможливіше уявляти сучасну технічну експлуатацію без застосування мікропроцесорних технологій.

Саме тому розробка систем автоматизації процесів за допомогою використання мікроконтролерів та мікропроцесорних систем в цілому забезпечить багато переваг а також усуне ряд застарілих недоліків та виникаючих через це неполадок та збоїв. До переваг такої системи покращення можна віднести наступні аспекти:

- відносно мала вартість;

- потужніші обчислювальні можливості, що забезпечуються наявністю надійного програмного забезпечення;
- довший час експлуатації, та значно ширший діапазон доступних функціональних можливостей;
- висока точність та швидке реагування отримуваної інформації та надійна статистична обробка для забезпечення реєстрації;
- висока та швидка надійність при здійсненні технічного обслуговування, зменшення обсягу перевірок.

Беручи до уваги вище сказане, можна зробити висновок щодо доцільності застосування мікропроцесорних систем. Насамперед потрібно щоб така система застосовувала процесор з достатнім об'ємом оперативної пам'яті, що забезпечить в свою чергу достатньою кількістю каналів зв'язку мікроконтролера та системи в цілому з об'єктом над яким буде здійснюватися контроль, це зменшить час на перевірку його стану. Також потрібним буде забезпечити систему достатньо розвиненим програмним забезпеченням, це в свою чергу забезпечить високу швидкість та адаптивність до виникаючих ускладнень при перевірці об'єкта. Не менш важливим є наявність засобів індикації, зручного інтерфейсу для подальшої обробки та реєстрації.

## РОЗДІЛ 1

### ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ПРО ЛІТАКОВИЙ ДАЛЕКОМІР

#### 1.1 МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ ВІДСТАНІ

##### 1.1.1 Частотний метод

Частотний метод вимірювання відстані заснований на використанні частотної модуляції в передачі безперервних сигналів.

У цьому методі виводиться частота, яка змінюється за лінійним законом протягом періоду свого випромінювання від  $\omega_0$  до  $\omega_0 + \Delta\omega_u$ . Де за один період залежність частоти вихідного сигналу від часу визначається:

$$\omega_{\text{виз}} = \omega_0 + \Delta\omega_u \cdot \frac{t}{T_u} \quad (1.1)$$

В свою чергу зворотній сигнал модульований лінійно прийде в момент часу що передує нинішньому на час затримки  $t_D$ . Тоді залежність частоти, прийнятого сигналу на РЛС, від часу буде виглядати наступним чином:

$$\omega_{\text{отр}} = \omega_0 + \Delta\omega_u \cdot \frac{(t - t_D)}{T_u} \quad (1.2)$$

Далі, щоб отримати формулу для різницевої частоти  $\Delta\omega$ , необхідно з (1.1) відняти (1.2):

$$\Delta\omega = \Delta\omega_u \cdot \frac{t_D}{T_u} \quad (1.3)$$

Наступним чином, з отриманого виразу виводимо  $t_D$  і підставляємо в  $D = c \cdot t / 2$  та знаходимо залежність вимірюваної відстані від різниці частоти:

Кафедра авіоніки				НАУ			
Виконав.	Кирніс А.О.			Загальні положення про літаковий далекомір	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник	Лужбін В.М.						81
Консульт.	Лужбін В.М.				173 Авіоніка		
Н. Контр.	Левківський В.В.						
Зав. каф.	Павлова С. В.						

(1.4)

$$D = \frac{c \cdot T_u \cdot \Delta\omega_u}{2 \Delta\omega}$$

Модулятор створює частотну модуляцію, яку створює мікрохвильовий генератор. Потім сигнал передається на антену. Оскільки сигнал безперервний, потрібна також окрема антена приймача.

Приймач приймає прямі і відбиті сигнали; у цьому випадку змішувач підкреслює різницю частот після того, як фільтр передає значення на систему відображення.

Структурна схема частотного далекоміра зображена на рис.1.1.



Рис. 1.1. Структурна схема частотного далекоміра

З графіків зображених на рис 1.2 видно що, час запізнювання визначається через різку зміну в частоті результуючого сигналу.

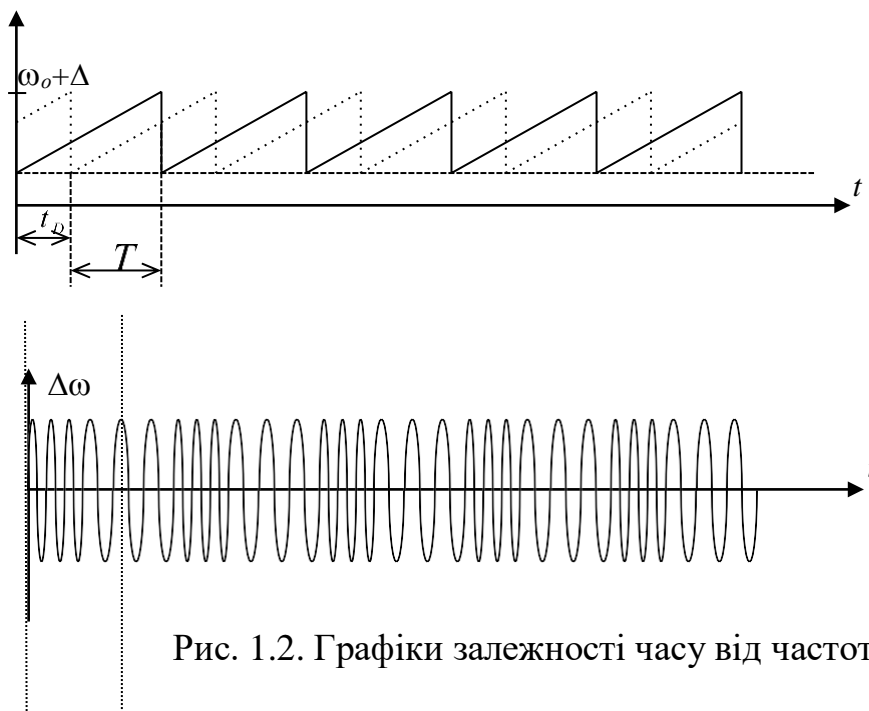


Рис. 1.2. Графіки залежності часу від частоти

Зрозуміло також, що отримане значення різниці частот, отримане у часовому інтервалі(  $t_D ; T_u$  ). у формулі (1.4), слід замінити.

Переваги частотного методу вимірювання дальності:

- мала пікова потужність сигналу при високій точності вимірювання;
- можливість вимірювати короткі відстані;
- використовується малопотужний передавач;

Недоліки:

- складність ефективного розподілу приймального та передавального трактів, через це погіршення чутливості приймача;
- складність налаштування при вимірюванні відстані багатьох об'єктів;
- високі вимоги до лінійності зміни частоти.

### 1.1.2 Імпульсний метод

Метод імпульсного вимірювання відстані ґрунтується на зміні часу запізнювання характерної зміни амплітуди сигналу радіолокації, що приймається. Відбувається процес завдяки антені РЛС, що посилає потужний радіоімпульс, який відбивається від отримувача і йому і приймається рис. 1.3.

Швидкість отримувача набагато менше ніж, швидкість поширення НВЧ сигналу, під виглядом поширення радіоімпульсу, тож ми вважаємо отримувача нерухомим.

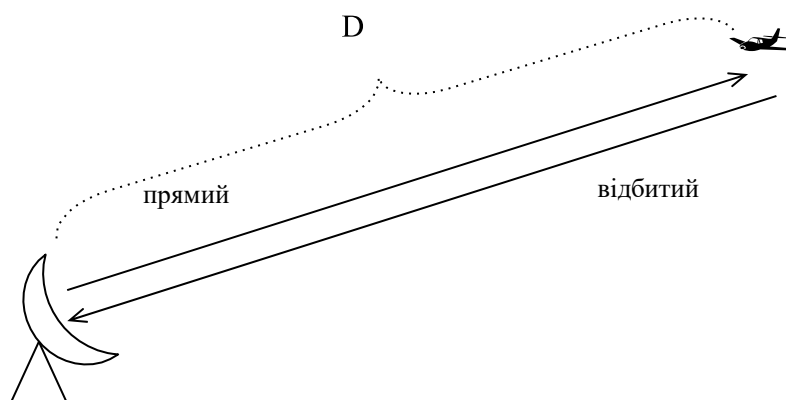


Рис. 1.3. Принцип зв'язку антени та літака

Таким чином час, що потрібен радіосигналу для досягнення цілі, -  $t_{\text{прямого}}$  буде дорівнювати часу, за який відбитий сигнал досягає антени РЛС, -  $t_{\text{отр}}$ . Тобто  $t_{\text{прямого}} = t_{\text{отр}} = t$ ,  $t_{\text{отр}}$  - випущений антеною РЛС сигнал через час

$t_D = t_{\text{прямого}} + t_{\text{отр}} = 2t$  повернеться на неї тепер вже у відбитому вигляді. Через

те що НВЧ сигнали мають властивість поширюватися за постійної швидкості тому  $D = c \cdot t$ . Також ми врахували, що швидкість розповсюдження сигналу НВЧ у вакуумі приблизно дорівнює його швидкості розповсюдження у повітрі -  $c$ . Враховуючи останній вираз, напишемо наступну рівність, яка визначає відстань  $D$  залежну від часу запізнювання розповсюдження сигналу  $t_D$ :  $D = c \cdot t_D / 2$ .

Для того щоб мати можливість постійного визначення відстані, РЛС необхідно випромінювати періодичну послідовність імпульсів, - тобто працювати в імпульсному режимі.

Загальна структурна схема імпульсного методу зображена на рис. 1.4.

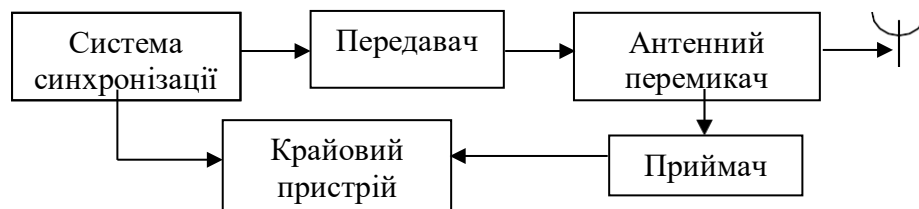


Рис. 1.4. Схема імпульсного методу

Імпульсну роботу РЛС забезпечує система синхронізації, завдяки формуванню відеоімпульсів через постійні проміжки часу  $T_u$ .  $T_u$  являє собою період повторення імпульсу.

Отримавши черговий імпульс від системи синхронізації вмикається передавач і на проміжку часу  $\tau_u$  формує сигнал необхідної амплітуди, потужності та частоти.  $\tau_u$  прийнято називати тривалістю імпульсу.

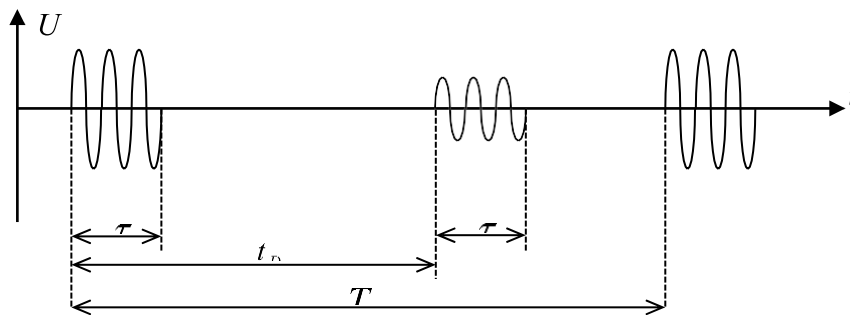
На протязі часу тривалості імпульсу, за допомогою антенного перемикача здійснюється направлення випромінюючого сигналу на антену. Після чого відбувається перемикач на приймач. Для того щоб здійснити

перемикання антени необхідно витратити певний час  $t_{дон}$ . При передачі на крайовий пристрій приймач для цього виділяє огинаючу із прийнятого сигналу.

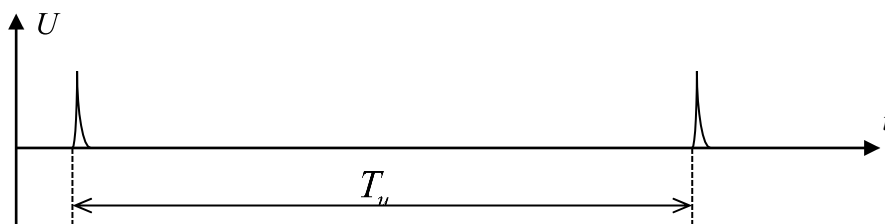
Зазвичай крайовий пристрій застосовується у вигляді ЕПТ, на екрані якого відстань до отримувача відповідає відстані між двома різновисокими списками. На нашому пристрою ЕПТ що виконується як крайовий, робота генератора напруги, який виходить на горизонтально відхиляючу пластину, управляється системою синхронізації. А вже на вертикальну відхиляючу подається сигнал з приймача.

Схематично графіки залежності  $U(t)$  на різних елементах зображені на рис. 1.5:

– графік передавача:



– графік системи синхронізації:



– графік приймача;

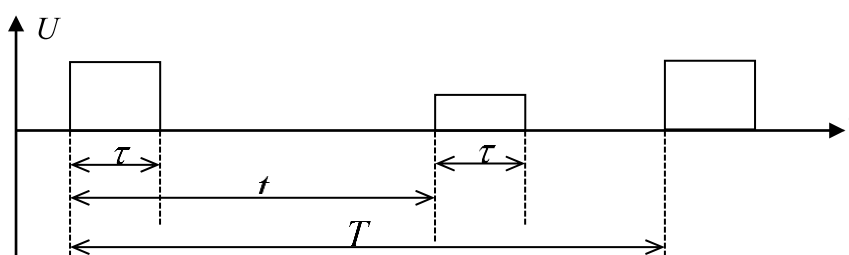


Рис. 1.5. Графіки залежності амплітуди коливання



Повертаючись до рівності  $D = c \cdot t / 2$  впливає, що  $t_D \sim D$ . Таким чином

$D$

щоб отримати пряме значення відстані до отримувача, необхідно вивести останній графік на систему індикації, тобто на крайовий пристрій (в нашому випадку це ЕПТ), та проградувати шкалу.

Переваги імпульсного методу виміру відстані:

- можливість одночасно визначити дальність багатьох об'єктів;
- незначна складність індикаторного пристрою та випромінювання імпульсів;
- побудова РЛС можлива за допомогою однієї антени;

Недоліки:

- неможливе визначення малих відстаней;
- завелика мертва зона;
- необхідність у використанні великої імпульсної потужності передавача;

### 1.1.3 Фазовий метод

Вимірювання різниці фаз випромінених та прийнятих сигналів називається, фазовим методом вимірювання відстані. Схема стандартного фазового вимірювача дальності зображена на рис. 1.6.

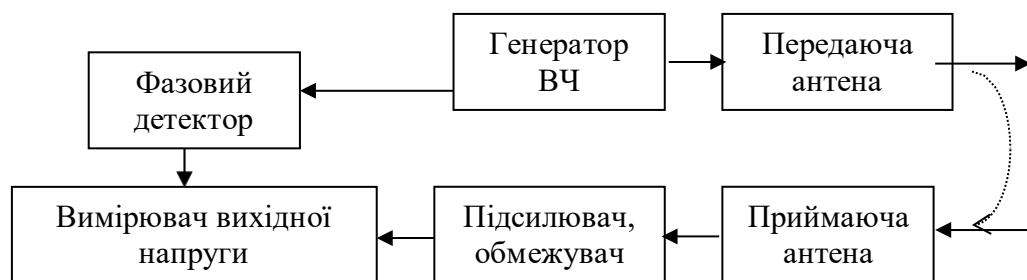


Рис. 1.6. Структурна схема фазового вимірювача дальності

Коливання створені генератором ВЧ, проходять через передаючу антену випромінюються з відповідною фазою у зовнішній простір:

$$\varphi_{изл} = \omega_0 t + \varphi_1 \quad (1.5)$$

де  $\varphi_1$  - початкове значення фази.

Отримане значення фаз із відбитого сигналу поступає на приймальну антену:

$$\varphi_{np} = \omega_0 \cdot (t - t_D) + \varphi_{omr} + \varphi_{PLC} + \varphi_1 \quad (1.6)$$

де  $\varphi_{omr}$  - фазове зрушення при відображенні  $\varphi_{PLC}$  - фазове зрушення в

колах РЛС, - ця величина постійна, тому її можна підрахувати за допомогою експерименту.

Фаза посиленого прийнятого сигналу разом із фазою первинного сигналу, що перевіряється за допомогою фазового детектора, надходять до вимірювача напруги на виході.

Сигнал з різничною фазою прийде на вимірювача вихідної напруги, отриманою за допомогою віднімання виразів (1.5) (1.6):

$$\Delta\varphi = \omega_0 \cdot t_D - \varphi_{omr} - \varphi_{PLC} \quad (1.7)$$

Враховуючи, що  $\omega_0 = \frac{2\pi \cdot c}{\lambda}$ . Підставляємо у вираз  $D = c \cdot t_D / 2$

недостаючі змінні, і в результаті отримуємо формулу:

$$\Delta\varphi = \frac{4\pi}{\lambda} \cdot D - \varphi_{omr} - \varphi_{PLC} \quad (1.8)$$

Невідоме фазове зміщення відбитого сигналу, є великим недоліком даного методу, так як воно може мінятися як завгодно, без додаткової умови. Звертаючись до формули (1.8) ми знаємо що  $\Delta\varphi < 2\pi$ , слідує що однозначний діапазон вимірювання відстані буде менший за половину довжини хвилі:

$$\Delta D_{\text{однознач}} < \frac{\lambda}{2}$$

Однозначний діапазон вимірювання дальності буде порядку одиниць метра, за умови якщо будуть використовуватися ультракороткі хвилі.

На практиці застосовуються набагато складніші схеми, це означає що в них застосовуються дві та більше частот.

Для прикладу розглянемо далекомір, побудований на використанні фазового метода для двох частот. Структурна схема такого далекоміра приведена на рис. 1.7.

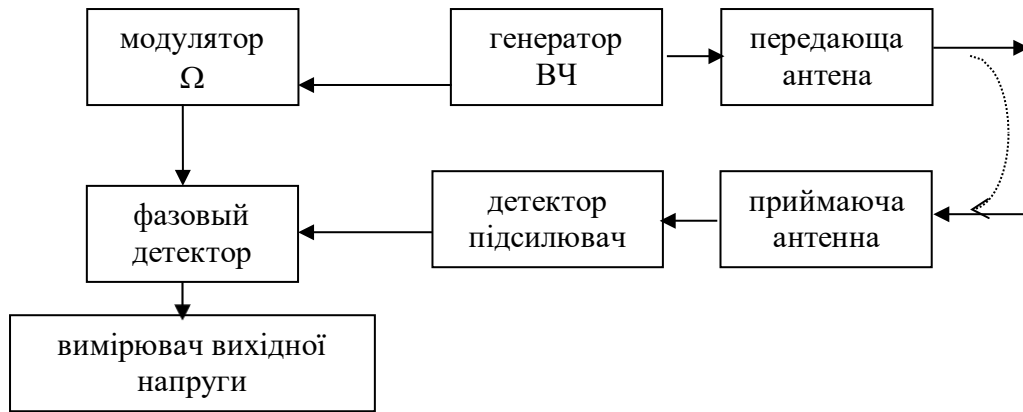


Рис. 1.7. Структурна схема двочастотного фазового далекоміра

На даній схемі  $\omega_0$  відповідає за перенесення інформації, а частота  $\Omega$  за визначення фазового зміщення. Відповідно до цього на модуляторі генерується напруга:

$$U(t) = U_M \cos(\Omega t + \varphi_0),$$

яка в свою чергу подається на генератор ВЧ. Таким чином вихідна напруга генератора:

$$U_{ген}(t) = U_0 (1 + m \cos(\Omega t + \varphi_0)) \cos(\omega_0 t + \varphi_1)$$

де  $m$  - коефіцієнт модуляції.

Після посилення прийняті сигнали проходять детектування, і через виділення огинаючої фази проведемо порівняння її з фазою коливань модулятора

$$\varphi_{пр} = \Omega \cdot (t - t_D) + \varphi_{ПЛС} + \varphi_1$$

$$\Delta\varphi = \frac{2\Omega}{c} \cdot D$$

Далі ми отримуємо залежність різниці фаз від заміряної відстані:

$$D = \frac{c \cdot \Delta\varphi}{2 \cdot \Omega}$$

Тепер при частоті визначення фазового зміщення  $\Omega = 1000 \text{ с}^{-1}$ , максимальна відстань буде  $D_{\max} = 940 \text{ км}$ .

До переваг фазового методу вимірювання відстані можна віднести:

- через те що відбувається генерація незгасаючих коливань випромінювання малопотужне;

- доплерівське зрушення частоти відображення не впливає на точність вимірювання;

- простий у будові;

Недоліки:

- відсутній дозвіл по відстані вимірювання;

- схильний до випадкових змін, передавач, впливає на отримані значення приймача та погіршує його чутливість.

## 1.2 Принцип дії далекоміра DME

Застосування далекомірів на більшості сучасних літаків виконується в пріоритеті саме завдяки імпульсному методі вимірювання відстані. Саме тому на них встановлюються далекомірні системи типу DME. За принципом дії даний метод використовує вимір тимчасового інтервалу між моментом отримання на борт ПС сигналу відповіді від наземного радіомаяка та раніше випроміненим запитувальним сигналом бортового радіодалекоміра.

Спрощену структурну схему далекомірної системи ми можемо бачити нижче на рис. 1.8.

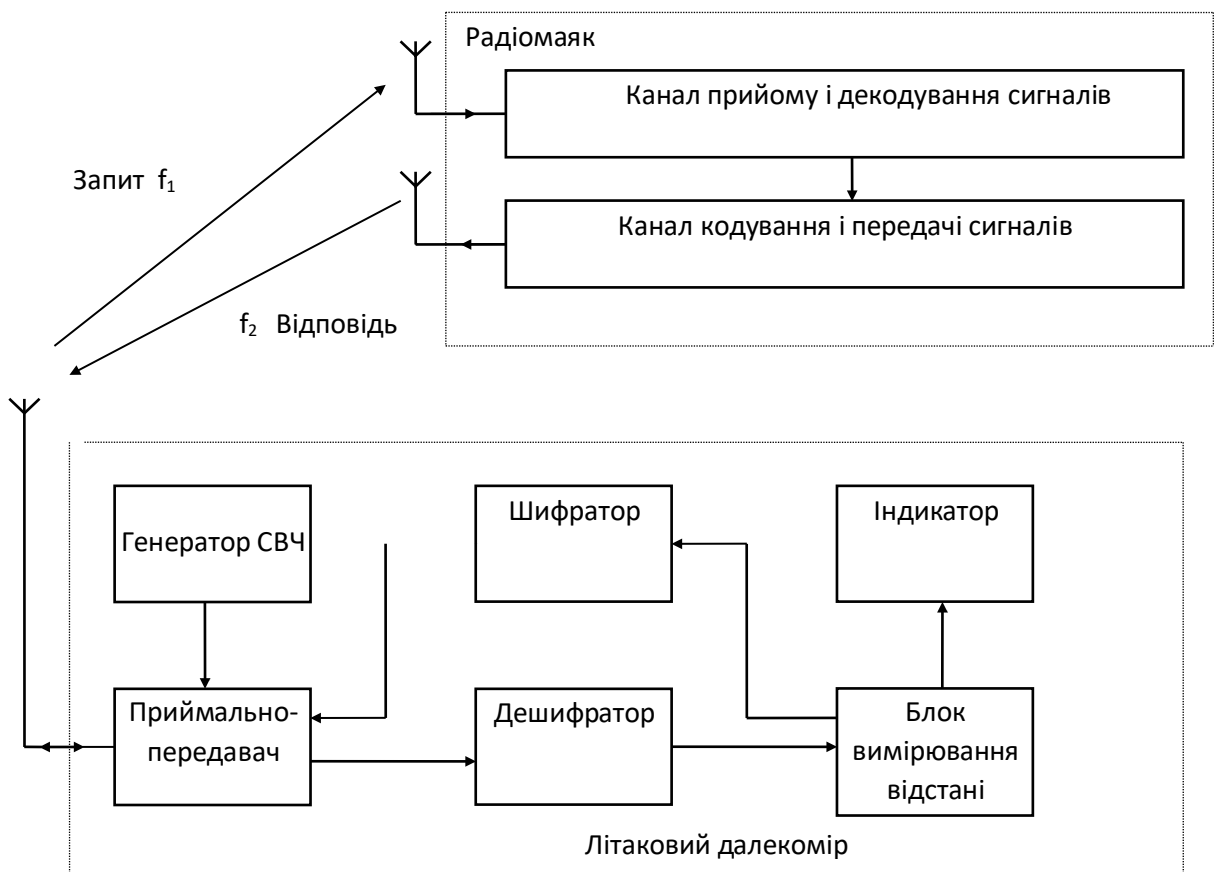


Рис. 1.8. Спрощена структурна схема системи DME

На даний момент часу вся повітряна мережа трас обладнана далекомірними системами типу DME, деякі з них з різними модифікаціями. Також для можливості використання систем цього типу

з радіомаяками на старих моделях ВС(вітчизняних) встановлюється радіодалекоміри таких типів як: DME/p-85, СДК-67, СД-75, ВНД-94, СД-67, СД-75М. Раніше системи DME застосовувалися як окрема самостійна система, тоді як на сучасних комплексах пілотажно-навігаційного обладнання використовується як достатньо-складний високоточний постачальник джерела важливої інформації стосовно навігації ЛА, підданої коректуванню.

### **1.2.1 Призначення і принцип дії далекоміра DME/P-85**

На прикладі далекоміру DME/P-85 (далі далекомір) розглянемо детальніше принцип його дії та роботу в цілому. Призначений для визначення похилої відстані(в кілометрах) від ЛА до наземного радіомаяка типу VOR/DME (ILS, MLS), та вміння розпізнавати радіомаяка в якості обраного як орієнтир.

За принципом дії далекомір використовує передачу запитувальних сигналів на обраний наземний радіомаяк, в свою чергу отримує у відповідь сигнал маяка та вимірює час між запитом та відповіддю.

Основною роботою маяка є безперервна передача кодованих пар радіоімпульсів під виглядом ХІІ. За допомогою коду Морзе кожні 30с здійснюється передача сигналу звукового розпізнавання. Після отримання ХІІ маяка, далекомір здійснює автоматичне вироблення запиту маяком, територіально в зоні якого він перебуває на момент своєї з ним взаємодії.

Пари отриманих радіоімпульсів на даному етапі використовуються з деяким кодованим тимчасовим розставленням між радіоімпульсними парами. Маяк приймаючи дані радіоімпульси здійснює випромінення (передачу) синхронну на відповідь кодованої пари радіоімпульсів. Відстань до маяка при цьому, визначається за часом, що проходить між випроміненням та запитом на борту ЛА та його сигналом відповіді.

За період своєї дії маяк далекоміра виконує приймання сигналів кодованих за допомогою Морзе, опрацьованих схемою звукового розпізнавання та видає в систему СПУ (АВСА-МВЛ). Дана система DME встановлена встановлена на таких ЛА як: Ан-158, Ан-148, Ан-32. За технічними характеристиками далекомір повністю відповідає усім стандартам ІКАО, а також відповідає рекомендаціям ARINC-70.

### **1.2.2 Основні технічні дані.**

Діапазон частот передавача ..... 1015–1140 МГц

Смуга частот приймача .....958–1215 МГц

Число каналів..... 352

Чутливість режимів роботи:

– у режимі "IA" .....не менше –125 ДБ/Вт

– у режимі "FA" ..... не менше –110 ДБ/Вт

Потужність передавача ..... 0,4–2,0 кВт

Похибка при визначенні відстані в режимі FA .. ±15 м

Час пам'яті:

– у режимі "IA" ..... 10 с

– у режимі "FA" ..... 1 с

### **1.3 Склад елементів та розміщення далекоміра на літаку**

#### **1.3.1 Пристрій запиту DME/P**

Пристрій призначений для отримання вхідних даних від передавально-приймальної антени, їх обробки та подальшого формування сигналу з можливістю видачі його до приборів контролю та відображення на пристрої індексації змін.

До складу приладу входять функціональні під блоки, а саме: передавач, модуль живлення, аналоговий процесор контролю, датчик цифрового контролю, прилад введення-виведення, приймач двоканальний модуль живлення. Зовнішній вигляд приладу запиту можемо бачити на рис. 1.9 і рис. 1.10.



Рис. 1.9



Рис. 1.10

Управління далекоміром здійснюється за допомогою пристрою введення-виведення (УВВ), завдяки прийому зовнішніх команд, якими задається його режим та канал роботи. Також за допомогою цього пристрою забезпечується видача вимірної відстані та каналу, через зовнішній споживач інформації, яким було здійснено вимір, і вироблено сигнал звукового розпізнавання.

Передача запитальних сигналів з необхідних для огинаючої форми реалізується за допомогою передавача (ПРД). Цим приладом також передбачено регулювання потужності запитальних сигналів, що здійснюється автоматично.

За прийом та фільтрацію сигналів що надходять із наземних маяків відповідає двоканальний приймач (ПРМ). На додаток він обладнаний частотним синтезатором (гетеродин ПРМ).

За обробку відеосигналів отриманих у відповідь відповідає аналоговий процесор (ПА), формує імпульси, для визначення початку та завершення виміру відстані (за певний відлік часу).

Пристрої (УЦО) що відповідає за цифрову обробку, разом із пристроєм вимірювання відстані (УІД) та (СЦВУ) який спеціалізуються як цифровий пристрій обчислень, здійснюють прецизійне вимірювання відстані, пошук та захват відповідних сигналів, та фільтрують вихідні дані. Також додатково УЦО виконує функції налаштування режимів роботи “FA” та “IA”, перевірку в сканувальному режимі, та перемикання далекоміра на заданий робочий канал.

Напряму АРУ ПРМ формує модуль живлення (УК), цим самим виконує управління потужністю ПРД та регулюванням струму преселектора ПРМ. Додатково містить схеми необхідні для обміну інформацією між УВВ, УЦО, та ПА. Живлення під блоків УІД, УВВ, ПА, СЦВУБ та УК забезпечується модулем живлення (МП).

Оскільки на ЛА застосовується два далекоміра, електропостачання кожного з них здійснюється за допомогою відповідних постачальників. За електроживлення далекоміру №1 відповідає шина Г1 РУ 115/200В подаючи змінний струм 115В, 400Гц через автомат захисту DME №1. Відповідно електроживленням далекоміру №2 займається шина Г2 РУ 115/200В також аналогічно подаючи змінний струм напругою 115В, 400Гц через автомат захисту DME №2.

### **1.3.2 Антена АМ-001 далекоміра.**

Антенa призначена для роботи з радіоімпульсом в дециметровому діапазоні його прийомом та передачею до інших компонентів обробки отриманої інформації. Територіально антенa DME №1 розміщена на нижній частині фюзеляжу та займає місце між 13 та 14 шпангоутами. Відповідно



антена DME №2 знаходиться також на нижній частині фюзеляжу але вже займає 17 та 18 шпангоути. Детальніше розміщення та встановлення можна побачити на рис. 1.11.

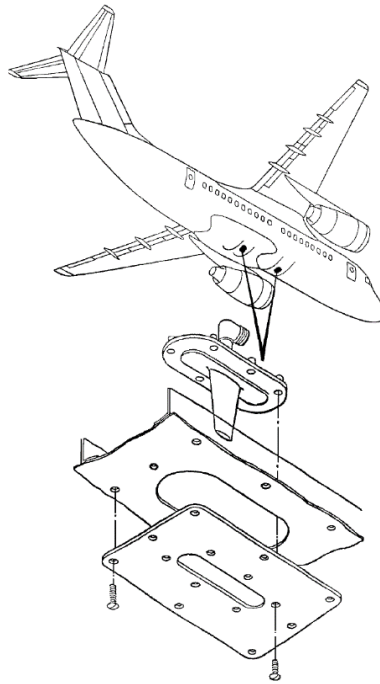


Рис. 1.11. Розміщення та встановлення антен DME

#### **1.4 Пристрої контролю та відображення інформації.**

За контроль роботи далекоміра відповідають засоби відображення та контролю інформації, також вони відповідають за відображення його роботи та інформації для екіпажу літака. Наглядно як це відбувається можна побачити на рис. 1.12.

До складу засобів відображення та контролю інформації приладу входять:

- вимикач «DME1-ОТКЛ. Призначений для управління постачанням електроживлення далекоміра №1;
- вимикач «DME2-ОТКЛ. Призначений для управління постачанням електроживлення далекоміра №2;
- КПП КСЕІС. Виконує роль відображення на приладовий панелі льотчиків значення похилої дальності до радіомаяка;

- КІСС КСЕІС. Призначений для відображення попереджувальних повідомлень та рекомендацій щодо негайних дій з боку екіпажу;
- МФІ КСЕІС. Показувати попередження та повідомлення про стан, рекомендації щодо оперативних дій екіпажу;
- пульт управління МФПУ системи ВСС. Розташований у центральній панелі управління. Призначений для регулювання роботи віддаленого пристрою та частоти маяків.

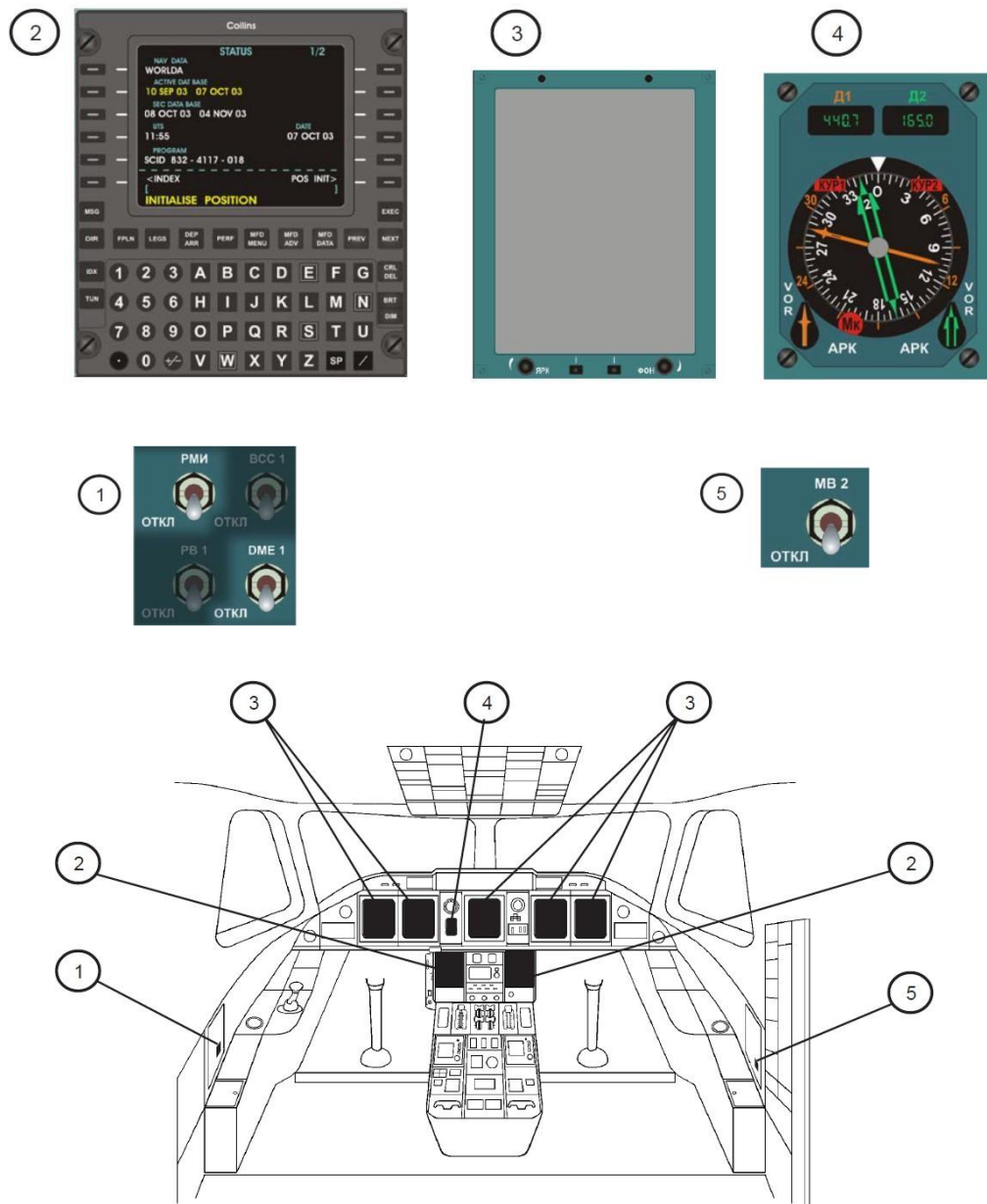


Рис. 1.12

## 1.5 Принцип роботи далекоміра

Сигнал допиту випромінюється площиною, що генерує, в діапазоні хвиль дециметру на частоті  $f_1$  і являє собою набір двох радіоімпульсів, розміщених поруч із тимчасовим інтервалом коду. Контролер заземлення повторює прийнятий сигнал на частоті  $f_2$ . У відповідь сигналом є також набір двох радіоімпульсів із певним часовим інтервалом коду.

Також важливо, щоб маяк відповідав потребам далекомагістральних авіаносців. Код і частота однакові у відповіді на сигнали для будь-якого запиту, що ускладнює диференціацію сторони відповіді запитів сторони, що приймає. В існуючих радіочастотних циліндрах ця проблема вирішується шляхом підключення цифрового вимикача до змінних у часі стрибкових імпульсів.

Час вимірювання діапазону  $t_{д\text{ изм}}$  складається з фактичної затримки сигналу  $t_{д} = 2D/c$  при поширенні по радіо маршруту ВС-ОТВЕТЧИК-ВС і апаратної затримки сигналу в транспонде  $t_3$ , тобто  $T_{д\text{ зміна}} = t_{д} + t_3$ .

Апаратне затримка суворо визначена і становить 50 мс для маяків DME. Мінімальна затримка, виміряна радіодіапазоном обладнання, встановлюється на нуль, інакше вона визначається тривалістю вихідного сигналу допиту. У пошуковому пристрої радіолінійки літаків затримка обладнання враховується шляхом встановлення початкових умов на лічильнику.

Цифровий діапазон заснований на підрахунку імпульсів кварцового генератора протягом певного часового інтервалу (мірки вимірювання).

Літак випромінює сигнали допиту із частотою повторення 300 Гц. Частота повторень імпульсів допиту залежить від максимального діапазону, який точно вимірюється вихідним радіодіапазоном для сигналів формату DME складається із:

$$D_{\max} \leq c (T_{п} - t_3) / 2 = 492,45 \text{ км}$$

Дальність повітряних суден, що працюють на полігоні БПЛА, обмежена прямим полем зору, яке не перевищує 370 км в межах можливої висоти пасажирського літального апарату.

У режимі моніторингу часу надходження імпульсів відповіді частота запитів зменшується в 10 разів. Ця відстань збільшує пропускну здатність пошукової системи, яка повинна становити щонайменше 100 літальних апаратів під час повторення імпульсів допиту для DME.

### **1.6 Зв'язок систем літака з далекоміром**

На борту літака розміщено два комплекси DME (№1 та №2), підключені до СУОСО (системи управління обладнанням літальних апаратів) РМІ (радіомагнітний індикатор), КСЭИС (вбудована електронна система індикації та сигналізації), АВСА (обладнання внутрішнього зв'язку) ) встановлені комплекти. авіація), БСТО (бортова система технічного обслуговування), ВСС (система управління внутрішнім літальним апаратом).

Спираючись на отриману інформацію та встановлене програмне забезпечення, СУОСО робить наступне:

- формування команд передачі даних сигналів для КСЭИС і БСТО;
- передача керуючого сигналу "Нестиснене шасі" від системи шасі до діапазонів.

КСЭИС забезпечує:

- відняти значення похилого діапазону за КПІ;
- відправлення попереджувальних повідомлень КСЭИС та ХМ, а також повідомлень про статус ІФС;
- розробка рекомендацій щодо підготовки попереджувальних повідомлень у КСЭИС та МФІ;
- забезпечити аудіо-супровід текстових повідомлень в АВСА.

На основі отриманої інформації та встановленого програмного забезпечення БСТО робить наступне:

- порівняння даних про відхилення, ідентифіковані екіпажом, з даними БСТО;
- запам'ятовування інформації про відмови на поточних та попередніх рейсах;
- МФПУ для відображення помилок на дисплеї на екранах ВСС;
- надання інформації про відмову в польоті на обладнанні організації зв'язку.

РМІ показує значення діапазону D1 і D2 (DME1 і DME2). ВСС автоматично регулює частоту сигналів DME відповідно до попередньо введеної програми. Ручна настройка також можлива за допомогою МФПУ ВСС.

АВСА отримує звуковий сигнал тривоги (знак дзвоника) від радіостанції до слухачів і звуковий сигнал текстових повідомлень, що надсилаються КСЭИС.

Віддалені транспортні засоби мають внутрішню систему управління, яка забезпечує постійний моніторинг його продуктивності та забезпечує результати управління в КСЭИС.

Структурну схему з'єднання далекомірів із системами приведена на рис. 1.13.

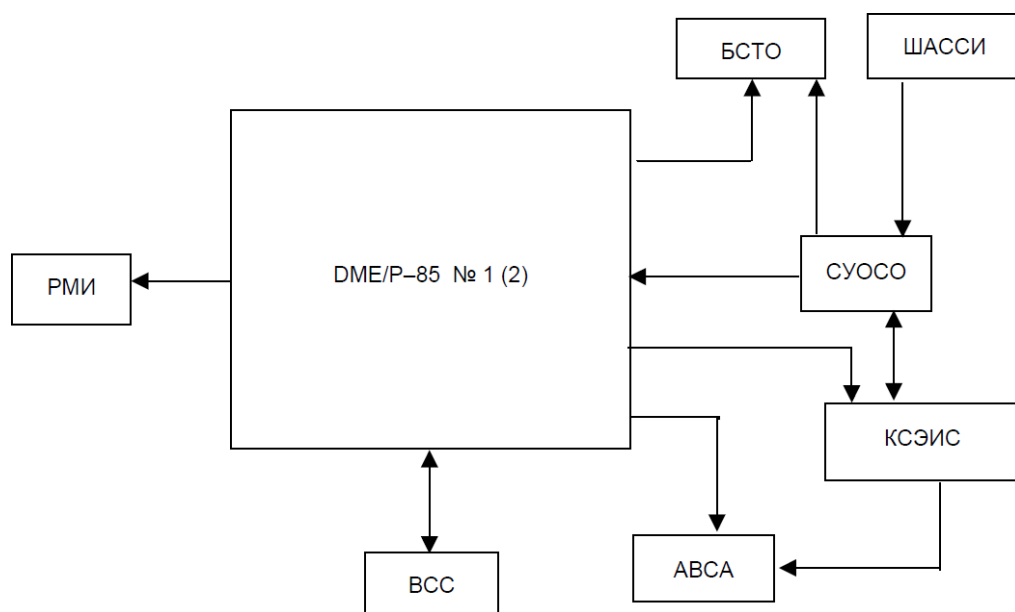


Рис. 1.13. Схема зв'язків DME/P-85

## **1.7 Перевірка далекоміра на землі DME/P-85.**

У діапазоні DME / P-85 є вбудована система контролю випробувань. Перевірка роботи внутрішнього випробувального пристрою Тестовий контроль виконується через 500 годин польоту. Після 1000 годин польоту перевірте місце розташування на стенді за допомогою контрольно-випробувального обладнання.

### **1.7.1 Засоби обчислення, що використовуються при вхідному контролі.**

1). Пристрій вимірювання частоти ЧЗ-54 ЯЗЧ-87 (діапазон частот від 0,1 Гц до 18 ГГц, похибка при 1,5 кварцовій частоті 10-7 протягом 1 місяця).

2). Генератор Г4-76А (діапазон частот (400 - 1200) МГц), похибка настройки частоти не повинна перевищувати  $2,5 \cdot 10^{-6}$  несучої частоти, основна похибка налаштування вихідної потужності не повинна перевищувати  $\pm 1,5$  дБ для кожного навантаження 50 Ом).

3). Осцилоскоп С1-99 (пропускна здатність 100 МГц; основна похибка вимірювання коефіцієнтів розсіювання  $\pm 3,4\%$ ; діапазон вимірюваних амплітуд від 0,008 В до 40 В).

4). Електричний лічильник ПС04-316 (діапазон частот (730 - 1150) МГц; межі вимірювання потужності (0,4 - 5000,0 Вт); основна похибка вимірювання потужності не перевищує  $\pm 30\%$ ).

5). Операційний стенд ЕУ2.761.778-01.

### **1.7.2 Перевірка на похибку виміру відстані**

1). Для початку необхідно зібрати схему відповідно до рис. 1.14.

2). Увімкніть комп'ютер. Запустіть тестову програму Rangefinder. Виберіть діапазон DME (виберіть DME (SD-75M) на панелі "Вибір далекоміру" на робочому столі). Виберіть "Методи виявлення помилок вимірювань методів TU / 2".

3). Встановіть генератор G4-76А на частоту 1180 МГц, що відповідає частоті УКХ 114,6 МГц (канал DME 93х).

4). Клацніть лівою кнопкою миші на полі «Почати вимірювання».

Програма виконає 100 контрольних перевірок для вимірювання дальності, а у вікні «№1 тест» з'явиться повідомлення про відповідність продукту ТУ.

У режимі навігації похибка вимірювання діапазону визначається як різниця між значеннями діапазону, встановленими тренажером, та прочитаними на дисплеї. Похибка вимірювання не повинна перевищувати  $\pm 315$  м.

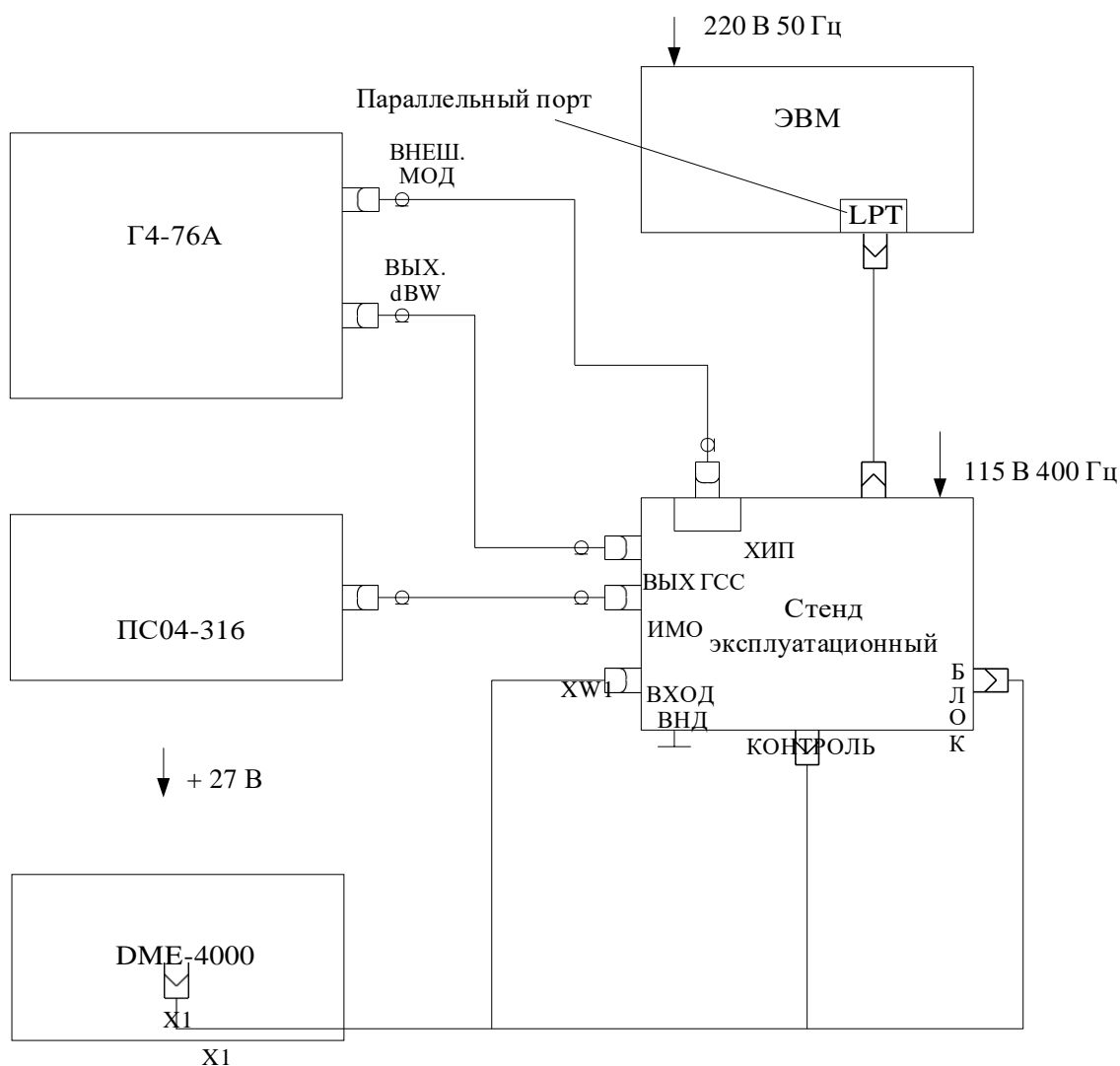


Рис. 1.14. Схема перевірки на похибку виміру відстані

5). Клацніть лівою кнопкою миші в полі «Наступний тест».

6). Відрегулюйте рівень вихідного сигналу на генераторі мінус 40 дБ Вт, частота повторення НІР - 2700 Гц, дальність дії 0 км і визначити аналогічну похибку вимірювання інтервалу. Значення похибки не повинно перевищувати  $\pm 315$  м.

7). Перемикаючи одноразові команди в меню Налаштування, відкрийте 2 та увійдіть у систему. Після 2 перевірте працездатність далекоміра в Ех. При дачі командного слова в 2. 2. Визначте похибку на відстані 370 км. сигнал мінус 40 дБ · Вт і частота повторення НІР 2700 Гц.

### 1.7.3 Перевірка робочої частоти повторного запитуючого сигналу

1). Для початку необхідно зібрати схему відповідно до рис. 1.15.

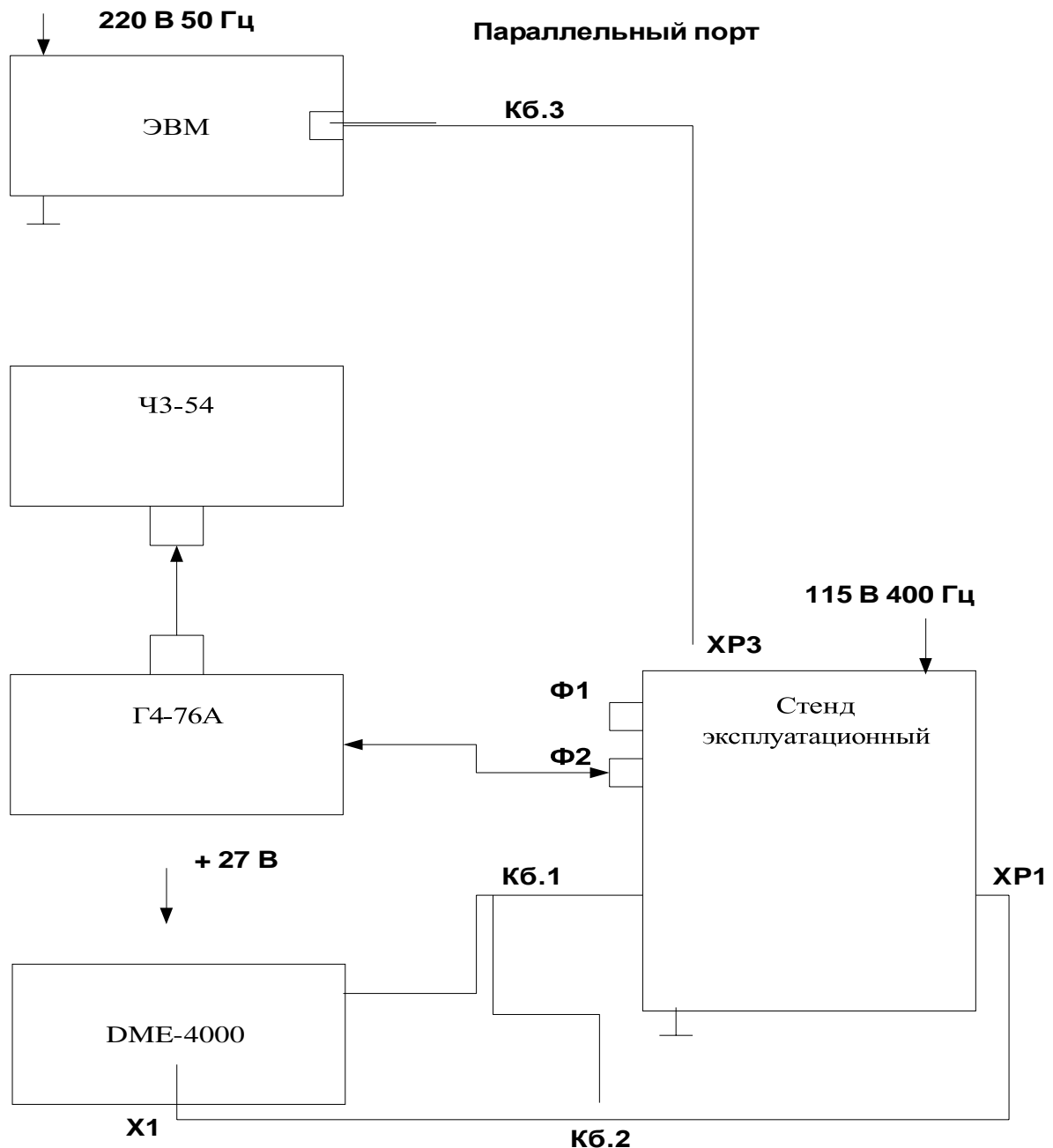


Рис. 1.15. Схема визначення частоти запиту імпульсів при роботі режиму «Пошук»

2). Додайте ЧЗ-54, Г4-76А, операційну підставку, комп'ютер.



3). Запустіть програму «Тестовий стенд Rangefinder». Виберіть меню "Перевірити частоту повторення сигналу запиту TU / 3 методів".

4). У меню "стенд для випробування діапазону" на комп'ютері:

- ВИБІР ДАЛЕКОМІРА - DME (SD-75M);

- включення;

- Звук - Вимкнено.

5). Налаштуйте генератор Г4-76А на 1180 МГц (канал 114.6), використовуючи вимірювач частоти ЧЗ-54. Встановіть вихідний сигнал на мінус 80 дБ · Вт і клацніть лівою кнопкою миші в полі «Почати вимірювання». У той же час на екрані комп'ютера повинно з'явитися повідомлення про сумісність (несумісність) частоти повторень імпульсів допиту ТУ.

Поточне значення частоти повторення сигналу запиту відображається в робочій області програми. У меню НАСТРОЙКИ виберіть підменю "ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ".

#### **1.7.4 Перевірка імпульсного рівня потужності сигналу запиту**

1). Для перевірки сили сигналу анкети, контактна ланцюг виготовляється відповідно до рис. 1.16.

2). ЧЗ-54, Г4-76А, ПС04-316, робочий стенд, додайте комп'ютер.

Встановіть генератор на 1180 МГц (канал 114.60), використовуючи вимірювач частоти ГЗ-54.

3). Запустіть програму «Тестовий стенд Rangefinder». Виберіть предмет меню "Методи ТУ / 4 перевірка сили сигналу слідчого". Виміряйте силу імпульсу допитувального сигналу на PS-4-316. Вражаюча потужність сигналу запиту повинна бути не менше 300 Вт.

4). У меню "стенд для випробування діапазону" на комп'ютері:

- NO SELECT - DME (СД-75M);

- включення;

- Звук - Вимкнено. 5). Перевірте силу імпульсу допитувального

сигналу в каналах згідно отриманих раніше даних.

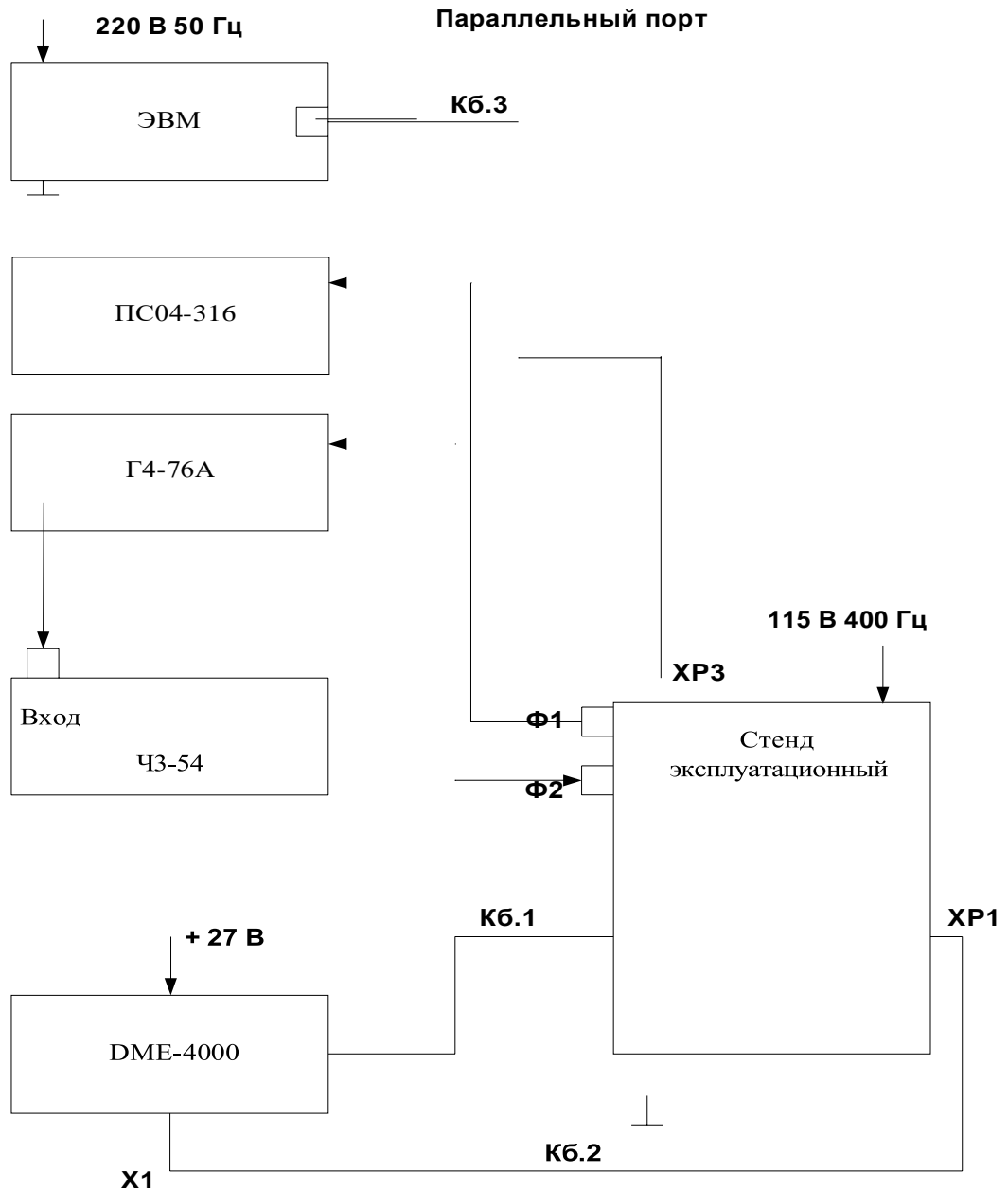


Рис. 1.16. перевірка імпульсної потужності сигналу запиту

### 1.7.5 Перевірка чутливості далекоміра

1). Щоб перевірити чутливість, збірку слід зібрати відповідно до рис. 1.17, щоб призвести до корозії контактів.

2). Запустіть програму "Тестовий стенд Дальномір". Виберіть "Методи випробувань на чутливість TU / 5".

3). Додайте ЧЗ-54, Г4-76А, операційну підставку, комп'ютер. Налаштуйте генератор Г4-76А на 962 МГц (канал 134.40). Контроль частоти здійснюється за допомогою лічильника частоти ЧЗ-54, підключеного до генератора ВЗК НАКАЛІВР Г4-76А. Встановіть високий рівень потужності (ВЧ) потужності генератора Г4-76А на мінус 120 дБ · Вт.

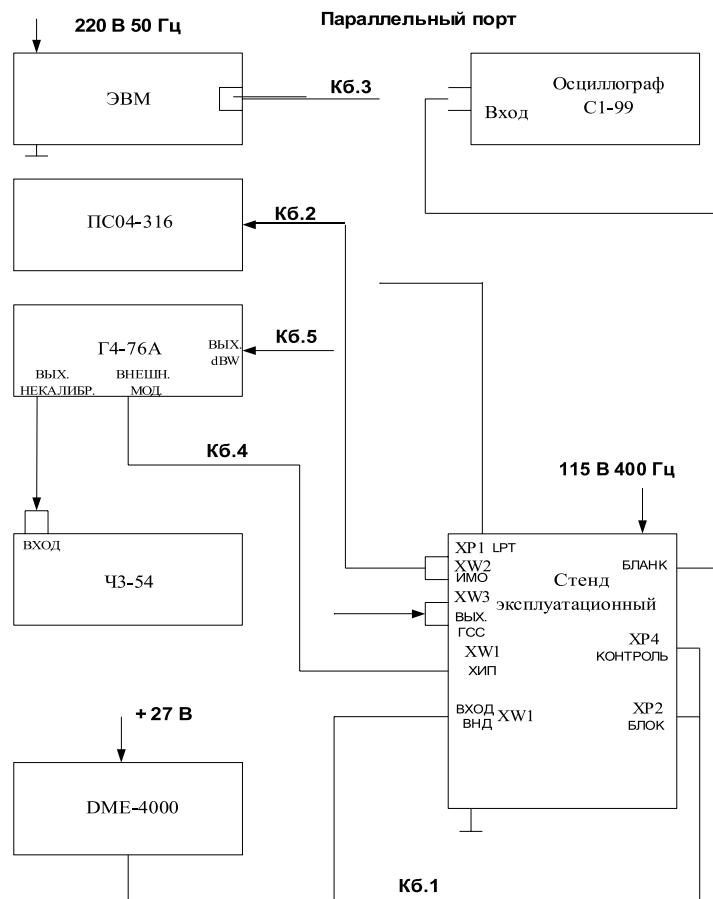


Рис. 1.17. Схема перевірки чутливості, параметрів режиму КОНТРОЛЬ, сигналу БЛАНК, звукового пізнання, режиму «Направлене сканування»

4). У меню "стенд для випробування діапазону" на комп'ютері:  
НА ВИБІР СВІТЛА - DME (SD-75M);

- Живлення - увімкнене;
- Звук - вимкнено.

5). У розділі SET SPEAK меню НАСТРОЙКИ встановіть - 42 км. Поступово збільшуйте потужність частоти генератора G4-76A, щоб отримати дистанційне зчитування в розділі RANGE (42 км).

6). Зменшить значення потужності РФ до 20 дБ для дальності 42 км (діапазон між розетками F2 - F5 пристрою введення EU2.027.132, встановлених на випробувальному стенді діапазону), і отримайте доступ до комп'ютера. Отримане значення не повинно перевищувати мінус 115 дБ · Вт.

7). проводити цю перевірку на каналах 108.60; 114.60; 117,90 (номінальні частоти вхідного сигналу - 984, 1180, 1213 МГц відповідно).

### **1.7.6 Перевірка індикації сигналу звукового пізнання**

1). Для перевірки виходу сигналу розпізнавання звуку необхідно зібрати згідно з рис. 1.17, щоб привести до ланцюга контактів.

2). Запустіть програму "Тестовий стенд Дальномір". Виберіть сигнал "Перевірити методи TU / 6".

3). ЧЗ-54, Г4-76А, увімкніть робочу підставку (тумблер SA2 на підставці), увімкніть комп'ютер. Налаштуйте генератор Г4-76А на 962 МГц (канал 134.40). Контроль частоти здійснюється за допомогою вимірювача частоти ЧЗ-54, підключеного до розетки OX CALIBERS генератора Г4-76А. Встановіть частоту потужності генератора Г4-76А на мінус (110 - 120) дБ · Вт.

4). У меню "стенд для випробування діапазону" на комп'ютері:

НА ВИБІР СВІТЛА - DME (SD-75M);

Живлення - увімкнене;

Звук - увімкнене.

5). Поступово збільшуйте потужність частоти генератора G4-76А перед прослуховуванням динаміки сигнальної підставки "СОЗЧ".

6). Зменшить значення рівня потужності радіочастотного сигналу, що чується в сигналі " СОЗЧ", на 20 дБ (падіння діапазону між розетками F2 - F5 пристрою введення EU2.027.132, встановлених на тестовому стенді), і введіть комп'ютер. Отримане значення більше не повинно бути мінус 113dB · Вт.

7). Встановіть частоту потужності генератора G4-76А на мінус 80 дБ · Вт, динамік повинен прослуховувати сигнал «СОЗЧ».

8). Відключіть частотний сигнал генератора G4-76А, виробник смуг повинен продовжувати сигнал " СОЗЧ".

9). Осцилоскоп С1-99 для вимірювання напруги "СОЗЧ" на випробувальних установках ЗВВ та ЗВН. Значення амплітуди вимірюваної

напруги має бути не менше 4,5 В (для навантаження 200 Ом). Отримані дані вводяться в комп'ютер.

10). проводити цю перевірку на каналах 108.60; 114.60; 117,90 (номінальні частоти вхідного сигналу - 984 МГц, 1180 МГц, 1213 МГц відповідно).

### **1.7.7 Перевірка параметрів індикації сигналу БЛАНК**

1). Для перевірки параметрів сигналу БЛАНК необхідно зібрати згідно з рис. 1.17, щоб провести схему.

2). Запустіть програму "Тестовий стенд Дальномір". Виберіть меню "Перевірити налаштування сигналу BLANK TU / 7".

3). Додайте ЧЗ-54, Г4-76А, операційну підставку, комп'ютер. Налаштуйте генератор Г4-76А на 962 МГц (канал 134.40). Контроль частоти здійснюється за допомогою лічильника частоти ЧЗ-54, підключеного до генератора ВІХ НЕКАЛІБР G4-76А. Відрегулюйте частоту радіочастот генератора G4-76А до мінус 117 дБ · Вт.

4). У меню "стенд для випробування діапазону" на комп'ютері:

НА ВИБІР СВІТЛА - DME (SD-75M);

Живлення - увімкнено;

Звук - вимкнено.

5). Підключіть вхід осцилографа С1-99 до контакту 31В пульта управління підставки. Виміряйте значення амплітуди імпульсу БЛАНК (Непорожній? 18 В). Введіть виміряне значення амплітуди в комп'ютер і натисніть команду «Підтвердити доступ». Програмне забезпечення повідомляє про те, що продукт відповідає ТУ.

Натисніть "Наступний тест", щоб вибрати наступний канал. встановлення від Г4-76А до 1143 МГц (канал 111.95). Виміряйте амплітуду імпульсу БЛАНК. Значення амплітуди не повинно бути менше 18 В.

### **1.7.8 Перевірка роботи режиму КОНТРОЛЬ**

1). Для перевірки стану КОНТРОЛЮ необхідно підвести контакти до ланцюга згідно рис. 1.17.

2). Запустіть програму "Тестовий стенд Дальномір". Виберіть меню "Методи перевірки режиму управління ТУ / 8".

3). ЧЗ-54, Г4-76А, увімкніть робочу підставку (тумблер SA2 на підставці), увімкніть комп'ютер. Встановіть генератор Г4-76А на 1143 МГц (канал 111.95). Контроль частоти здійснюється за допомогою лічильника частоти ЧЗ-54, підключеного до генератора V3K NAKALIBR G4-76А.

4). У меню "стенд для випробування діапазону" на комп'ютері:  
НА ВИБІР СВІТЛА - DME (SD-75M);

Живлення - увімкнене;

Звук - увімкнене.

5). Підключіть осцилограф С1-99 до контакту 24А панелі управління підставки. Вимкніть кнопку перемикача генератора ГV-76А, програма проведе необхідні вимірювання та повідомить про відповідність продукту ТУ.

6). Перевірити наявність вихідного слова на осцилограмі (JI) та побачити повідомлення NVD на екрані монітора у матриці слова вихідного коду (цифри 31 та 30) (дані не враховуються). Клацніть лівою кнопкою миші в полі "Почати тест", і коли дасться команда управління, діапазон знаходиться на 2 сигналах ВІДМОВА і СОЗЧ.

Режим управління можна керувати осцилографом С1-99, який відображає 31 та 30 бітові позиції у вихідному слові.

## РОЗДІЛ 2

### РОЗРОБКА ПРИЛАДУ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ДАЛЕКОМІРА

#### **2.1. Вибір методу контролю**

Ефективність процесу пошуку відмов істотно впливає на якість алгоритмів контролю, що є важливим чинником під часу контролю роботи пристрою. Для вирішення однієї і тієї ж задачі управління можна створити кілька алгоритмів, які відрізняються за змістом основних елементів керування або послідовністю їх здійснення, або обома. У цьому випадку різні алгоритми вимагають різних витрат.

Якість алгоритму пошуку суттєво впливає на ефективність автоматизованих систем управління в обслуговуванні літаків. Ефективність пошуку характеризується різними витратами: часом, матеріалом, енергією тощо.

Для створення найпростіших алгоритмів пошуку використовуються різні методи оптимізації. Вирішіть відразу дві групи проблем. Перший полягає у виборі найкращого набору параметрів, керованих об'єктом управління для отримання крайніх функцій цільової оптимізації. Друге - виконати найкращу послідовність контролю вибраних параметрів для досягнення тієї ж мети.

У цій роботі ми обмежимося випадками, коли значення керування вихідними параметрами функціональних елементів та ймовірність різних станів об'єкта управління однакові, і часто метою оптимізації при розробці алгоритмів управління є кількість окремих перевірок в алгоритмі пошуку.

#### **2.2. Склад математичної моделі контролю далекоміра**

Початкові зображення об'єкта управління, на якому побудована математична модель, можуть бути різними. Характерні зображення - це системи алгебраїчних, диференціальних або інших рівнянь, які

визначають структурні, функціональні або основні схеми об'єкта, а також взаємозв'язки між вхідними, внутрішніми та вихідними координатами об'єкта. У цьому документі побудуємо модель на основі схеми діапазону DME / P-85 рис. 2.1.

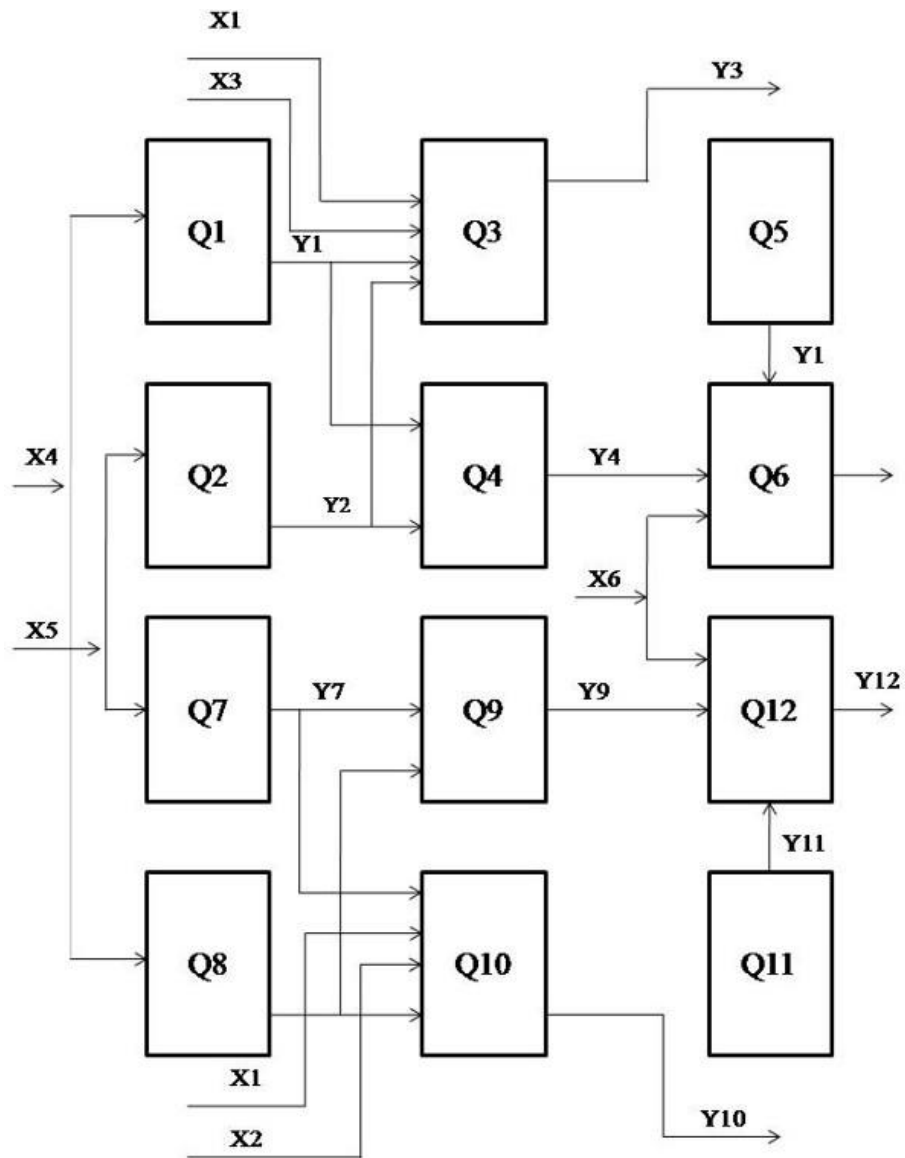


Рис. 2.1. Функціонально-логічна схема блока далекоміра DME/P-85

Теоретичний аналіз технічної продукції завжди передбачає заміну реального товару будь-якою моделлю. Ця заміна, як правило, дозволяє використовувати формальний пристрій сучасної математики для оптимізації працездатності та вирішення проблеми усунення несправностей у реальних технічних системах. Як математична модель об'єкта управління ми отримуємо функціонально-логічну модель, яка враховує функціональні та логічні зв'язки системи рис. 2.1.



Визначення функціональних елементів, закладених у функціонально-логічну модель, залежить від глибини розв'язуваної проблеми. Відповідна глибина пошуку систем літака визначається структурними змінними. При створенні функціонально-логічної моделі ми намагалися переконатися, що додані до неї елементи відповідають змінюваним системним блокам.

Для повного визначення функціонально-логічної моделі об'єкта управління необхідно скласти список усіх можливих несправностей. Однак у складних системах практично неможливо виділити ряд таких станів. Тому струм несправностей в об'єктах авіаційного обладнання є нормальним, тому кількість відмов у функціонально-логічній моделі визначається кількістю його елементів для функціонально-логічної моделі нашої функції (рис. 2.1), кількість несприятливих умов - 12.

Для вирішення проблеми побудови алгоритмів роботи автоматизованих систем управління функціонально-логічна модель задається у вигляді матриці, яка зручно визначає взаємозв'язки багатьох станів  $S$ , взаємозалежності та багато тестів. Така матриця називається матрицею стану об'єкта управління або таблиці персоналу.

Принцип складання таблиці стану заснований на аналізі функціонально-логічної моделі. Для цього всі параметри вхідних сигналів, що вводяться в об'єкт управління, мають оптимальні значення, тобто  $X_1 = 1$ . Якщо контрольні точки - це вихід будь-якого блоку функціонально-логічної моделі, то можливі перевірки дорівнюють кількості блоків моделі. Також, якщо вихідний сигнал є толерантним, він позначається "1", якщо немає допуску, він позначається "0".

З огляду на загальновідомі правила структури таблиць, у таблиці 2.1 виробник діапазону DME / P-85 показує таблицю корпусів функціонально-логічної моделі (рис. 2.1).

S Y <sub>j</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>	S <sub>6</sub>	S <sub>7</sub>	S <sub>8</sub>	S <sub>9</sub>	S <sub>10</sub>	S <sub>11</sub>	S <sub>12</sub>	W
Y <sub>1</sub>	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Y <sub>2</sub>	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Y <sub>3</sub>	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6
Y <sub>4</sub>	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	6
Y <sub>5</sub>	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	10
Y <sub>6</sub>	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2
Y <sub>7</sub>	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	10
Y <sub>8</sub>	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	10
Y <sub>9</sub>	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	6
Y <sub>10</sub>	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	6
Y <sub>11</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	10
Y <sub>12</sub>	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	2

Матриця, побудована таким чином, може бути використана при побудові алгоритму, якщо ймовірні характеристики випадків і значення тесту продукту однакові.

Стовпці матриці стану відповідають усім можливим станам об'єкта, а рядки - початковим параметрам функціональних елементів або можливим діагностичним властивостям, сформованим на основі цих параметрів. При побудові матриці передбачається, що об'єкт повільний через збій лише одного функціонального елемента і піддається можливим системним збоєм. Слід зазначити, що послідовний аналіз системи за

допомогою матриці стану дозволяє ідентифікувати всі функціональні елементи, які вийшли з ладу.

### **2.2.1. Побудова алгоритму пошуку відмов з використанням інформаційного критерія**

Наведемо метод, заснований на використанні теорії інформації, алгоритму пошуку системних збоїв, матриці заданих випадків (табл. 2.1).

Усі випадки об'єкта управління оцінюються однаковими:

$$P(S_1) = P(S_2) = \dots P(S_N) = 1/N \quad (2.1)$$

На даному етапі невизначеність стану об'єкта перед контролем характеризується ентропією:

$$H = \sum_{i=1}^N P_i \log_2 P_i = \log_2 N \quad (2.2)$$

Управління кожним параметром об'єкта забезпечує деяку якісну інформацію про його стан:

$$I_K = H_0 - H_K \quad (2.3)$$

де  $H_K$  – середня ентропія потрібного об'єкта при необхідній перевірці параметра  $K$ . В результаті управління параметром  $K$  можливе лише одне з двох рішень: параметр  $K$  сумісний або параметр  $K$  – не сумісний. Тоді середня умовна ентропія:

$$H_K = \frac{m}{N} \log_2 m + \frac{N-m}{N} \log_2 (N-m), \quad (2.4)$$

де  $m$  – число одиниць у  $K$ -му рядку;

$N-m$  – число нулів у тім же рядку.

Таким чином результуючим етапом контролю параметра  $K$  ми отримаємо кількість необхідної інформації:

$$I_K = \log_2 N - \frac{m}{N} \log_2 m - \frac{N-m}{N} \log_2 (N-m) \quad (2.5)$$

У нашому випадку ентропія дорівнює пошуку для невдач  $H_0 = \log_2 12 = 3,58$ . Під час контролю кожного параметру виводиться певна кількість інформації:

$$I_K = \log_2 N - \frac{m}{N} \log_2 m + \frac{N-m}{N} \log_2 (N-m)$$

$$I_1 = H_0 - \frac{11}{12} \log_2 11 - \frac{1}{12} \log_2 1 = 0,396$$

$$I_2 = H_0 - \frac{11}{12} \log_2 11 - \frac{1}{12} \log_2 1 = 0,396$$

$$I_3 = H_0 - \frac{9}{12} \log_2 9 - \frac{3}{12} \log_2 3 = 0,805$$

$$I_4 = H_0 - \frac{9}{12} \log_2 9 - \frac{3}{12} \log_2 3 = 0,805$$

$$I_5 = H_0 - \frac{11}{12} \log_2 11 - \frac{1}{12} \log_2 1 = 0,396$$

$$I_6 = H_0 - \frac{7}{12} \log_2 7 - \frac{5}{12} \log_2 5 = 0,999$$

$$I_7 = H_0 - \frac{11}{12} \log_2 11 - \frac{1}{12} \log_2 1 = 0,396$$

$$I_8 = H_0 - \frac{11}{12} \log_2 11 - \frac{1}{12} \log_2 1 = 0,396$$

$$I_9 = H_0 - \frac{9}{12} \log_2 9 - \frac{3}{12} \log_2 3 = 0,805$$

$$I_{10} = H_0 - \frac{9}{12} \log_2 9 - \frac{3}{12} \log_2 3 = 0,805$$

$$I_{11} = H_0 - \frac{11}{12} \log_2 11 - \frac{1}{12} \log_2 1 = 0,396$$

2

$$I_{12} = H_0 - \frac{7}{12} \log_2 7 - \frac{5}{12} \log_2 5 = 0,999$$

Найбільшу кількість інформації несе параметр У6.

Після цього об'єкт матиме ентропію  $N_K$ , яка описує його новий стан. Другий параметр, який потрібно перевірити, - містить найбільшу інформацію про новий стан об'єкта управління:

$$I\left(\frac{y_h}{y_k}\right) = N_K - H\left(\frac{y_h}{y_k}\right) \quad (2.6)$$

При складанні умовна ентропія обчислюється за формулою:

$$H\left(\frac{y_h}{y_k}\right) = P\left(\frac{y_h}{y_k}\right)H\frac{y_h}{y_k} + P\left(\frac{y_h}{y_k}\right)H\frac{y_h}{y_k} + P\left(\frac{y_h}{y_k}\right)H\frac{y_h}{y_k} + P\left(\frac{y_h}{y_k}\right)H\frac{y_h}{y_k}$$

Таким чином для обчислення кількості умовної інформації після здійснення контролю вираз буде мати вигляд:

$$I\left(\frac{y_h}{y_k}\right) = -\left(\frac{m_1}{N} \log_2 \frac{m_1}{N} + \frac{m-m_1}{N} \log_2 \frac{m-m_1}{N}\right) + \frac{m_2}{N} \log_2 \frac{m_2}{N-m} + \frac{N-m-m_2}{N} \times \log_2 \frac{N-m-m_2}{N-m};$$

де  $m_1$  - число одиниць в рядку  $h$  матриці станів відносно  $m$  одиниць у рядку  $K$ ;

$m_2$  - число одиниць в рядку  $h$  відносно  $N$  нулів у рядку  $K$ .

Обчисліть кількість даних, що дозволяє керувати параметрами за умови керування параметром  $U_6$ :

$$Y\left(\frac{Y_1}{Y_6}\right) = -\left[\frac{7}{12} \log_2 \frac{7}{7} + \frac{0}{12} \log_2 \frac{0}{7} + \frac{4}{12} \log_2 \frac{4}{5} + \frac{1}{12} \log_2 \frac{1}{5}\right] = 0,3$$

$$Y\left(\frac{Y_2}{Y_6}\right) = -\left[\frac{7}{12} \log_2 \frac{7}{7} + \frac{0}{12} \log_2 \frac{0}{7} + \frac{4}{12} \log_2 \frac{4}{5} + \frac{1}{12} \log_2 \frac{1}{5}\right] = 0,3$$

$$Y\left(\frac{Y_3}{Y_6}\right) = -\left[\frac{6}{12} \log_2 \frac{6}{7} + \frac{6}{12} \log_2 \frac{6}{7} + \frac{1}{12} \log_2 \frac{1}{7} + \frac{1}{12} \log_2 \frac{1}{7} + \frac{3}{12} \log_2 \frac{3}{5} + \frac{3}{12} \log_2 \frac{3}{5} + \frac{2}{12} \log_2 \frac{2}{5} + \frac{2}{12} \log_2 \frac{2}{5}\right] = 0,75$$

$$Y\left(\frac{Y_4}{Y_6}\right) = -\left[\frac{7}{12} \log_2 \frac{7}{7} + \frac{7}{12} \log_2 \frac{7}{7} + \frac{0}{12} \log_2 \frac{0}{7} + \frac{0}{12} \log_2 \frac{0}{7} + \frac{4}{12} \log_2 \frac{4}{5} + \frac{4}{12} \log_2 \frac{4}{5} + \frac{1}{12} \log_2 \frac{1}{5} + \frac{1}{12} \log_2 \frac{1}{5}\right] = 0,4$$

$$Y\left(\frac{Y_5}{Y_6}\right) = -\left[\frac{7}{12} \log_2 \frac{7}{7} + \frac{7}{12} \log_2 \frac{7}{7} + \frac{0}{12} \log_2 \frac{0}{7} + \frac{0}{12} \log_2 \frac{0}{7} + \frac{4}{12} \log_2 \frac{4}{5} + \frac{4}{12} \log_2 \frac{4}{5} + \frac{1}{12} \log_2 \frac{1}{5} + \frac{1}{12} \log_2 \frac{1}{5}\right] = 0,3$$

$$Y\left(\frac{Y_6}{Y_6}\right) = -\left[\frac{7}{12} \log_2 \frac{7}{7} + \frac{7}{12} \log_2 \frac{7}{7} + \frac{0}{12} \log_2 \frac{0}{7} + \frac{0}{12} \log_2 \frac{0}{7} + \frac{4}{12} \log_2 \frac{4}{5} + \frac{4}{12} \log_2 \frac{4}{5} + \frac{1}{12} \log_2 \frac{1}{5} + \frac{1}{12} \log_2 \frac{1}{5}\right] = 0,3$$

$$\begin{array}{r}
{}^2_7 \quad 12 \quad {}^2 \\
7 \quad 12 \quad {}^2 \\
5 \quad 12 \quad {}^2_5
\end{array}
\begin{array}{cccccccc}
6 & 1 & 1 & 5 & 5 & 0 & 0 & \\
- & - & - & - & - & - & - & \\
\log & + & \log & + & \log & + & \log & \\
\end{array}
= -[ \quad ] = 0,34$$

$$Y_6 = \frac{\overline{12} \quad {}^2_7 \quad 12 \quad {}^2_7 \quad 12 \quad {}^2_5 \quad 12 \quad {}^2_5}{12 \quad {}^2_7 \quad 12 \quad {}^2_7 \quad 12 \quad {}^2_5 \quad 12 \quad {}^2_5}$$

$$Y_6 = -[ \frac{6}{12} \log \frac{6}{12} + \frac{1}{12} \log \frac{1}{12} + \frac{5}{12} \log \frac{5}{12} + \frac{0}{12} \log \frac{0}{12} ] = 0,34$$

$$Y\left(\frac{Y_9}{Y_6}\right) = -\left[\frac{4}{12} \log_2 \frac{4}{7} + \frac{3}{12} \log_2 \frac{3}{7} + \frac{5}{12} \log_2 \frac{5}{5} + \frac{0}{12} \log_2 \frac{0}{5}\right] = 0,57$$

$$Y\left(\frac{Y_{10}}{Y_6}\right) = -\left[\frac{4}{12} \log_2 \frac{4}{7} + \frac{3}{12} \log_2 \frac{3}{7} + \frac{5}{12} \log_2 \frac{5}{5} + \frac{0}{12} \log_2 \frac{0}{5}\right] = 0,57$$

$$Y\left(\frac{Y_{11}}{Y_6}\right) = -\left[\frac{6}{12} \log_2 \frac{6}{7} + \frac{1}{12} \log_2 \frac{1}{7} + \frac{5}{12} \log_2 \frac{5}{5} + \frac{0}{12} \log_2 \frac{0}{5}\right] = 0,34$$

Для контролю другим пристроєм вибираємо параметр  $Y_3$ .

Потім визначте кількість умовної інформації для інших параметрів, враховуючи умову управління двома новими параметрами:

$$I\left(\frac{Y_i}{Y_6, Y_3}\right) = H\left(\frac{Y_6}{Y_3}\right) - H\left(\frac{Y_i}{Y_6, Y_3}\right); \quad (2.7)$$

Отже, контроль послідовності параметрів, приведених у таблиці 2.2, реалізує пошук несправностей в самому об'єкті контролю, наданому функціональною моделлю рис. 2.1

Таблиця 2.2

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Y(i)	Y6	Y3	Y9	Y10	Y12	Y4	Y7	Y11	Y7	Y1	Y5	Y2

Неможливість застосувати інформаційний критерій полягає у складності виявлення необхідних та достатніх ознак умов. Використання комп'ютерів дозволяє певною мірою спростити процес вирішення проблем, але існує проблема у створенні програми.

### 2.2.2. Побудова алгоритму пошуків несправностей, за допомогою інженерного методу

Вихідними даними для цього методу є об'єктна модель та таблиця стану. У цьому випадку для спрощення послідовності перевірок використовується дуже проста функція привілеїв. Функції пріоритету вибираються залежно від завдання та наявності вихідних даних.



Використовуючи матрицю станів табл. 2.1, побудуємо алгоритм пошуку відмов.

Ми використовуємо наступні умови теорії даних, тобто максимальна інформація про об'єкт - це параметр, який ділить набір стану об'єкта на дві рівні частини.

Виходячи з цієї позиції, функція переваги визначається як таке відношення:

$$W(y_j) = \min |\sum "0" - \sum "1"|, \quad (2.8)$$

де «0» та «1» - виступають кількістю нулів і одиниць в рядку  $j$  матриці станів.

Перший параметр, який слід перевірити, -  $Y_{j1}$ , для якого бажана функція сканування має мінімальне значення. Тест ділить матрицю стану на дві частини, для чого необхідно обчислити функції привілеїв та визначити чеки  $Y_{j2}$  та  $Y_{j3}$  на мінімальні значення, кожна з яких у свою чергу ділить попередню матрицю на дві частини. Набір параметрів та послідовність їх керування вибираються до тих пір, поки можливий  $N$  стан об'єкта не розділиться на окремі випадки через необхідну глибину вирішення проблеми.

Послідовність побудови алгоритму наведена в рис.2.2. На основі отриманих результатів ми будуємо дерево рішень при побудові алгоритму усунення поломок рис. 2.2.

Результати показують, що цей метод може бути застосований до системи, яку ми тестуємо DME / P-85, і не накладає жодних обмежень на вихідні дані керованої системи.

Тому наша робота зі створення алгоритму усунення поломок базується на інженерному методі, який є простим та ефективним.

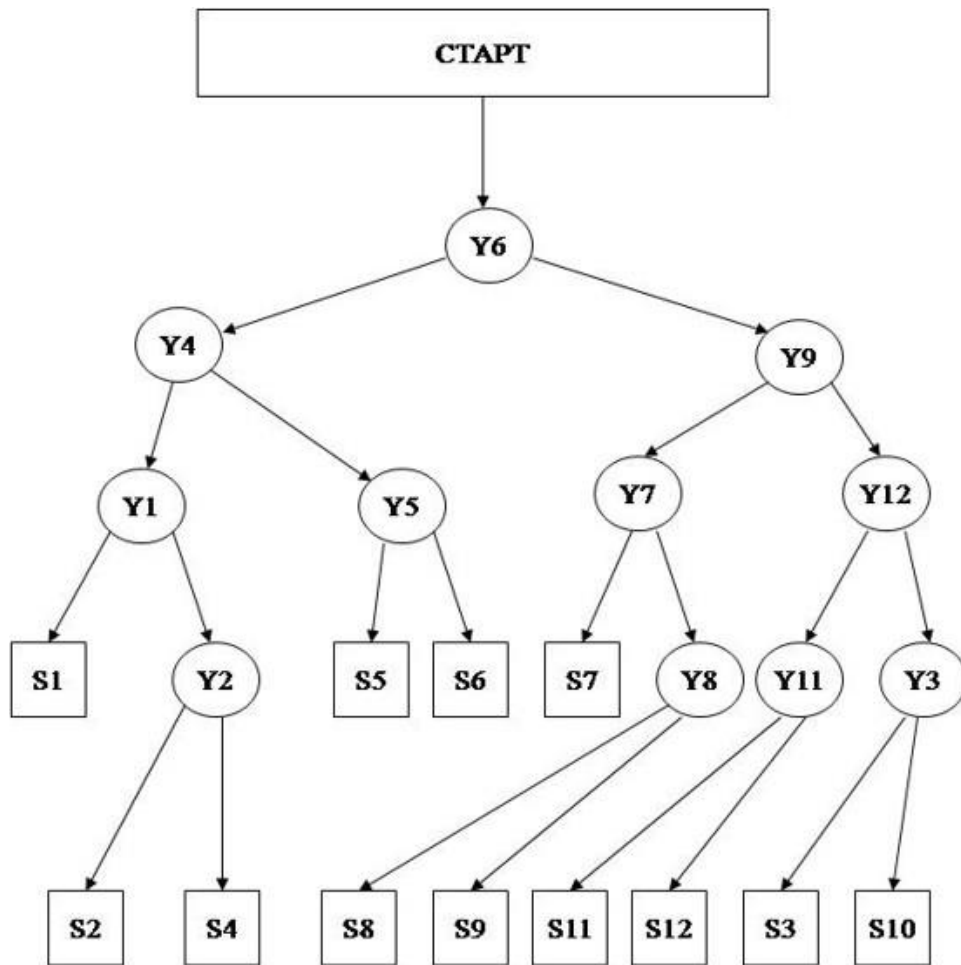


Рис. 2.2. Схема пошуку поломок за інженерним методом

### 2.2.3. Алгоритм пошуку і його побудова по ієрархічному принципу

Для побудови алгоритму пошуку вихідні дані в цьому випадку доступні у функціональній моделі. У цьому випадку основні функціональні елементи об'єкта управління поділяються на  $N$  груп  $Q$  елементів у кожній.

Для нашої функціонально-логічної моделі подивіться процес створення схеми розв'язання задачі на основі ієрархічного принципу. Керуючи системою шляхом поділу її на окремі групи елементів, ми контролюємо структуру та умови роботи системи. У літературі така схема підтверджується тим, що ймовірність виходу з ладу функціональних елементів однакова, однаковий контрольний час, найзручніший час пошуку,

тобто кожен показник вказує на два елементи нижньої сходинки.

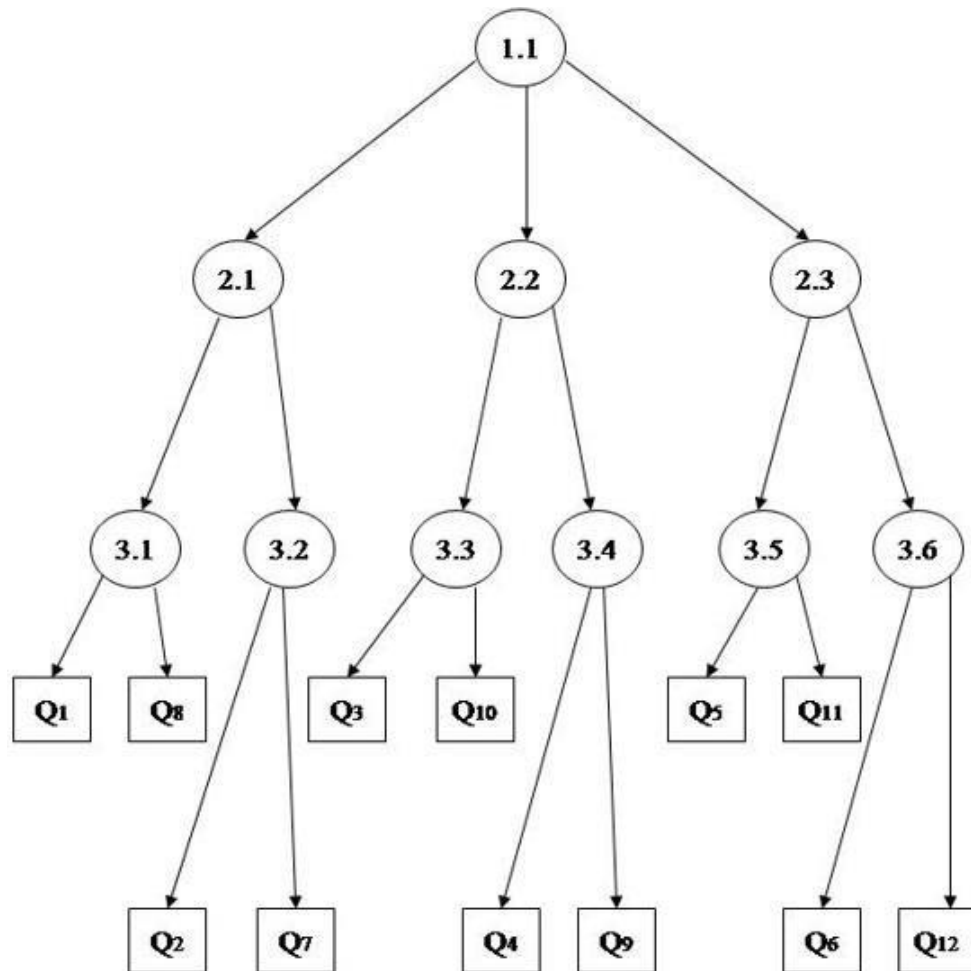


Рис. 2.3. Структурна схема пошуку неполадок за ієрархічним принципом

Таким чином, 12 основних функціональних елементів нашої моделі поділяються на 6 груп, що складаються з 2 елементів у кожній (рис. 2.3). Вихідні параметри функціональних елементів поєднуються в одній точці з вимірювальним приладом та індикатором несправності. Буде 6 таких показників. Друга також поділяється на 3 групи, кожна з яких складається з 2 частин. Вихід останньої групи показників знову поєднувався з одним індикатором в одній точці. В результаті такої побудови ми отримуємо ієрархічну структуру виправлення неполадок, показану на рис. 2.3.

Процедура усунення несправностей для такої системи виглядає наступним чином. Якщо якийсь важливий функціональний елемент виходить з ладу, останній індикатор вказує на несправність системи контролю. Після цього будуть відображені результати першого туру

залежно від порядку та тривалості кожного дослідження. Наступний тест припиняється, коли виявлено індикатор несправності. Тепер вторинні показники стосуються першого індексу, місця, де була записана помилка тощо. ти можеш бачити Процедура продовжується до тих пір, поки не буде знайдено неправильний функціональний елемент. Ця ієрархічна схема значно скорочує час пошуку несправного елемента керованої системи, а також ймовірність результатів порівняно з методами, заснованими на дереві відмов.

### **2.3. Пристрій для контролю системи**

Поліпшення продуктивності, зниження витрат, підвищення якості та підвищення надійності - основні цілі автоматизації. Що стосується автоматизованих систем управління, то автоматизація процесів дозволяє досягти таких переваг: значно знижує складність діагностики, забезпечує високий рівень достовірності інформації про технічний стан; використовувати жорсткі алгоритми технічного контролю, що виключають можливість втручання суб'єктивних факторів; отримання документів, що визначають технічний стан об'єкта; регулярний збір інформації про технічний стан підконтрольного об'єкта, його зміни; реалізація передової стратегії технічного обслуговування та ремонту.

Відмінністю та особливістю систем автоматичного керування є автоматичне виконання основних операцій у системах. Вони включають створення, заміну, зміну контрольних параметрів, вимірювання числового значення вимірюваного параметра, порівняння його з полем допуску, визначення точності параметра, збереження, відображення та автоматичне видалення наступного контрольованого параметра. Існують також методи вимірювання. фірмове або гнучке програмне забезпечення та автоматична доставка відповідного попереджувального сигналу.

Основні операції, що описують автоматизацію в цьому списку є:  
- автоматизація комутації, передачі різних комутаторів та вихідних сигналів та вхідних стимуляторів;

- автоматизація процесу обчислення вимірюваних значень контрольованих параметрів з площею допуску;
- запам'ятовування та документування.

Велика перевага процесу автоматизації управління це можливість використання мікропроцесорів стимуляторів та систем на їх основі.

### РОЗДІЛ 3

## РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ЗА ПРИНЦИПОВОЮ СХЕМОЮ ПРИБОРУ КОНТРОЛЮ

### 3.1. Основні відомості про апарат контролю

Структура систем управління визначається такими завданнями контролю: оцінка стану об'єкта, прийняття рішень щодо придатності об'єкта контролю за його призначенням, ідентифікація стану та причин неспроможності відновити належний стан. Рішення цих проблем окреслено в програмі управління.

Розбиття обладнання на підсистеми дозволяє обмежити апаратний опис блоків у межах запланованої системи. Пристрій розроблено та реалізовано за допомогою стандартних інтегральних схем.

Вводити інформацію про типи об'єктів, які підлягають управлінню, стан і умови управління перед керівником управління в системі управління. У сучасних системах управління ІВК програма управління реалізується у вигляді команд цифрових процесорів рис. 3.1.

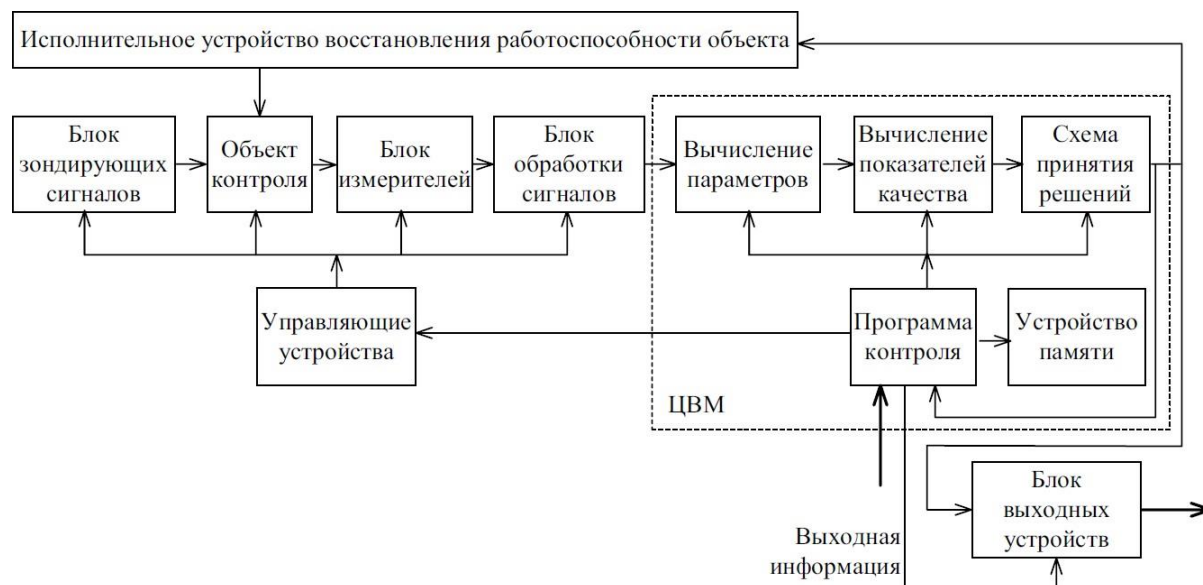


Рис. 3.1. Структурна схема системи контролю пристрою

Після підключення ІВК до контролера та ввімкнення режиму управління, необхідного для команд з блоку програм управління,

контролер активує звукову сигналізацію і в той же час готує СРІ. Зондова сигналізація моделює умови роботи в обраному режимі та перемножує вхідні сигнали об'єкта управління. Початкові реакції об'єкта управління вводяться на метр. Алгоритм обліку визначається програмою управління і реалізується шляхом розширення управління. Відмінною особливістю сигналів на вході лічильників є суміш корисних сигналів і ефектів, включаючи множення і додаткові комбінації. Наявність звукових і вимірювальних похибок обумовлює необхідність використання фільтрів в пристрої обробки сигналів. Необхідно змінити сигнали, оцифрувати їх і підключити до комп'ютера, де розраховуються параметри та показники якості об'єкта управління. Схема прийняття рішень включає значення параметрів і показники якості, а також допуск до цих значень. Пристрій дає вам інструкцію повторити всю або частину програми керування, відкрити пристрої відновлення (налаштувати параметри, запустити елементи резервного копіювання тощо) і відкрити пристрій виведення.

Блок пристрою-джерела забезпечує інформацію про придатність системи для виконання своїх функцій, характер і місце наявної несправності, а також значення параметрів та показників якості. Форма подання інформації може бути різною - на моніторі ПЕОМ або на бортовій системі електронного індикатора. Робота пристрою виведення координується програмою управління.

Дані про допуски параметрів та показників якості зберігаються в пам'яті процесора. Цей пристрій контролюється програмним забезпеченням для управління.

Цифрова обробка сигналу дозволяє передавати будь-який описаний сигнал з високим рівнем точності за допомогою будь-якого відповідного алгоритму.

Для цифрової обробки кодом слід вважати перетворення його на аналоговий сигнал на вході за допомогою цифро-аналогового

перетворювача (ЦАП). Алгоритми цифрової обробки сигналів можуть бути реалізовані як у жорстких розширеннях логіки, так і в розширеннях логіки програмного забезпечення - універсальних або спеціалізованих мікропроцесорів та мікроконтролерів. Інтегрована робота перетворювачів має такі переваги:

- висока точність та стабільність вихідних та вхідних характеристик у великому температурному діапазоні;
- стандартизація параметрів мікросхем у виробництві;
- біт висока швидкість і швидкість конверсії.

Останнім часом у розвитку мікросхем ADC з'явилися такі основні тенденції:

- схематичне введення мікросхем і введення нових функцій через складність системи
- збільшення швидкості передачі бітів;
- зменшення споживання електроенергії;
- збільшення швидкості.

Цифрова обробка сигналів дозволяє виконувати перетворення описаних сигналів з високим ступенем точності з будь-яким складним алгоритмом.

Перш ніж розпочати детальну розробку обладнання, слід зазначити, що деякі функції краще виконувати за допомогою обладнання для обробки та управління програмним забезпеченням (блок процесора).

Перейдемо до розгляду та проектування кожного блоку, який є частиною нашої схеми управління прямими розширеннями.

### **3.2. Компонентний склад пристрою перевірки**

ATmega32U4 - це економічний 8-бітний мікроконтролер CMOS на базі процесора AVR RISC. Дотримуючись кількох інструкцій в одному циклі синхронізації, ATmega32U4 досягає значення 1 MIPS / МГц, що



дозволяє виробнику оптимізувати співвідношення споживання енергії та продуктивності. Огляд показників мікроконтролера на рис. 3.2.

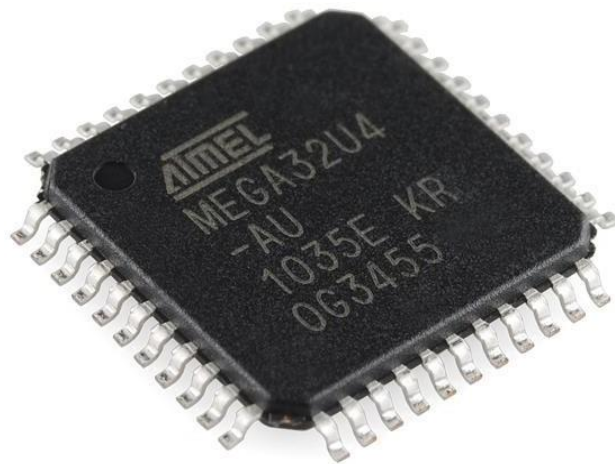
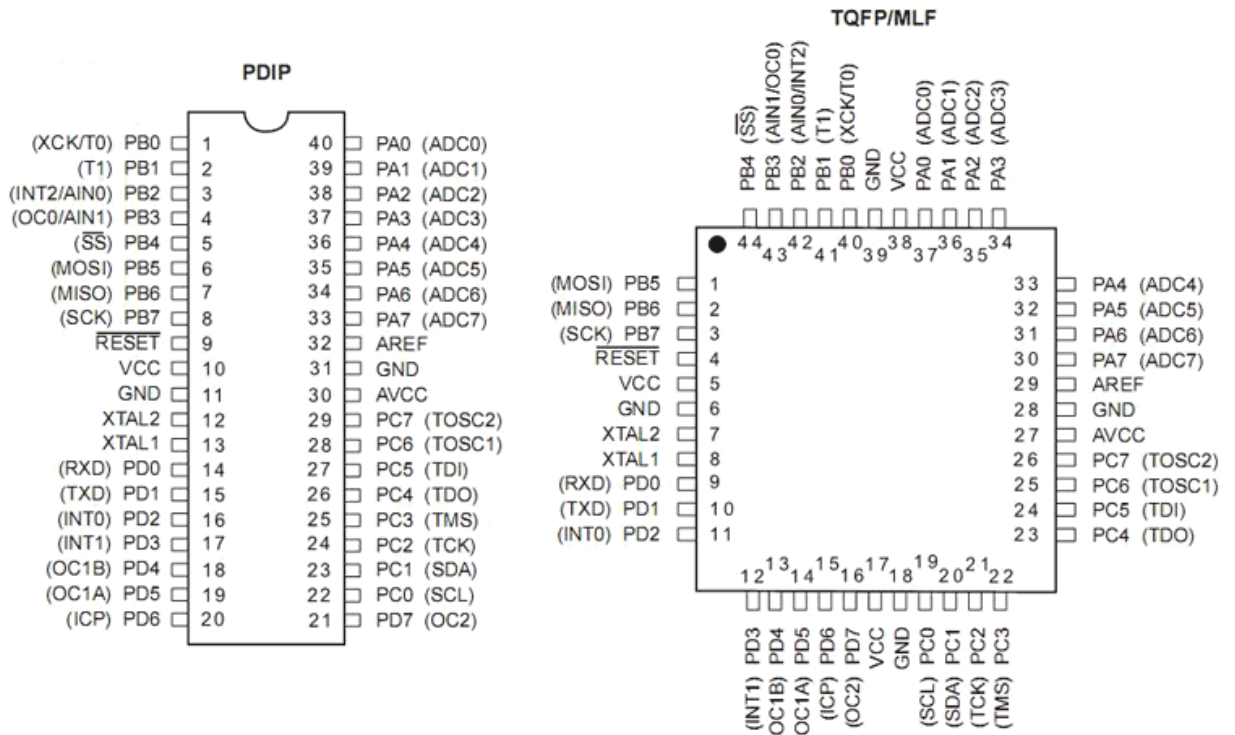


Рис. 3.2. Загальний вигляд мікроконтролера ATmega32U4

Функціональна схема мікроконтролера ATmega32U4 приведена на рис. 3.3.

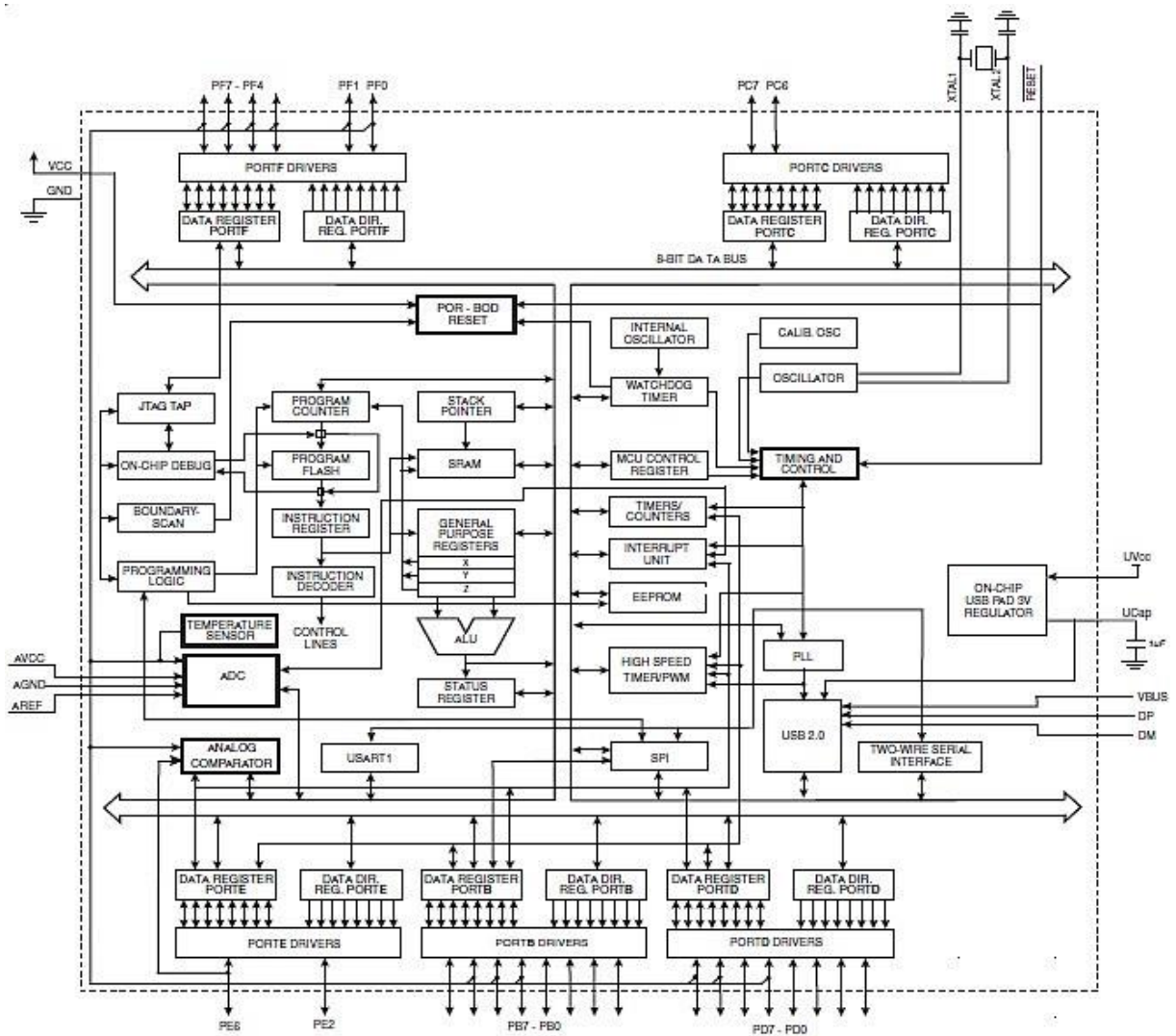


Рис. 3.3 Функціональна схема мікроконтролера ATmega32U4

Ядро AVR підтримує широкий набір інструкцій і включає 32 реєстратори загального призначення. Всі 32 реєстри безпосередньо пов'язані з АЛУ, що дозволяє призначити два реєстри в одному маршрутизаторі та виконувати їх в одному циклі синхронізації. Як результат, така архітектура дозволяє додаткам працювати ефективніше і набагато перевершувати традиційні мікроконтролери CISC.

Мікроконтролер ATmega32U4 має 32 кбіт внутрішньої структурованої програмованої флеш-пам'яті, читабельність під час запису, 1 кбіт EEPROM, 2,5 кбіт статичної оперативної пам'яті, 26 ліній введення / виводу загального призначення (CMOS-виходи та входи LVTTTL), 32 Порівняння та ШІМ чотири лічильники лічильників з режимами, швидкісний регульований таймер-лічильник з режимами порівняння та

PLL, запрограмований як джерело тактового сигналу, єдиний USAPP (апаратний вихід управління потоком з CTS / RTS), розроблений для двопрвідних байтів. інтерфейс, 12-канальний 10-бітний АЦП з додатковим ступенем диференціального входу (програмоване посилення), запрограмований таймер відстеження із вбудованим каліброваним датчиком температури, окремим вбудованим генератором, серія, сумісна із системою налагодження IEEE 1149.1 та системою налагодження SPI- інтерфейс. програмування) та шість вибраних економічних режимів та продуктивності. Режим роботи в режимі очікування зупиняє процесор, але статична ОЗУ, таймери та перебої працюють. У режимі вимкнення живлення вміст регістрів зберігається і генератор зупиняється, всі встановлені функції вимикаються до наступних встановлених перебоїв або відновлення аксесуарів. У режимі зменшення шуму АЦП ЦП та всі модулі вводу / виводу, крім АЦП, зупиняються, що зменшує вплив цифрового шуму на результат перетворення. У режимі очікування кварцовий генератор продовжує працювати, і остання частина мікроконтролера не працює. Використання цього режиму дозволяє досягти максимальної швидкості відновлення нормальної роботи, зберігаючи низький рівень середнього енергоспоживання.

Мікроконтролер виготовляється з використанням незалежної технології пам'яті ATME1 високої щільності. Вбудована програмована флеш-пам'ять підтримує можливість перепрограмування в системі за допомогою послідовного інтерфейсу SPI під керуванням простого автономного програміста пам'яті або завантажувальної програми, встановленої ядром AVR. Програма завантаження може використовувати будь-який інтерфейс для завантаження програмного коду в сектор програмного забезпечення Flash. Програма в завантажувальному секторі флеш-пам'яті також продовжить оновлювати розділ флеш-програм, включаючи підтримку читабельності під час запису.

Інтеграція 8-бітового процесора RISC з односхемовою внутрішньосистемною самопрограмованою флеш-пам'яттю робить мікроконтролер ATmega32U4 ефективним і недорогим інструментом для вирішення проблем внутрішнього управління.

Мікроконтролер ATmega32U4 підтримує повний набір апаратного та програмного забезпечення для проектування, включаючи C-компілятори, макросвіти, програмні виправлення / тренажери, емулятори вимикача та набори оцінки.

### **3.3. Простий перетворювач частота - напруга**

Якщо нам потрібна проста схема перетворювача частоти напруги, то ми можемо використовувати оригінальне електронне рішення, використовуючи таймер серії 555 (радянський аналог - KR1006VI1) та підсилювач серії 741 (радянський аналог - K140UD7).

У стандартній схемі включення 555-го таймера, фільтруючий конденсатор заряджається від джерела живлення через резистор, цей RC ланцюг є фільтруючим. У цій же схемі (рис.3.4.) замість резистора застосовано джерело струму, виконане на операційному підсилювачі DA1, так що заряд конденсатора C1 відбувається лінійно, і при досягненні на ній деякої напруги конденсатор розряджається. Оскільки джерело струму управляється вхідною напругою, то і величина струму має лінійну залежність від вхідної напруги, тому і заряд конденсатора C1, а отже, і частота дотримання імпульсів на виході таймера DD1 буде так само лінійно залежати від вхідної напруги. При цьому погрішність перетворення буде не більше 3%.

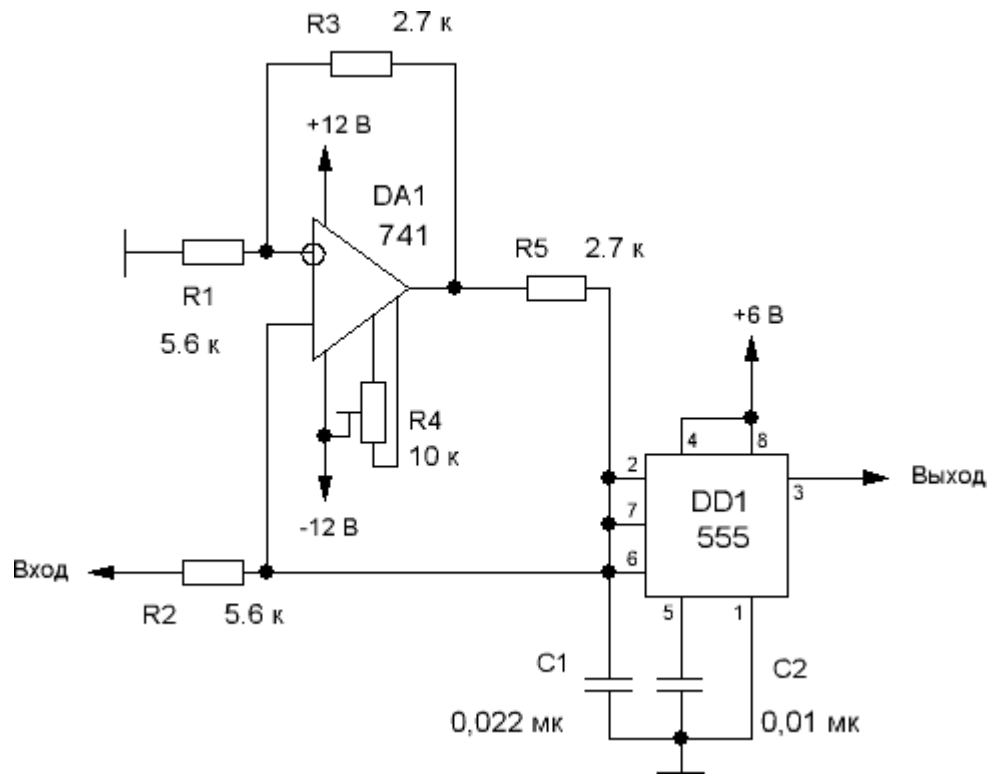


Рис. 3.4.Схема перетворювача частоти напруги

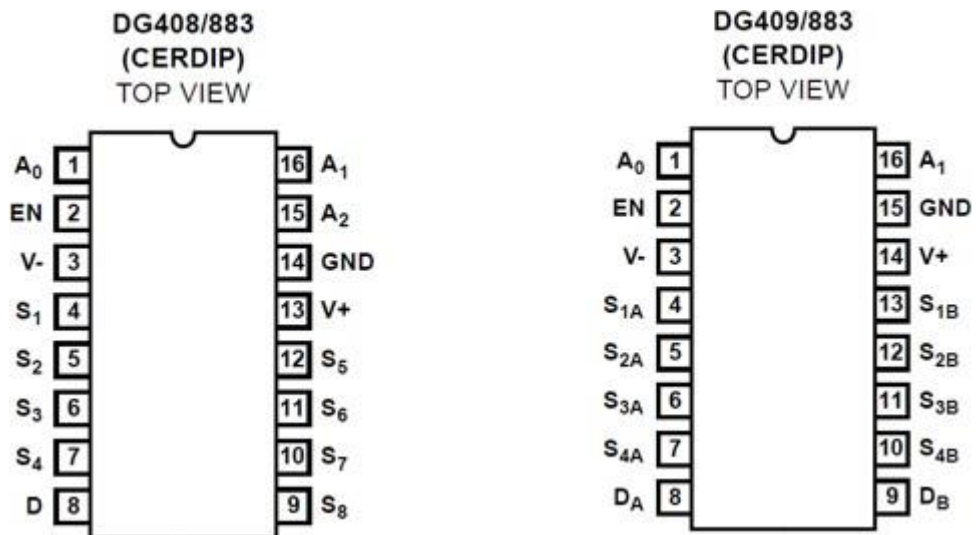
При напрузі на вході нижче 0,5 вольт лінійна потужність перетворювача спотворюється, тому вона дещо обмежує межу мінімальної робочої напруги. Високий діапазон вхідної напруги реалізується при напрузі живлення (+/- 12 В) і на таймері 555, що веде до ланцюга, і становить близько 7 вольт.

Слід зазначити, що напруга на конденсаторі C1 змінюється в ланцюзі, тому це з'єднання може використовуватися як генератор напруги.

### 3. 4. Апаратне забезпечення

Джерело сигналу стимулу було створено за допомогою аналогового двостороннього CMOS мультиплектора DG409. Оскільки передавальні клапани двосторонні, цей мультиплексор можна використовувати як демультиплексор, як описано нижче.

Мікросхема DG409 (рис. 3.5) має вісім виходів, один вхід і керується трибітовим кодом введення (A0, A1, A2).



**Pin Description - (DG408/883)**

PIN	SYMBOL	DESCRIPTION
1	A <sub>0</sub>	Logic Decode Input (Bit 0, LSB)
2	EN	Enable Input
3	V-	Negative Power Supply Terminal
4	S <sub>1</sub>	Source (Input) for Channel 1
5	S <sub>2</sub>	Source (Input) for Channel 2
6	S <sub>3</sub>	Source (Input) for Channel 3
7	S <sub>4</sub>	Source (Input) for Channel 4
8	D	Drain (Output)
9	S <sub>8</sub>	Source (Input) for Channel 8
10	S <sub>7</sub>	Source (Input) for Channel 7
11	S <sub>6</sub>	Source (Input) for Channel 6
12	S <sub>5</sub>	Source (Input) for Channel 5
13	V+	Positive Power Supply Terminal (Substrate)
14	GND	Ground Terminal (Logic Common)
15	A <sub>2</sub>	Logic Decode Input (Bit 2, MSB)
16	A <sub>1</sub>	Logic Decode Input (Bit 1)

**Pin Description - (DG409/883)**

PIN	SYMBOL	DESCRIPTION
1	A <sub>0</sub>	Logic Decode Input (Bit 0, LSB)
2	EN	Enable Input
3	V-	Negative Power Supply Terminal
4	S <sub>1A</sub>	Source (Input) for Channel 1A
5	S <sub>2A</sub>	Source (Input) for Channel 2A
6	S <sub>3A</sub>	Source (Input) for Channel 3A
7	S <sub>4A</sub>	Source (Input) for Channel 4A
8	D <sub>A</sub>	Drain A (Output A)
9	D <sub>B</sub>	Drain B (Output B)
10	S <sub>4B</sub>	Source (Input) for Channel 4B
11	S <sub>3B</sub>	Source (Input) for Channel 3B
12	S <sub>2B</sub>	Source (Input) for Channel 2B
13	S <sub>1B</sub>	Source (Input) for Channel 1B
14	V+	Positive Power Supply Terminal
15	GND	Ground Terminal (Logic Common)
16	A <sub>1</sub>	Logic Decode Input (Bit 1, MSB)

**Рис. 3.5 Логічні виходи мікросхем**

Схема має найвищу роздільну здатність. Якщо він високий, відкриються всі канали. Кількість введених каналів, що відповідають вихідному коду, можна визначити з табл. 3.1. При напрузі живлення 30В опір вхідного каналу знаходиться в діапазоні 0,10 ... 0,25 к5. Затримка поширення сигналу в каналі не перевищує 30н.

Таблиця 3.1

A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>0</sub>	EN	ON SWITCH
X	X	X	0	NONE
0	0	0	1	1
0	0	1	1	2
0	1	0	1	3
0	1	1	1	4
1	0	0	1	5
1	0	1	1	6
1	1	0	1	7
1	1	1	1	8

У цьому випадку кожен канал демультиплексора пропускає аналоговий рівень, який є амплітудою напруги живлення. У кожному з цих режимів сигнали розташування та логіки повинні мати напругу, рівну нулю. Демультиплексор приймає вхідний сигнал у вигляді напруги 27 В і передає його на один з декількох виходів відповідно до двійкового коду, який працює на вхід адреси. У цьому випадку інші виходи також неактивні або призводять до відкритої ланцюга.

Процедура застосування попереджувального сигналу до об'єкта управління починається з встановлення низького рівня сигналу D, точність входу кристала DG409 також низька, а канали корозії контактів відповідають коду адреси (A<sub>0</sub>, A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>). Адресний код визначається з контролера XMEGA A3 PC1, PC2, RCC.

Устаткування підключення використовується в схемі DG408 вхідного аналогового мультиплексора, який отримує логічні рівні TTL або CMOS як адресний код і працює з сигнальними сигналами до 35 В (рис. 3.5).

Відключення контролюється чотирибітним адресним кодом з порту В обладнання для обробки та управління контролером XMEGA A3. Якщо роздільна здатність В на вході висока, всі канали відкриваються. Номер вхідного каналу, що відповідає коду доступу, може бути перерозподілений відповідно до табл. 3.2.

Таблиці 3.2

A <sub>1</sub>	A <sub>0</sub>	EN	ON SWITCH
X	X	0	NONE
0	0	1	1
0	1	1	2
1	0	1	3
1	1	1	4

Вихід кристала DG408 підключений безпосередньо до схеми відбору проб АЦП блоку управління. Таким чином, сигнали обраних параметрів обробляються від об'єкта управління (аналогова форма) і передаються до керуючого обладнання (цифрової форми).

На вхід кристала DG408 сигнали звичайних датчиків SKT-225-2D8 та роз'єми управління TG BSK-4 передаються відповідно до ланцюгів сигналів. Особливий інтерес представляє спосіб підключення до ланцюга синусоїдально-косинусних трансформаторів SKT-225-2D8.

Підключення датчиків ССТ досліджуваної системи до пристрою підключення дозволяє кодувати кут за допомогою амплітудних методів, забезпечуючи тим самим наступний спосіб обробки даних. Для вирішення цієї проблеми ми вибираємо амплітудний метод, заснований на множенні наближених функцій кута за допомогою вихідних сигналів датчиків ССТ.

Ми вибрали просту функцію наближення дотичної:

$$a = \sin (/ (\cos (+ \sin)), (3.1))$$

де = постійний коефіцієнт до 0,25



Схема такого перетворювача показана на Рис.3.7. Вихідні сигнали датчиків ССТ подаються на підсилювач напруги ОП, де генерується напруга:

$$U (\cos (+ \sin) (3.2))$$

Напруга, така як  $U\sin$  (подається в схемі мультиплексора. За даними огляду обладнання для обробки та управління, обидва сигнали передаються по черзі на вхід мультиплексора, після чого щільність змінюється для вирішення функції наближення та визначення кута (управління за алгоритмом).

Інші сигнали підключаються безпосередньо до входів кристала DG408. Процес запиту вхідних сигналів від об'єкта управління починається з встановлення низького рівня сигналу РВО. Розміри мікросхеми DG408 відповідають коду адреси низького рівня та входу каналу (A0, A1, A2) вхідної частини. Код адреси визначається сигналами PB1, PB2, PB3, PB4 контролера XMEGA A3.

### **3.5. Обладнання для запису та індикації**

Обладнання для запису та відображення повинно відповідати наступним вимогам:

- погодження обов'язків оператора. Оператор не повинен отримувати зайвих даних, тобто це не пов'язано з вирішеною проблемою;
- Забезпечення необхідної повноти діяльності. Зокрема, це визначається на основі аналізу функцій ASC, параметрів керованих пристроїв, а також завдань, покладених на оператора;
- бути точним, тобто дозволити швидкий і постійний аналіз прийняти його як оператора;
- форма відбору та подання висновків та інформації повинна бути структурована таким чином, щоб забезпечити максимальну ефективність;
- зверніть особливу увагу на надзвичайні ситуації.

Великий обсяг інформації, що надається оператору, і високі вимоги до точності його сприйняття призвели до того, що комп'ютери надають

інформацію в найбільш зручній для людей формі - повідомлення, підказки, діаграми, оскільки помилки при читанні з аналогових індикаторів можуть зростати в кілька разів. сам показник.

В автоматизованій системі управління необхідно забезпечити проміжне зберігання результатів при використанні іншої опції.

В системах автоматичного управління органи відображення підключаються до оперативного управління на одному пристрої.

### **3.6. Блок живлення**

Існують різні способи самоуправління. До них відносяться функціональні та чисельні тести. За допомогою функціональних тестів можна визначити, чи використовує система завдань, що тестуються, аналоговий чи цифровий алгоритм. Прикладами цифрового функціонального тесту є перевірка відповідності логічної функції конкретній таблиці фактів.

Цифрові тести - це зазвичай статичні вимірювання параметрів інтегральних мікросхем, перевірка того, що друковані плати не мають зазорів у з'єднаннях, вимірювання посилення підсилювачів рівня насичення тощо. Динамічні тести також визначають характеристики часу, такі як затримка системи, перерегулювання тощо.

Для самостійного управління розробленою нами системою автоматичного управління пропонуємо використовувати цифровий метод тестування. Цей метод, який називається програмним забезпеченням для підпису, здійснює пошук частин самого блоку, які є несправними та зрозумілими.

Аналіз підписів заснований на перетворенні довгої послідовності двійкових сигналів у двійкове число, яке називається підписом. Бінарні послідовності вимірюються в контрольних точках під впливом спеціальної програми тестування. Підпис контрольних точок можна записати на енергонезалежну пам'ять (ПЗУ). При аналізі підписів порівнюються

фактичні підписи. Невідповідність підписів вказує на те, що розширення не працює.

Для аналізу підпису необхідно визначити кількість коротких імпульсів, що генеруються спеціальною програмою контролера процесора або постійно розширюються. Підпис надсилається у вигляді декількох цифр у шістнадцятирічній системі числення.

### 3.6.1. Структурна схема блоку живлення

Пристрій забезпечує постійну стабілізовану напругу, встановлену для живлення електричних ланцюгів мікропроцесорної системи. Управління вихідною стабілізацією напруги забезпечується датчиком струму ДТ і захист напруги СЗП, сигнали надсилаються через логічний блок на пристрій управління стабілізаторів потужності ПКСС.

Напруга подається до блоку стабілізатора потужності СС через понижуючий трансформатор ДВЖ та вторинне джерело живлення двигуна (рис 3.5).

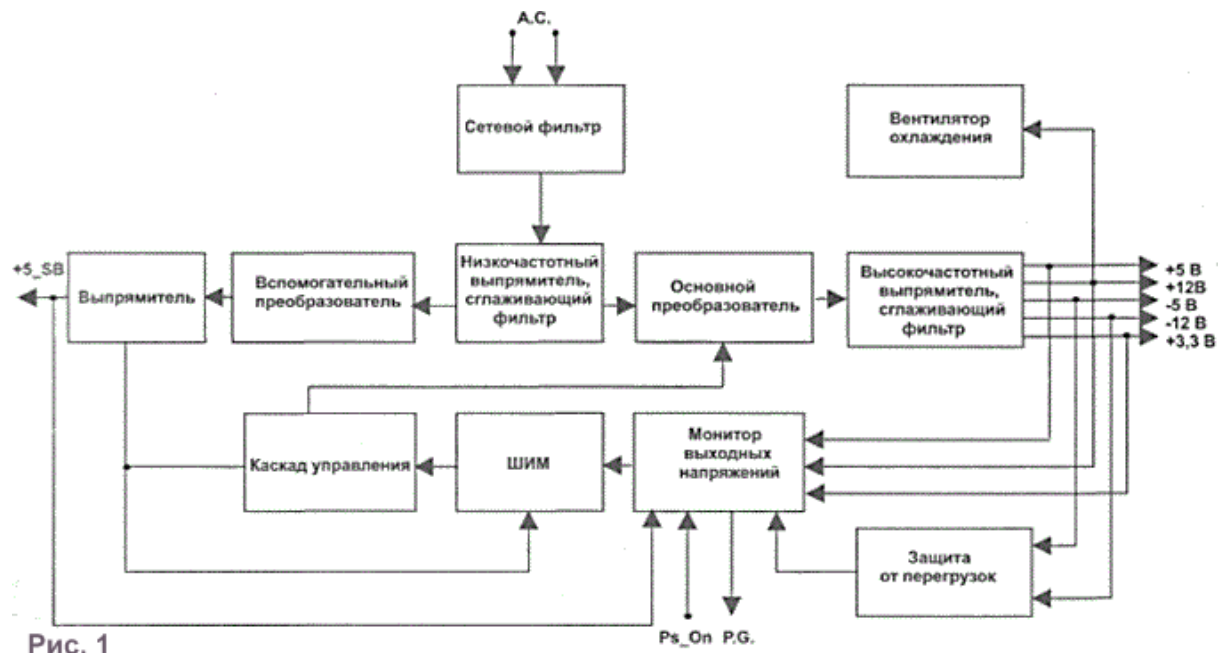


Рис. 1

Рис. 3.5 Структурна схема блоку живлення

Як приклад у наступному розділі розглянемо роботу одного з блоків блок-схеми, зображеного на рис. 3.5, і виконаємо його обчислення. Окрім конкретних вимог щодо вмикання та відключення напруги живлення,

важливо знати, яка напруга та який струм вона повинна подавати на джерело живлення. У розділі 3.6.2. приблизне споживання струму, визначене всією мікропроцесорною системою в модулях та блоці зв'язку. Необхідно стабілізувати напругу джерела живлення, і в цьому випадку відбудеться значна зміна напруги при зміні струму навантаження, і це може призвести до виходу з ладу мікропроцесорної системи.

Блок живлення, який відповідає вимогам сучасних мікропроцесорних систем, дуже складний. Це пов'язано з його дуже високою надійністю, захистом від коротких замикань та перевищенням максимально допустимого струму, що призводить до добре стабілізованої напруги та автоматичного відключення всіх джерел у разі аварійного відключення.

Ми не пред'являємо суворих вимог до вибору джерела живлення для нашої системи. Електроживлення відповідно до пункту 3.6.2 є важливим.

### **3.6.2. Технічні характеристики**

Блок живлення призначений для автоматичного управління блоком підключення мікропроцесорної системи для управління контролерами та зовнішніми пристроями та для створення логічних сигналів, що забезпечують нормальну роботу мікропроцесорної системи. Блок живлення є частиною розробленої нами системи.

Технічна інформація

Напруга пристрою від мережі, ст. 36

Частота мережі, 400 Гц

Споживана потужність, Вт, не перевищує 100

Вихід стабілізований постійної напруги, В, більше (5, +12

Завантаження потоків, А, максимум:

канал + 5 В ..... 1.7

канал + 12В ..... 0.5

Робоча напруга ланцюга захисту від перенапруги така:

канал + 5 В ..... +6.0.... +6.3

канал + 12В ..... + 13.0 .. + 13.5

Блок живлення забезпечує відключення каналів у таких випадках:

- в одному з каналів відбувається коротке замикання;
- коли напруга в електромережі вище допустимого рівня;
- коли рівень напруги в електромережі знижується.

### **3.6.3. Розрахунок стабілізаторів потужності**

Оскільки всі стабілізаційні канали описаного джерела живлення реалізовані аналогічно, розглянемо роботу одного з них.

Пропонований блок живлення використовує компенсуючі стабілізатори напруги постійного струму з регулюванням імпульсу. Імпульсний режим стабілізатора значно знижує розподілену на нього потужність, тим самим викликаючи корозію контактів і підвищення ефективності, зменшуючи розмір і вагу стабілізатора. У імпульсному режимі стабілізатор робота менше впливає на залежність параметрів керуючого елемента від температури навколишнього середовища. Як регулюючі елементи можуть використовуватися транзистори, тиристори тощо. При розробці стабілізованих вторинних джерел живлення необхідно передбачити такі електронні рішення, які забезпечують надійну програмну передачу з прийнятними межами перепаду температур та технологічними варіаціями параметрів напівпровідникового пристрою. Для цього було

здійснено правильний підбір цих пристроїв схеми, забезпечена стабілізація температури режимів роботи, в ланцюг введено період негативного

зворотного зв'язку. Для підвищення надійності обладнання рекомендується збільшувати значення напруги і струм напівпровідникових приладів до

рівня, що не перевищує 80% від максимально допустимих значень.

Стабілізатор потужності каналу + 12В (рис. 3.6) включає: комутаційний транзистор ТІ, що працює в режимі комутації; транзистор над

струмом, T2; LC-фільтр, утворений дроселем зберігання (дросель II) і конденсатором C1; діоди відновлення, через які протікає ланцюг зберігання. У ланцюзі керування моделюється постійно нестабільне моделювання і на виході керуючого сигналу створюється транзистор T2 на платі стабілізатора підсилювача.

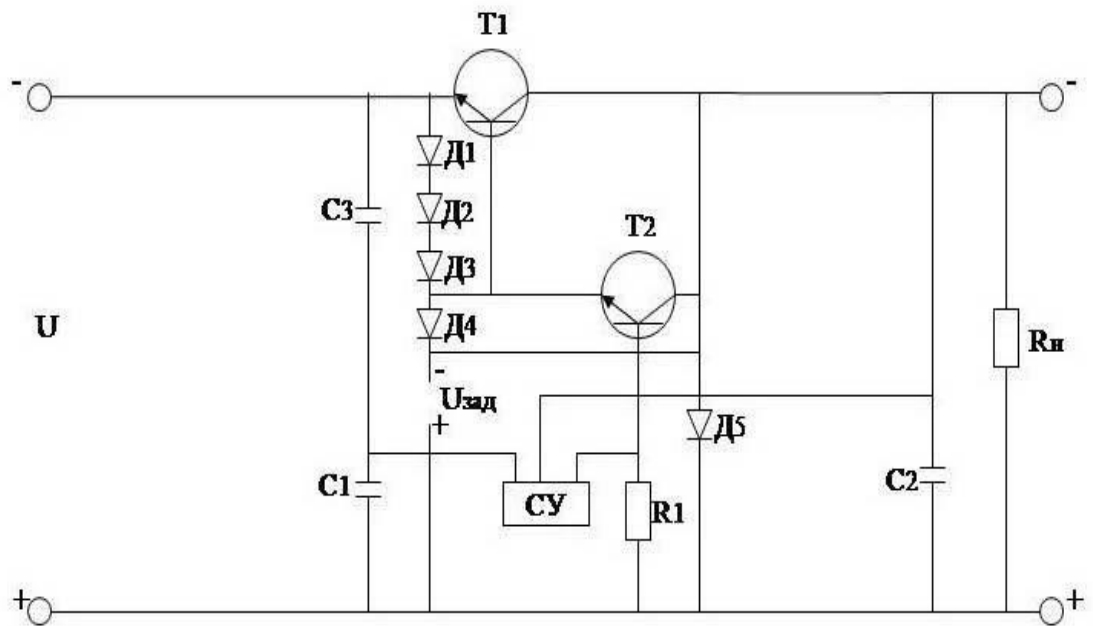


Рис. 3.6. Стабілізатор каналу силовий

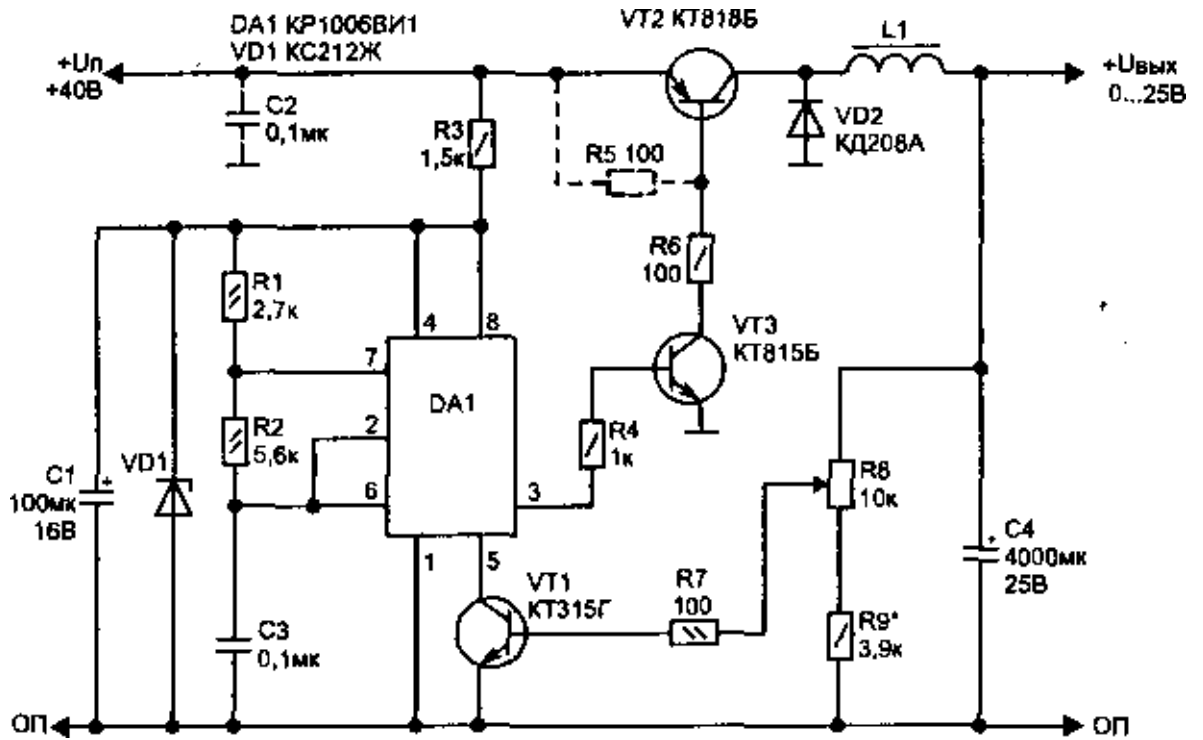


Рис.3.7. Зворотна схема силової частини стабілізатора імпульсу.

Для зворотної схеми силової частини стабілізатора імпульсу, зображеної на рисунку 3.7, наведено: вихідна напруга  $U_N = 12\text{В}$ ; струм навантаження  $I = 1\text{А}$ ; Нестабільність вихідної напруги не перевищує  $U_N = (2\%, \text{ коли напруга первинної мережі становить } \pm 20\%)$ .

Розрахунок виконується в наступній послідовності. Як метод регулювання ми вибираємо модуляцію по ширині імпульсів. Частоти комутації  $T1$  і  $T2$  слід вибирати в діапазоні від 1 до 20 кГц в залежності від частотних характеристик електродів. Виберіть  $F = 5\text{ кГц}$ .

1. Для визначення мінімальної напруги на вході стабілізатора  $u_{p.min}$  напруга на обмотці в фільтрах 11.12 та транзисторі  $T1$  зменшується. Зазвичай ця напруга ( $U_{DR} = (3)$  не перевищує 6 В, опір обмотки, типовий і залежить від кількості транзисторів).

2. На вході стабілізатора напруги номінальна і максимальна напруга дорівнюють:

$$U_N = U_{п\text{ хв}} / (1 - \dots) = 20\text{В}$$

$$U_{п.макс} = (1 + (U_{п} / 100))(U_{п} = (1 + 20/100)) = 24\text{В}$$

3. Розраховуючи тривалість імпульсів мінімальне та максимальне значення дорівнюють:

$$\tau_{\text{МАКС}} = u_{\text{П}} / u_{\text{П ВХ}} = 0,75;$$

$$\tau_{\text{МИН}} = u_{\text{П}} / u_{\text{П МАКС}} = 0,5.$$

4. Для згладжування L2 та C2 за допомогою розрахунку елементів фільтра стабілізатора, визначаємо добуток їхньої індуктивності та ємності:

$$L2C2 = 3(10\text{с})$$

5. Індуктивність індуктора повинна бути достатньо великою, щоб забезпечити постійний режим струму в індукторі:

$$L2_{\text{min}} (= 0,6 (10^{-3} \text{ Гн}))$$

$$\text{Вираховуємо компресію з } L2 = (2-3) L2_{\text{хв}} = 1,8 (10^{-3} \text{ Гн}).$$

6. Знайдемо ємність конденсатора фільтра C2:

$$C2 = 166,6 \text{ мкф}$$

Ємність фільтра конденсатора C2 також слід збільшити на 2-3 враження відносно номінального значення. Це тому, що в міру збільшення частоти пульсації номінальна ємність конденсатора зменшується в міру зниження робочої температури. Рекомендується вибрати невеликий електролітичний конденсатор як конденсатор фільтра.

7. Зміна струму в дроселі фільтра при максимальному значення

$$\Delta I_L = \frac{U_{n \text{ max}} \cdot \tau_{\text{min}} (1 - \tau_{\text{min}})}{L_2 f_k} = \frac{24 \cdot 0,5(1 - 0,5)}{1,8 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^3} = 0,66 \text{ А}$$

8. Максимальні та мінімальні значення струму, що протікає через керуючий транзистор T1, який блокує вихід діода D5 і фільтра:

$$I_{mk1} = I_{mgs} = I_{L2 \text{ max}} = I_n + \frac{\Delta I_{L2}}{2} = 1 + 0,33 = 1,33 \text{ А}$$



$$I_{\kappa 1 \min} = I_{\partial 5 \min} = I_{2 \min} = I_H - \frac{\Delta I L}{2} = 1 - 0,33 = 0,67 \text{ A}$$

9. Якщо брати значення  $k = 5 \text{ кгц}$ ;  $U_{\text{мкк}} = U_{N \max} = 24 \text{ В}$  визначимо регулюючий транзистор з наступними параметрами:

$$I_{\text{Кмак}} = 1,5 \text{ А}; U_{\text{КЕ}} = 40 \text{ В}$$

10. За значеннями  $I_{\text{обр}} = U_{\text{пмакс}} = 24 \text{ В}$ ;  $I_{\text{г5}} = 1,33 \text{ А}$ ;  $I_{\text{г5ср}} = I_{\text{н}}((1 - (v_x)) = 1((1 - 0,5)) = 0,5 \text{ А}$  вибираємо діод з параметрами

$$I_{\text{пр макс}} = 10 \text{ А}; U_{\text{обр макс}} = 200 \text{ В}; f_{\text{макс}} = 100 \text{ кгц};$$

11. Потребуючий струм бази транзистора

$$I_{\text{Б1}} = I_{\text{мк1}} / n_{21} \approx I_{\text{вх}} = 1,33 / 20 = 0,066 \text{ А}$$

12. При значенні колекторний струм транзистора Т2, рівного  $I_{\text{мк2}} = I_{\text{Б1}} = 0,066 \text{ А}$ , і напруги  $U_{\text{КЭ2}} = U_{\text{Пмакс}} + 2U_{\text{ПР}} = 24 + 2(1) = 26 \text{ В}$ . Вибираємо в якості Т2 транзистор з параметрами:  $U_{\text{Кэмакс}} = 40 \text{ В}$ ;  $I_{\text{Кмакс}} = 100 \text{ мА}$ ;  $h_{217} = 20(90)$ .

13. Потребуючий струм бази транзистора Т2:

$$I_{\text{Б2}} = I_{\text{мк2}} / h_{217 \text{ хв}} = 3 \text{ мА};$$

14. Потужність в резисторі при максимальному розсіюванні:

$$P_{\text{R1}} = U_{2 \text{ Пмин}} / R_1 = 113(10^{-3} \text{ Вт});$$

15. Насичення транзистора що забезпечується опором:

$$R_1 = U_{\text{Пмин}} / I_{\text{Б2}} = 5,1 \text{ кОм};$$

16. Джерело замикаючого зсуву матиме напругу не менше ніж:

$$U_{\text{ЗАП}} = 4U_{\text{ПР}} + (U_{\text{СУ}} = 4(1,0 + 1,0) = 56 \text{ В}$$

17. При закриванні регульованого складеного транзистора, споживаний від джерела струм буде дорівнювати:

$$I_{\text{ЗАП}} = I_{\text{Б2}} = 0,003 \text{ А};$$

### 3.6.4. Розрахунок силового трансформатора

Розрахунок силового трансформатора, що працює в мережі змінного струму (~ 36В 400 Гц), можна здійснити наступним методом.

Встановлюємо загальну потужність трансформатора  $R_{gab}$ , максимальну індукцію в ядрі  $B_m$ , мережу частоти  $f$ , кількість жовтих ядер, допустиму щільність струму (ефективність трансформатора  $J$ , коефіцієнт заповнення вікна мідним  $K_m$ ). первинні та вторинні обмотки, струми  $I_1$  та  $I_2$  цієї обмотки.

Знайдемо результат перетину постійного вікна QST та QO

$$QST (QO) = P_{GAB} / (0,022 f B_m) (S \text{ КС км})$$

Вибираємо відповідну магнітну схему відповідно до значення QST (QO), вкажіть значення QST та QO, а також визначте ширину смуги  $Q$ , ширину вікна  $b$  та задану товщину для вибраного сердечника.

Ми знаходимо ERS, поданий в одному раунді

$$E = 4,44 f B_m QST \text{ КС } 10^{-4};$$

Обчислимо кількість витків вторинної обмотки

$$W_2 = U_2 / e$$

Знайдемо кількість обертів первинної обмотки

$$W_1 = U_1 / e$$

Знайдемо діаметри дротів первинної та вторинної обмоток

$$d_1 = 1,13; d_2 = 1,13;$$

Обчислимо довжину дроту первинної обмотки

$$L_1 = W_1 (2 (a + c) + N (b)) (10^{-2});$$

$$U_1 = 2,25 (10^{-2} L_1 I_1 / d_2);$$

Визначимо кількість витків первинної обмотки

$$W = (U_1 - (U_1)) / e;$$

Розрахунок силового трансформатора вищевказаним методом виконується на комп'ютері.

Для розрахунку були використані наступні дані:

$P_{GAB} = 215V$ ;  $B_m = 0,5T$ ;  $S = 2$ ;  $F = 400$  Гц; ( $= 0,35A / mm^2$ ;  $K_S = 0,95$ ;

$K_M = 0,32$ ; ( $= 0,96$ ;  $U_1 = 36V$ ;  $U_2 = 12V$ ;  $T_1 = 1,0A$ ;  $T_2 = 1,2A$ ).

Знайдемо QST ( $QO = 215,48$  см<sup>2</sup>).

Стрічковий магнітопровід з параметрами 25 (60 мм і розмір вікна 40 (65 мм ( $a = 2,5$  см,  $b = 2$  см і  $c = 5$  см)), це серцевина - магнітна стрічка з QST ( $QO = 192$  см<sup>2</sup>), отримаємо  $d_2 = 2,01$  мм,  $d_1 = 1,91$  мм,  $W_2 = 16,164$  і  $W_1 = 48,49$ .

## Висновок

Можливість стежити за роботою приладу в першу чергу впливає на точність розробки електричної схеми. У цьому розділі описані компоненти та компоненти, робота кожної частини. Після аналізу блок-схеми, а також вибору потрібного блоку живлення, залежить робота пристрою, розрахунок електричного трансформатора, визначення та проектування електричної схеми.

Це пояснюється надзвичайно високою надійністю, захистом від короткого замикання та найбільшим допустимим струмом, що в свою чергу призводить до автоматичного відключення всіх джерел у разі нестабільної напруги та аварійних ситуацій.

Тому існує ряд моментів, важливих для самостійного використання, щоб забезпечити надійну систему автоматизації управління. Сюди входять засоби контролю, усунення несправностей, розробка автоматизованих мобільних систем та найважливіші питання в їх роботі.

Використання автоматизованих систем з використанням мікропроцесорів значно полегшить існуючі проблеми та неточності, тобто забезпечить високу надійність, гнучкість та зручність під час роботи, покращить час обробки та контролю.

Завдяки їх невисокій вартості використання мікропроцесорних систем дозволяє використовувати їх практично в усіх галузях промисловості та забезпечує швидкісні обчислювальні можливості для своєчасного реагування на інші системи.

Сучасну техніку без використання мікропроцесорної техніки сьогодні важко і неможливо уявити.

Тому розробка систем автоматизації процесів з використанням мікроконтролерів і мікропроцесорних систем дасть багато переваг і усуне старі недоліки та виникаючі проблеми та збої. До переваг такої системи вдосконалення можна віднести наступні аспекти:

- відносно мала вартість;
- потужніші обчислювальні можливості, що забезпечуються наявністю надійного програмного забезпечення;
- довший час експлуатації, та значно ширший діапазон доступних функціональних можливостей;
- висока точність та швидке реагування отримуваної інформації та надійна статистична обробка для забезпечення реєстрації;
- висока та швидка надійність при здійсненні технічного обслуговування, зменшення обсягу перевірок.

Враховуючи вищевикладене, можна зробити висновок про можливість реалізації мікропроцесорних систем. Перш за все, необхідно використовувати таку систему з достатньою кількістю оперативної пам'яті та процесором, що в свою чергу забезпечить систему зв'язку мікроконтролера та систему із загальнокерованим об'єктом. скоротити час на перевірку стану. Також необхідно буде забезпечити систему добре розробленим програмним забезпеченням, що в свою чергу забезпечить високу швидкість і адаптивність до проблем, що виникають при огляді об'єкта. Наявність екрану, зручний інтерфейс також важлива для подальшої експлуатації та реєстрації.

### Список використаних джерел

1. М.С. Ярлыков, В.А. Болдин, А.С. Богачев. Авиационные радионавигационные устройства и системы. – М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского. 1980. - 384 с. 14
2. Ф.Л. Цифанский Радиоэлектронное оборудование самолетов. Часть II. Учебное пособие Васильковское ВАТУ. 1980. - 156 с. 8
3. Международная организация гражданской авиации (ИКАО), Doc 4444, АТМ/501 "Правила аэронавигационного оборудования", утверждены от 02.07.2007 г. 3
4. П.И. Дудник, Ю.И. Чересов. Авиационные радиолокационные устройства, – М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1986 г., 538 стр. 9
5. О.В. Буянін, Ю.В. Мещерський, І.С. Река. Авіаційні радіоелектронні системи. Васильківський коледж ВПС. 2001. – 334 с. 10
6. <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-i-sredstva-izmereniya-koordinat-vozdushnyh-sudov-po-vremennym-zapazdyvaniyam-signalov-v-mnogopozitsionnyh-radiodalnomernyh/viewer>
7. Монаков А. А. Теоретические основы радионавигации: Учеб. пособие/СПбГУАП. 2002. 70 с. 11

8. Г.А. Бабай, А.Г. Павский Радиотехнические средства самолетовождения. – М.: Военное издательство МО СССР. 1956. - 280 с. 12
9. П.А.Бакулев Радиолокационные системы – М.: Радиотехника, 2004. – 320 с. 16
10. <http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/ic/Atmel/micros/avr/ATmega32U4.htm>
11. <http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/app/Atmel/micros/avr/start.htm>
12. <https://xn--d1acijsfhgmc.xn--p1ai/raznoe/opisanie-atmega32u4.html>