

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Інститут інформатики та радіоелектроніки
Факультет радіоелектроніки та телекомунікацій
(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра мікро- та наноелектроніки
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

бакалавр

(ступінь вищої освіти)

на тему Розробка імітаційних модулів для автоматизованого комплексу
перевірки КРД-99

Виконав: студент(ка) IV курсу, групи РТз-317

Спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна
техніка»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

«Мікро- та наноелектронні прилади і пристрої»

Діброва А. Ю.

(прізвище та ініціали)

Керівник Курбацький В.П.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Манукян О.А.

(прізвище та ініціали)

Форма № 25

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
 (повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет радіоелектроніки і телекомунікацій
 Кафедра мікро- та наноелектроніки
 Ступінь вищої освіти бакалавр
 Спеціальність 153 «Мікро- та наносистемна техніка»
 (код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) Мікро- та наноелектронні прилади і пристрої
 (назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МіНЕСніжної Г.В.« » 20 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Діброви Артема Юрійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Розробка імітаційних модулів для автоматизованого комплексу перевірки КРД-99

керівник проекту (роботи) Курбацький Валерій Петрович, к. ф.-м. наук, доцент,
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «17» травня 2021 року № 189

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 25.05.21
3. Вихідні дані до проекту (роботи) Запропонувати схемне рішення для імітаційних модулів датчиків температури; створити лабораторні макети імітаторів датчиків і провести їх дослідження
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Описання регулятора авіаційного двигуна КРД-99; практика його обслуговування; автоматизація процесу діагностування КРД-99; модулі імітаторів датчиків температури типів ДТ-211 і П-77 вар.2 та їх експериментальне дослідження
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-3	Курбацький В.П., доцент каф. МіНЕ		
Нормоконтроль	Коротун А.В., доцент каф. МіНЕ		

7. Дата видачі завдання « 26 » квітня 2021 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Систематизація літературних даних	26.04 – 04.05	
2	Складання і затвердження наукового завдання	05.05– 06.05	
3	Проведення досліджень та аналіз їх результатів	07.05 – 20.05	
4	Оформлення пояснювальної записки	21.05 – 25.05	

Студент(ка)

_____ Діброва А.Ю.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

_____ Курбацький В.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 33 стор., 18 рис., 5 табл., 17 джерел.

Об'єкт дослідження – система комплексного регулювання авіаційного двигуна КРД- 99.

Мета роботи – розробка схемних рішень модулів імітаторів датчиків температури типів ДТ-211 та П-77 вар.2 авіаційного двигуна АЛ-31Ф.

Наведено загальне описання і основні технічні характеристики комплексного регулятора авіаційного двигуна КРД- 99 та пульта наземної перевірки ПНП-132. Розглянуто призначення і структурну схему автоматизованого комплексу діагностування КРД-99. Розроблено схемні рішення модулів імітаторів датчиків температури типів ДТ-211 та П-77 вар. 2. Наведено результати досліджень лабораторних макетів імітаторів датчиків.

КОМПЛЕКСНИЙ РЕГУЛЯТОР КРД-99, ПУЛЬТ ПНП-132,
АВТОМАТИЗОВАНИЙ КОМПЛЕКС ДІАГНОСТУВАННЯ, ІМІТАТОР
ДАТЧИКА ТЕМПЕРАТУРИ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 КОМПЛЕКСНИЙ РЕГУЛЯТОР ДВИГУНА КРД-99	9
1.1 Описання та призначення регулятора КРД-99.....	9
1.2 Призначення та основні технічні данні датчиків системи КРД-99.....	10
2 ОБСЛУГОВУВАННЯ СИСТЕМИ КОМПЛЕКСНОГО РЕГУЛЯТОРА ДВИГУНА КРД-99.....	16
2.1 Пульт наземної перевірки ПНП-132.....	16
2.2 Улаштування та робота пульта ПНП-132Б-1.....	17
3 РОЗРОБКА ІМІТАЦІЙНИХ МОДУЛІВ ДАТЧИКІВ ТЕМПЕРАТУРИ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО КОМПЛЕКСА ПЕРЕВІРКИ КРД-99.....	19
3.1 Автоматизований комплекс діагностування КРД-99.....	19
3.2 Модуль імітатору датчика температури повітря на вході в авіадвигун ДТ- 211.....	21
3.3 Модуль імітатору приймача П-77 вар.2 температури палива та масла.....	27
ВИСНОВКИ.....	32
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	33

ВСТУП

Сучасною тенденцією розвитку техніки на повсякденному етапі — є постійний ріст складності технічних пристроїв, що характеризується розширенням кола розв'язуваних ними задач при одночасному підвищенні вимог до ефективності функціонування.

Ця тенденція характерна і для сучасного авіаційного і радіоелектронного обладнання. Ускладнення схемної побудови і функціональних зв'язків у сучасній радіоелектронній апаратурі (РЕА) разом із різким збільшенням кількості радіоелементів в одиниці пристрою, приводить до деяких труднощів для забезпечення необхідної надійності роботи приладів. Так виникає цілий ряд своєрідних проблем, пов'язаних з організацією ремонту, налаштування й забезпеченням високої надійності техніки [1].

В наш час визнано, що основним напрямком вирішення виниклих проблем, поряд із підвищенням надійності самої радіоелектронної апаратури, є удосконалювання організації обслуговування разом з механізацією й автоматизацією всіх процесів технічної експлуатації авіаційних приладів і радіоелектронного обладнання. У зв'язку з цим, питання покращення системи обслуговування набули важливого значення, і в міру розвитку техніки стають усе більш актуальними.

Систему обслуговування радіоелектронної апаратури, можна розглянути як замкнуту діагностичну систему. У цій системі контроль забезпечує отримання інформації про поточний стан обладнання й прийняття рішення, що до процесу відновлення її працездатності.

Таким чином, показники контролю є основою, на базі якої будується обслуговування авіаційного обладнання, які визначають високі вимоги до якості цих операцій в останні роки.

З іншого боку, витрати часу на контроль параметрів при обслуговуванні радіоелектронної апаратури виявляються дуже високими і можуть досягати до 80% усіх витрат на обслуговування, роблячи істотний вплив на показники

ефективності об'єкта. Необхідність скорочення цих витрат приводить до автоматизації процесу контролю параметрів авіаційного обладнання [2].

У задачах автоматизованого контролю треба виділити ряд питань, що мають вагоме значення. До цих питань варто віднести вивчення радіоелектронної апаратури як об'єкта контролю і пошуку несправностей, питання конструктивно-схемних рішень, пов'язаних з розробкою автоматичних засобів контролю, а також питання експлуатації цих засобів.

В останні роки автоматизовані засоби контролю одержали широкий розвиток, зокрема, для перевірки обладнання радіолокаційних комплексів, автоматичних систем керування літаків, ракет, кораблів флоту й інших складних технічних засобів, які застосовуються у народному господарстві і військовій справі. Розвиток і впровадження в промисловість автоматичних систем контролю є наслідок технічного прогресу, що рік від року прискорюється.

Автоматичні системи контролю, приходячи на заміну звичайних засобів контролю, повинні мати перед ними техніко-економічні переваги:

- підвищення точності результатів контролю;
- скорочення часу підготовки техніки до виконання поставлених задач;
- скорочення загальних трудовитрат на технічне обслуговування обладнання.

Крім того, автоматичне спостереження за аварійними параметрами, дозволяє попереджати аварійні ушкодження й руйнування техніки [3].

Об'єктом досліджень даного дипломного проекту є система запуску та керування режимами роботи авіаційного двигуна АЛ-31Ф.

Мета роботи — розробка схемних рішень модулів імітаторів датчиків температури авіаційного двигуна АЛ-31Ф для перевірки системи КРД-99 у лабораторних умовах. А також зменшення імовірності внесення помилок до процесу перевірки, ремонту та налаштування.

Імітатори датчиків призначені для відтворення електричних сигналів, аналогічних тим, які видають реальні датчики на працюючому авіадвигуні.

Модулі імітаторів датчиків температури використані при розробці комплексу автоматизованого контролю комплексного регулятора двигуна КРД-99 .

До складу комплексу входять програмна та апаратна частини. Програмна частина реалізована за допомогою ЕОМ, апаратна частина складається із відповідних модулів електроніки з цифровим керуванням.

Даний автоматизований комплекс вирішує ряд проблем для перевірки КРД-99 в лабораторних умовах:

- головною проблемою є не можливість зняття датчиків з двигуна для лабораторних випробувань системи КРД-99, тому що порушуються гарантійні зобов'язання двигуна;
- з'являється можливість перевірки системи у всьому діапазоні роботи двигуна;
- в процесі випробувань імітуються аварійні ситуації і відмови;
- прискорюється технологічний процес перевірки і регулювання системи КРД-99 [4].

У дипломному проекті розроблені принципові схеми модулів імітаторів датчиків температури типу ДТ-211, П-77 вар.2, та термopара Т-99 авіаційного двигуна АЛ-31Ф.

1 КОМПЛЕКСНИЙ РЕГУЛЯТОР ДВИГУНА КРД-99

1.1. Описання та призначення регулятора КРД-99

Регулятор КРД-99 (рис.1.1) призначений для регулювання параметрів виробу 99, видачі сигналів у агрегати управління та в бортові реєструючі і сигналізуючі пристрої.

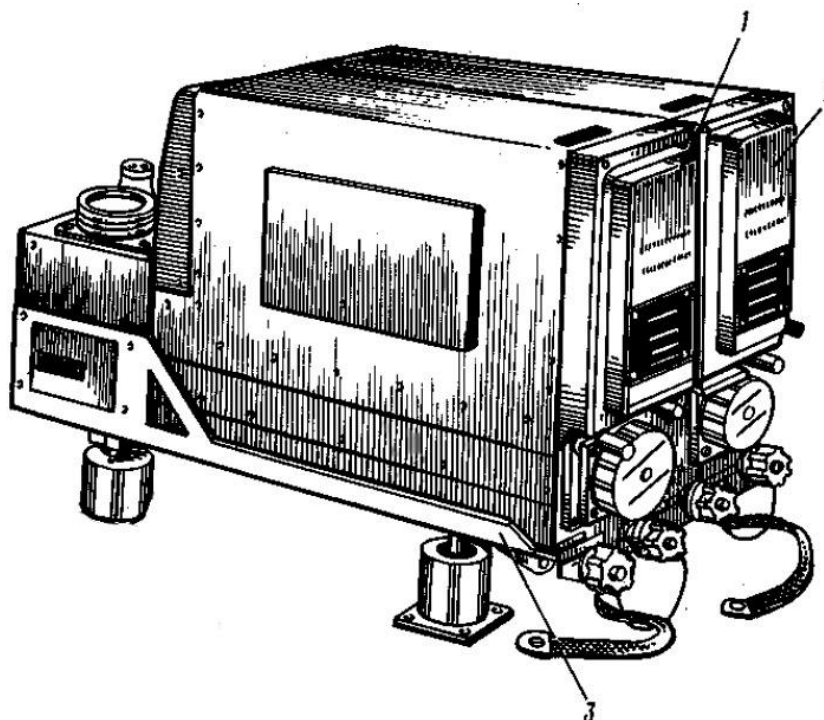


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд регулятора КРД-99 (1 – блок автоматики БА-165А, 2 – блок автоматики БА-166А, 3 – рама)

Регулятор виконує:

- регулювання максимальної частоти обертів N_1 (РНТ) у залежності від температури вхідного потоку повітря T_1 ;
- регулювання максимальної температури газу за турбіною низького тиску (ТНТ) у залежності від температури T_1 ;
- регулювання максимальної частоти обертів N_2 (РВТ) у залежності від температури T_1 ;
- регулювання кута повороту α_1 ВНА КНТ у залежності від частоти обертів N_1 ;

- протипомпажний захист виробу 99 та збільшення запасів його стійкої роботи при дії команди БК;
- автоматичний запуск виробу на вибігу;
- керування включенням форсажу та сигналізацією о його розпалі;
- керування включенням охолодження турбіни;
- формування та видачу дискретних сигналів о режимах роботи виробу 99 у системи автоматики та бортові реєструючи, та сигналізуючи пристрої;
- безперервний автоматичний контроль основних каналів регулятора та видачу сигналів о режимах роботи виробу 99 у бортові системи реєстрації та індикації [5].

До складу регулятора входять слідуєчі агрегати (рис.1.1):

- блок автоматики БА-165;
- блок автоматики БА-166;
- рама на якій змонтовано блоки БА-165 та БА-166 [6].

1.2 Призначення та основні технічні данні датчиків системи КРД-99

Для роботи та контролю за системою КРД-99 використовується низка датчиків (рис.1.2). Датчики здійснюють перетворення неелектричних величин (механічних переміщень, тиску, температури, вібрації тощо) в електричний сигнал.

1. Датчик частоти обертів ДЧВ-2500 (рис.1.3). Призначається для пропорційного перетворення швидкості обертів валу виробу у частоту електричних сигналів, що потім подається по двох електричних незв'язаних каналах до системи управління.

Датчик частоти обертів зібраний на постійному магніті та працює за таким принципом. При обертанні індуктора, що знаходиться на валу виробу, кожен з його зубців, проходячи поблизу від торця датчика, змінює магнітне

поле у витках котушки датчика, у результаті чого виникає ЕРС індукції. Частота імпульсів напруги, що знімається з датчика, відповідає частоті проходження зубців мимо торця датчика і залежить від швидкості обертів індуктора, тобто валу виробу.



Рисунок 1.2 – Структурна схема системи КРД-99

Амплітуда вихідних імпульсів датчика повинна бути не менш 0,18 В при частоті проходження імпульсу 250 Гц, та не менш ніж 1,0 В при частоті проходження 2500 Гц [7].



Рисунок 1.3 – Датчик частоти обертів двигуна ДЧВ-2500

2. Датчик вібрації МВ-27 (рис. 1.4) є перетворювачем швидкості вібрації, діючої у горизонтальному та вертикальному напрямках, в електричну напругу. Датчик вібрації призначається для виміру параметрів вібрації авіадвигуна в умовах польоту та в наземних умовах.

Робота датчика ґрунтується на законах електромагнітної індукції. При пересіченні полем постійного магніту витків котушки, жорстко зв'язаної з корпусом датчика, у ній виникає ЕРС, пропорційна швидкості відносного руху.



Рисунок 1.4 – Датчик вібрації двигуна МВ-27

Для забезпечення нерухомого положення магніту у корпусі датчика, який коливається з частотою та амплітудою вимірюваної вібрації, власна частота системи магніту обрана нижчою за частоту вимірюваної вібрації.

Граничні параметри роботи датчика:

- за амплітудою швидкості вібрації 5-100 мм/с;
- за частотою вібрації 20-500 Гц.

Чуттєвість датчика по осі чуттєвості на частоті 120 Гц складає (64-70) мВ/мм Гц.

Датчик витримує перевантаження до 12 g [8].

3. Сигналізатор перепаду тиску палива типу СПТ-88-2,2У (рис. 1.5). Призначається для замикання електричного кола при підвищенні у системі перепаду тиску неагресивних рідин, їх випаровувань та газів до певної межі.

Сигналізатор має наступні технічні данні:

- діапазон регулювання номінальних перепадів тиску спрацьовування від 0,1 до 0,4 кгс/см² ;
- похибка у діапазоні температур навколишнього середовища від мінус 60 °С до 250°С дорівнює $\pm 0,3$ кгс/см² [9].

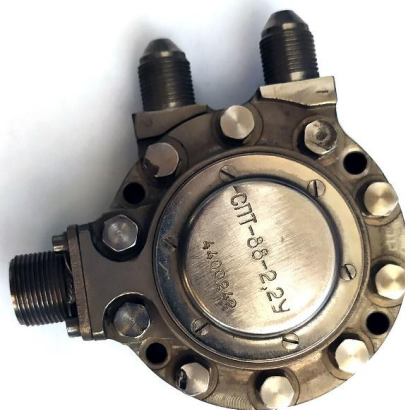


Рисунок 1.5 – Сигналізатор перепаду тиску СПТ-88-2,2У

4. Датчик автоконтролю термостійкий ДАТ-4 (рис.1.6). Призначається для контролю тиску масла з виданням сигналу до КРД-99. Діапазон вимірювань тиску з 0 до 4 кгс/см² [10].



Рисунок 1.6 – Датчик автоконтролю термостійкий ДАТ-4

5. Датчик переміщення ДП-110 (рис. 1.7). Призначається для надання електричного сигналу, пропорційного куту повороту ВНА КНТ(α_1) – перший датчик, та ВНА КВТ(α_2) – другий датчик.



Рисунок 1.7 – Датчик переміщення ДП-110

ДП-110 живиться змінним струмом 6В частотою 400Гц від КРД-99. Вал датчика може обертатися на кут 360° . При встановленні датчика на редуктор кут оберту валу обмежується та становить 30° . При обертанні валу на його виході з'являється синусоїдальний сигнал. Начальне положення датчика контролюється при установці на редуктор, при цьому повинен бути запас не менш 5° [7].

Виконавчими механізмами системи КРД-99 є:

- ВМ-1 (МКТ- 157) – виконавчий механізм регулювання витрати палива в основній камері згоряння (ОКЗ);
- ВМ-2 (МКТ-163В) – клапан перебудови агрегата НР- 31;
- ВМ-3 (МКТ-163В) – клапан відсічення палива камери згорання (КЗ);
- ВМ-4 (МКТ-163В) – клапан обмеження витрати палива в форсажній камері (ФК);
- ВМ-5 (МКТ-163В) – клапан перебудови Ф-палива на особливому режимі;
- ВМ-6 (ЄМТ-125) – клапан управління дозатора палива при запалюванні форсажу Ф;
- ВМ-7 (МКТ-163В) – клапан перебудови гідромеханічної системи;
- ВМ-8 (МКТ-157) – виконуючий механізм регулювання направляючих апаратів компресору низького тиску (НА КНТ);
- ВМ-10 (МКТ-367) – клапан керування охолодженням вузла Т [11].

2 ОБСЛУГОВУВАННЯ СИСТЕМИ КОМПЛЕКСНОГО РЕГУЛЯТОРА ДВИГУНА КРД-99

2.1 Пульт наземної перевірки ПНП-132

Пульт наземної перевірки ПНП-132Б-1 (рис.2.1) призначається для пошуку та локалізації несправностей до конструктивно-змінного блоку та налаштування виробу КРД-99 на об'єкті при заміні конструктивно-змінних блоків.

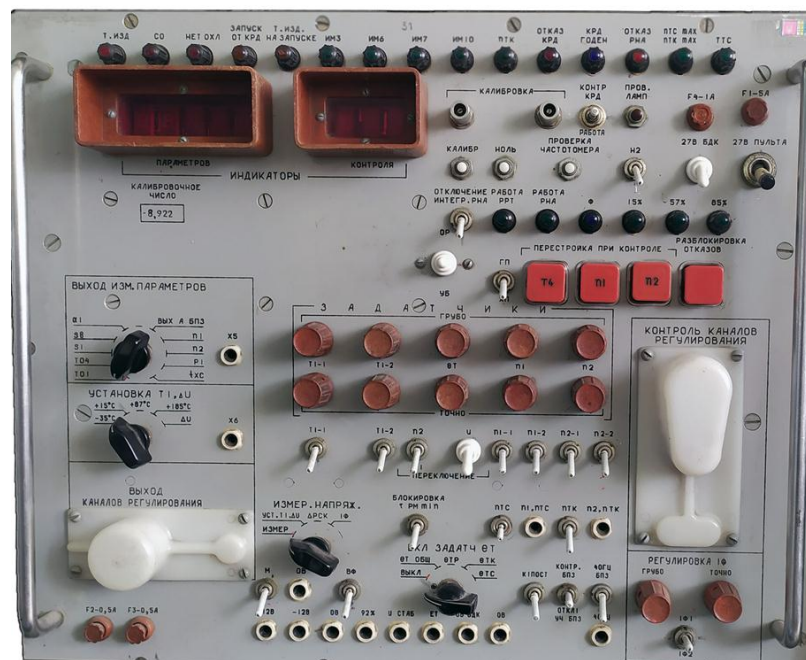


Рисунок 2.1– Пульт наземної перевірки ПНП-132Б-1

Пульт може використовуватись як автономно так і у складі мобільного комплексу МК-Т10.

Пульт дозволяє проводити пошук несправностей наступних каналів та блоків комплексного регулятора двигуна КРД-99:

- 1) каналу регулювання частоти обертів ротора низького тиску (РНТ) – N_1 ;
- 2) канал регулювання частоти обертів ротора високого тиску (РВТ) – N_2 ;
- 3) канал регулювання температури T_4 ;
- 4) канал регулювання направляючого апарату РНА;

- 5) блок протипомажного захисту;
- 6) блок керування та сигналізації режиму "Ф" (форсаж);
- 7) блок дискретних команд;
- 8) вбудованого блока контролю регулятора.

2.2 Улаштування та робота пульта ПНП-132Б-1

До складу пульта ПНП-132Б-1 (рис. 2.2) входять наступні основні пристрої:

- 1) індикаторний пристрій, що висвічує значення сигналів, надісланих до КРД-99 та сигналів, що виходять з КРД-99, та джерела другорядного електроживлення індикаторного пристрою;
- 2) група сигнальних ламп, що відображують режими роботи КРД-99;
- 3) узгоджуючі пристрої, котрі перетворюють сигнали, що надходять з КРД-99, до виду, необхідного для підключення до індикаторного пристрою;
- 4) комутаційні пристрої, котрі забезпечують підключення команд, що надходять з пульта ПНП-132Б-1 до КРД-99, а також підключення сигналів, що надходять з КРД-99 до індикаторного пристрою;
- 5) пристрій для імітації струмів іонізації.

Індикаторний пристрій висвічує на передній панелі пульта числа, пропорційні частотам обертів N_1 , N_2 , або числа, пропорційні струмам іонізації, напрузі та коефіцієнтам заповнення імпульсів струму виконуючих механізмів, Крім того, пристрій видає сигнал частоти 32 Гц для блоку БПЗ.

Для формування сигналу, що імітує частоту обертів N_1 , у пульті мається пристрій 1, що є генератором, регулюючими елементами якого є резистори R3 та R4. Регулятори дозволяють плавно задавати частоту від 290Гц до 3100Гц.

Для формування сигналу, що імітує частоту обертів N_2 , у пульті мається пристрій 2, що є генератором, регулюючими елементами якого є резистори R5 та R6. Регулятори дозволяють плавно задавати частоту від 290Гц до 3100Гц.

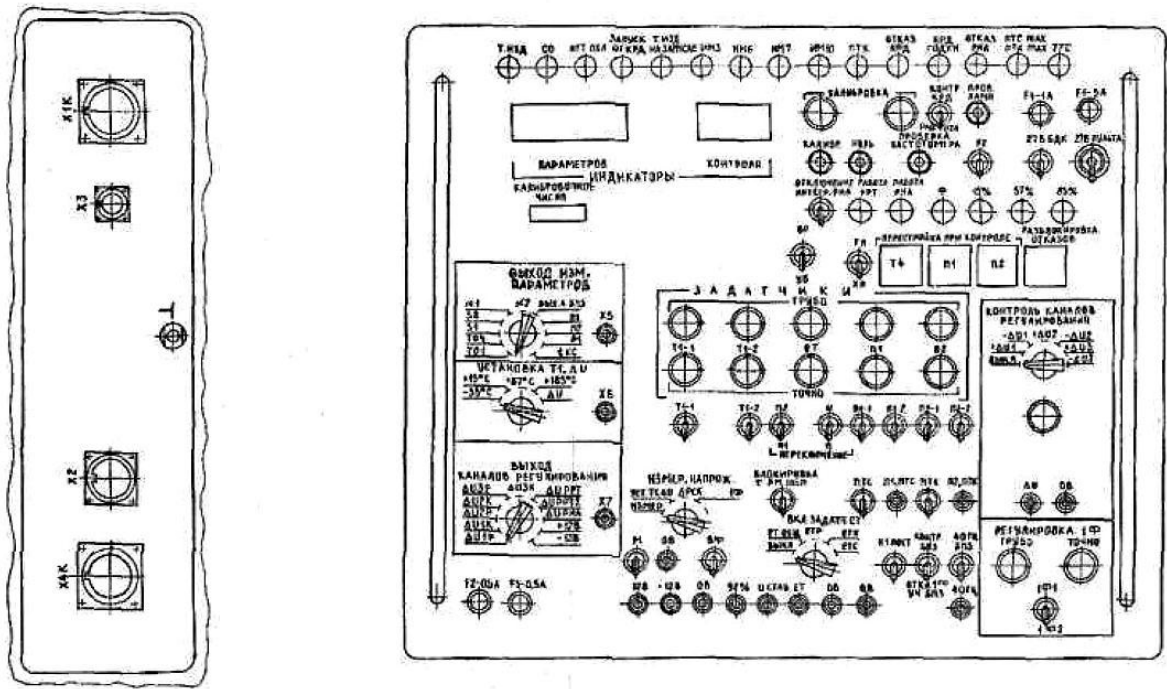


Рисунок 2.2 – Конструкція ПНП-132Б-1

Для формування сигналу, пропорційного температурі T_1 , у пульті мається пристрій 3. Цей пристрій являє собою регульований подільник напруги, елементами регулювання є резистори R7 та R8. Цей сигнал потрапляє до одного з вимірювачів температури T_1 у КРД-99.

На другий вимірювач температури T_1 у КРД-99 сигнал потрапляє з подільника напруги 4, аналогічного пристрою 3, елементами регулювання є резистори R9 та R10.

Для формування сигналу, пропорційного температурі T_4 , у пульті мається пристрій 5. Цей пристрій являє собою регульований подільник напруги, елементами регулювання є резистори R11 та R12. Цей сигнал потрапляє до одного з вимірювачів температури T_4 у КРД-99. На другий вимірювач температури T_4 у КРД-99 сигнал потрапляє з подільника напруги 6, аналогічного пристрою 5, елементами регулювання є резистори R13 та R14 [12].

3 РОЗРОБКА ІМІТАЦІЙНИХ МОДУЛІВ ДАТЧИКІВ ТЕМПЕРАТУРИ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО КОМПЛЕКСА ПЕРЕВІРКИ КРД-99

3.1 Автоматизований комплекс діагностування КРД-99

Однією з важливих систем літака Су-27 є система запуску та керування режимами роботи двигуна АЛ-31Ф. Існуючий у теперішній час пульт ПНП-132Б-1 наземної перевірки системи запуску та керування режимами роботи двигуна АЛ-31Ф є неавтоматизованим пристроєм із дискретною установкою режимів та ручною установкою рівня сигналів імітаторів датчиків параметрів двигуна. Останнє суттєво збільшує час перевірки, зменшує достовірність контролю та не дозволяє виконувати перевірку в динамічному режимі. Використання автоматизованого комплексу для перевірки систем запуску та керування режимами роботи двигуна АЛ-31Ф, побудованого на базі електронно-обчислювальної машини (ЕОМ), дозволить усунути вказані недоліки неавтоматизованого пристрою контролю [13].

Автоматизований комплекс вирішує ряд проблем для перевірки КРД-99 в лабораторних умовах:

- головною проблемою є неможливість зняття датчиків з двигуна для лабораторних випробувань системи КРД-99, тому що порушуються гарантійні зобов'язання двигуна;
- з'являється можливість перевірки системи у всьому діапазоні роботи двигуна;
- в процесі випробувань імітуються аварійні ситуації і відмови;
- прискорюється технологічний процес перевірки і регулювання системи КРД-99

Структурна схема автоматизованого комплексу діагностики системи контролю двигуна КРД-99 наведена на рис.3.1. Однією з основних складових частин автоматизованого комплексу контролю є пристрій імітаторів датчиків параметрів двигуна.

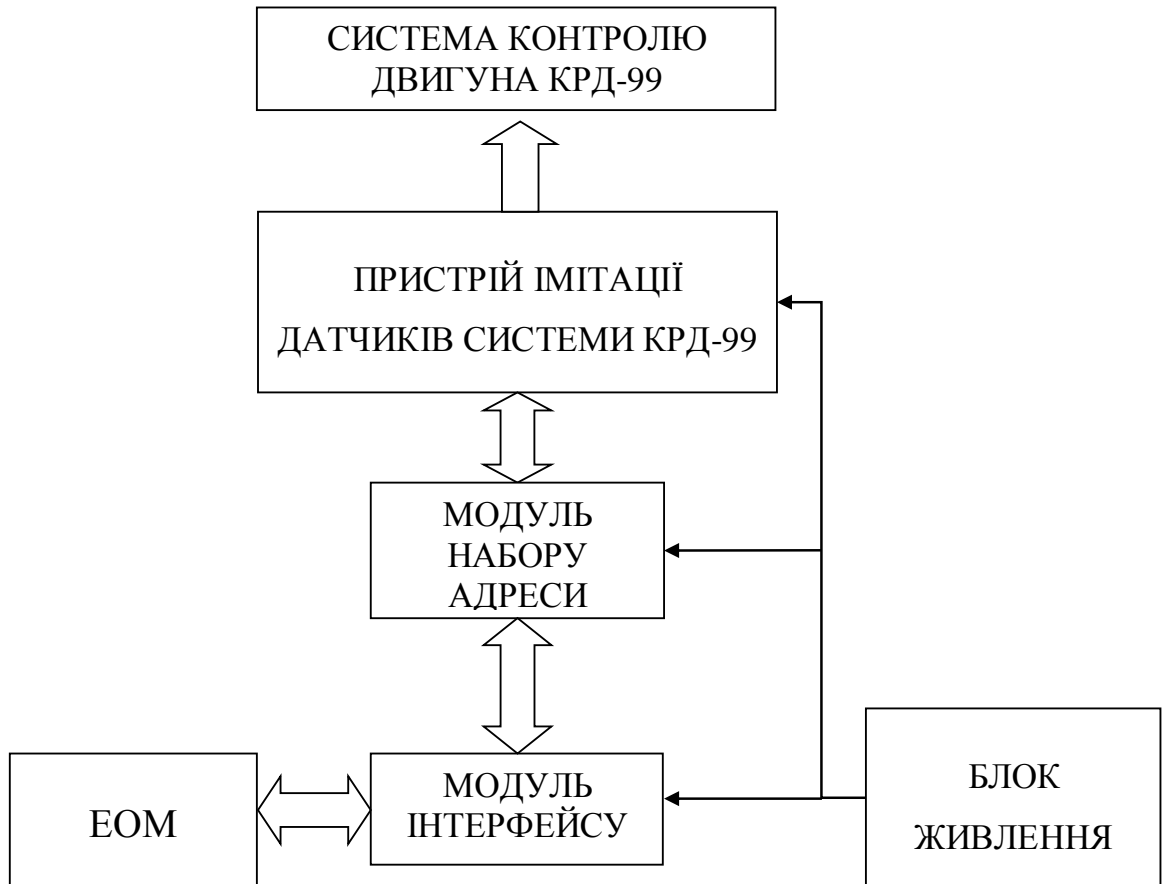


Рисунок 3.1– Структурна схема автоматизованого комплексу діагностування системи контролю двигуна КРД-99

Імітатори датчиків призначені для відтворення електричних сигналів аналогічних тим, які видають реальні датчики на працюючому двигуні [14].

Кожен із імітаторів складається з програмної та апаратної частин. Програмна частина реалізується за допомогою ЕОМ, апаратна – складається із відповідних модулів електроніки з цифровим керуванням.

Імітатори датчиків можуть бути використані також у пристроях, призначених для перевірки ланцюгів передачі сигналів від реальних датчиків до бортового реєстратора, для перевірки точності реєстратора, а також для імітації аварійних режимів роботи двигуна, що неможливо реалізувати на працюючому двигуні [15].

3.2 Модуль імітатора датчика температури повітря на вході в авіадвигун ДТ-211

Датчик ДТ-211 призначений для вимірювання температури загальмованого потоку повітря на вході в виріб. Встановлений в повітрозбірниках на вході компресора низького тиску авіадвигуна. Зовнішній вигляд датчика наведений на рисунку 3.2, конструкція – на рисунку 3.3. Потік повітря впливає на чутливі елементи 3 – дві спіралі з платиного дроту 0,1 мм, які покладені в канавку каркасу 4.

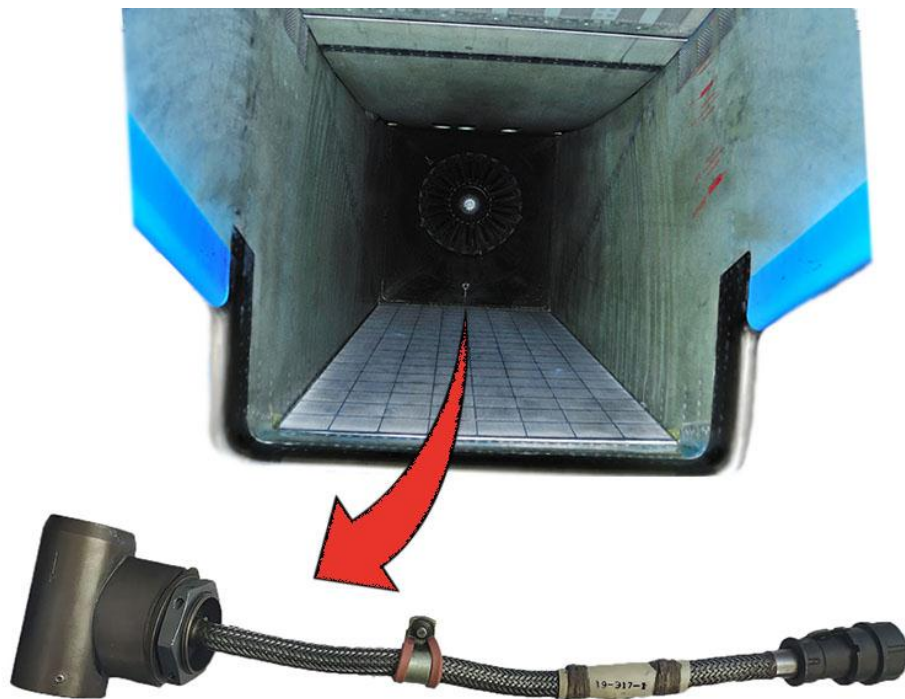


Рисунок 3.2 – Датчик температури ДТ-211. Загальний вигляд

Застосування двох чутливих елементів обумовлено необхідністю дублювання вимірювальних схем. Каркас з чутливими елементами встановлений в щитах 2 і 5 і кріпиться за допомогою гайки 1. Чутливі елементи з'єднані із з'єднувачем 9 за допомогою виводів 6 і монтажних проводів 7, покладених в рукаві 8.

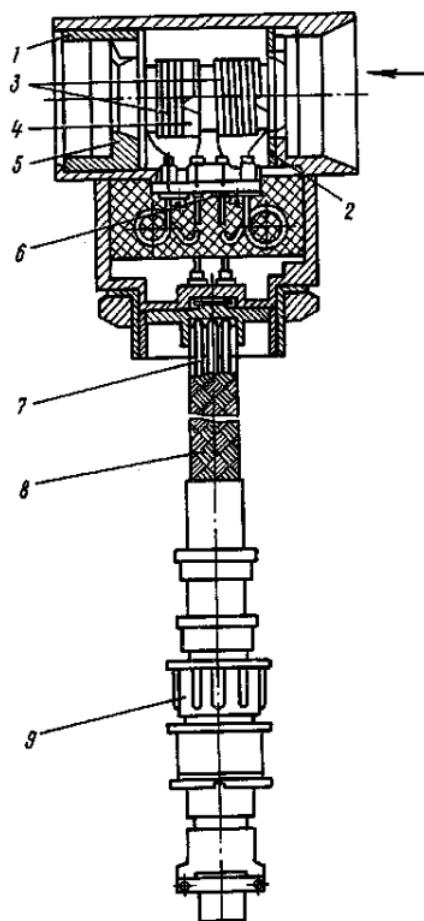


Рисунок 3.3 – Конструкція ДТ-211

Принцип дії датчика заснований на властивості платинової дроту змінювати свій електричний опір від температури [6]. Залежність вихідного опору датчика ДТ-211 від температури повітря наведена в табл. 3.1.

Максимальна похибка датчика для вимірювання температури повітря на вході в авіаційний двигун не повинна перевищувати $\pm 1\%$ від верхньої межі нормалізованого значення [6].

На підставі заданих технічних умов було розроблено імітатор датчика ДТ-211.

Структурна схема імітатора датчика ДТ-211 зображена на рис. 3.4.

Імітатор складається з програмної та апаратної частин. Програмна частина реалізована за допомогою ЕОМ, апаратна частина представлена модулем електроніки з цифровим керуванням. Вихідним ланцюгом пристрою є

резисторна збірка $R_1...R_{12}$, опори резисторів якої вибрані за принципом $R_{i+1}=2R_i$.

Таблиця 3.1 Тарувальна таблиця датчика ДТ-211

T, °C	R, Ом	T, °C	R, Ом	T, °C	R, Ом
- 60	34,94	40	53,26	150	72,78
- 50	36,8	50	55,06	160	74,52
- 40	38,65	60	56,88	170	76,26
- 30	40,6	70	58,65	180	77,99
- 20	42,3	80	60,43	190	79,71
- 10	44,17	90	62,21	200	81,43
0	46	100	63,99	210	83,15
10	47,82	110	65,76	220	84,86
15	48,73	120	67,52	230	86,56
20	49,64	130	69,28	240	88,21
30	51,45	140	71,03	250	89,96

На підставі аналізу тарувальної таблиці датчика ДТ-211 (табл.3.1) було визначено, що діапазон зміни вихідного опору датчика складає від 30 до 90 Ом.

Для реалізації вказаного діапазону опори резисторів збірки повинні мати такі значення:

$$R_1 = 50 \text{ Ом}; \quad R_2 = 100 \text{ Ом}; \quad R_3 = 200 \text{ Ом}; \quad R_4 = 400 \text{ Ом};$$

$$R_5 = 800 \text{ Ом}; \quad R_6 = 1600 \text{ Ом}; \quad R_7 = 3200 \text{ Ом}; \quad R_8 = 6400 \text{ Ом};$$

$$R_9 = 12800 \text{ Ом}; \quad R_{10} = 25600 \text{ Ом}; \quad R_{11} = 51200 \text{ Ом}; \quad R_{12} = 102400 \text{ Ом}.$$

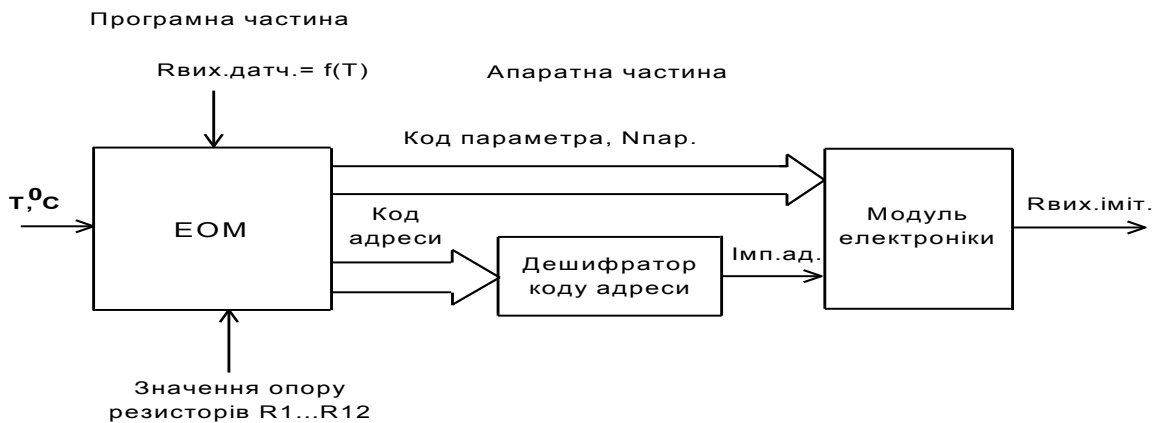


Рисунок 3.4 – Структурна схема імітатора датчика ДТ-211

Принципова електрична схема модуля електроніки наведена на рис. 3.5.

Перемикачі 1K1...1K12 (РЛ-1 8И4.500.007) є контактами реле K1...K12. Реле через підсилювачі на транзисторах VT1...VT12 (КТ315А) підключені до виходів регістрів пам'яті на мікросхемах D1, D2 (мікросхема КР1533ИР22). Мікросхема є восьмизарядний регістр на тригерах з засувкою з трьома станами на виході і призначена для управління великим ємнісним і низькоомним навантаженнями. Контакт 1K_i замикається, якщо *i*-й розряд коду параметра дорівнює „1”.

Формування паралельного 12-ти розрядного двійкового коду параметра здійснюється в ЕОМ за допомогою спеціальної програми, яка враховує залежність $R_{\text{вих.дат.}} = f(T)$, а також реальні значення опорів резисторів R1...R12 резисторної збірки.

Крім того, ЕОМ видає чотирьохрозрядний код адреси, за допомогою якого здійснюється вибір відповідного модуля електроніки імітатора [17].

Нижче наведені результати експериментальних досліджень лабораторного макету імітатора датчика ДТ-211 (таблиця 3.2).

Таблиця 3.2 Результати експериментальних досліджень

T, °C	R, Ом	R _{ім} , Ом	T, °C	R, Ом	R _{ім} , Ом	T, °C	R, Ом	R _{ім} , Ом
-60	34,94	34,9	40	53,26	53,25	150	72,78	72,8
-50	36,8	36,83	50	55,06	55,07	160	74,52	74,53
-40	38,65	38,67	60	56,88	56,84	170	76,26	76,23
-30	40,6	40,64	70	58,65	58,66	180	77,99	77,97
-20	42,3	42,31	80	60,43	60,43	190	79,71	79,7
-10	44,17	44,2	90	62,21	62,2	200	81,43	81,44
0	46	46,1	100	63,99	64	210	83,15	83,14
10	47,82	47,79	110	65,76	65,73	220	84,86	84,85
15	48,73	48,7	120	67,52	67,5	230	86,56	86,56
20	49,64	49,69	130	69,28	69,3	240	88,21	88,2
30	51,45	51,44	140	71,03	71,03	250	89,96	89,95

У таблиці 3.3 наведені дійсні значення опорів резисторів R₁...R₁₂, які потрібно встановити у макеті модуля електроніки.

Таблиця 3.3 Значення опорів резисторів, Ом.

R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	R ₈	R ₉	R ₁₀	R ₁₁	R ₁₂
50,5	100,7	201,5	404,4	806,8	1601	3201	6402	12706	25470	51090	103360

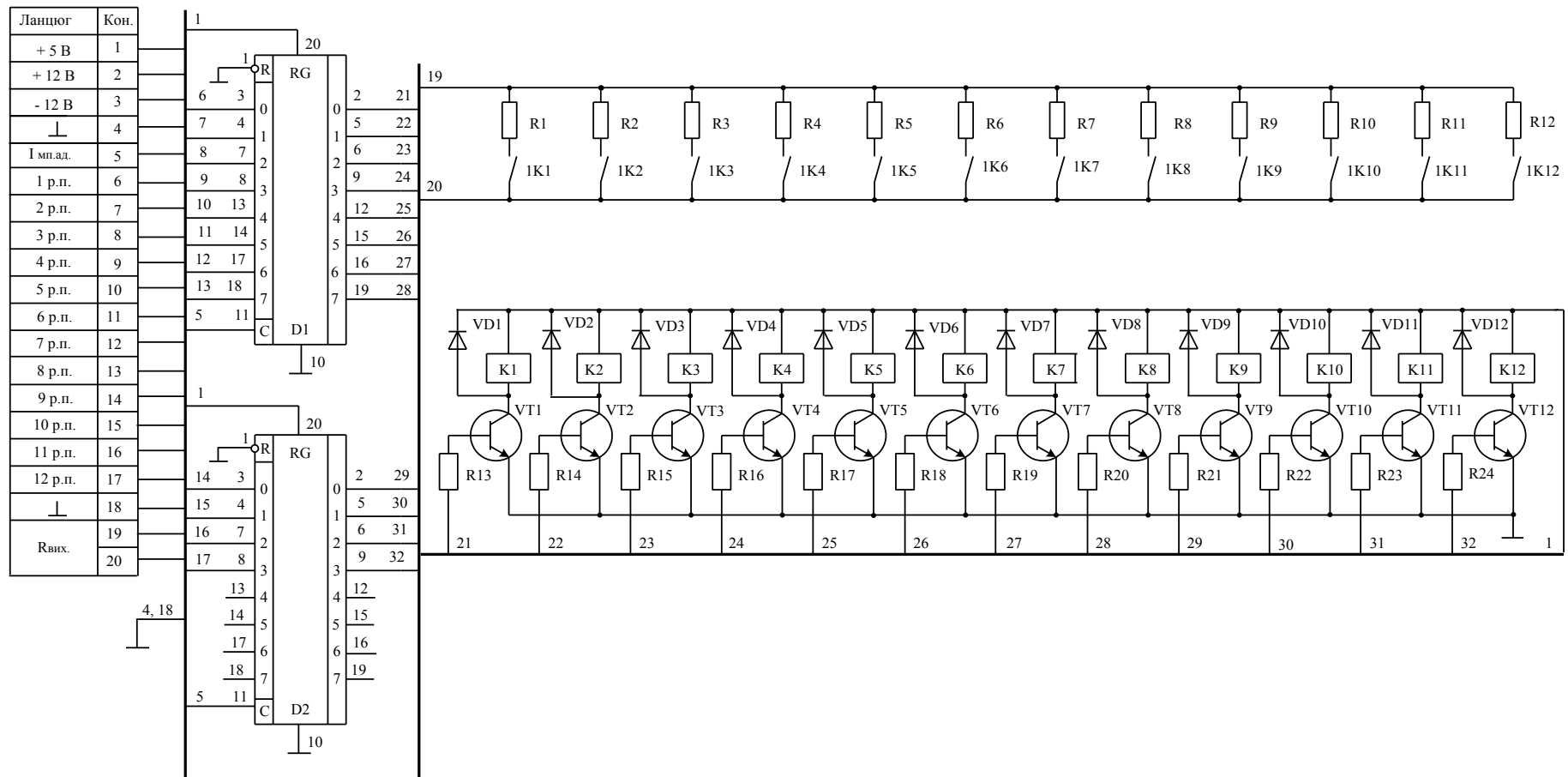


Рисунок 3.5 – Схема принципова електрична модулів електроніки імітатора датчика температури повітря на вході в двигун ДТ-211 та приймача температури масла та палива П-77 вар. 2

На рис.3.6 зображені графіки залежності $R_{\text{вих}} = f(T)$ датчика ДТ-211 та його імітатора.

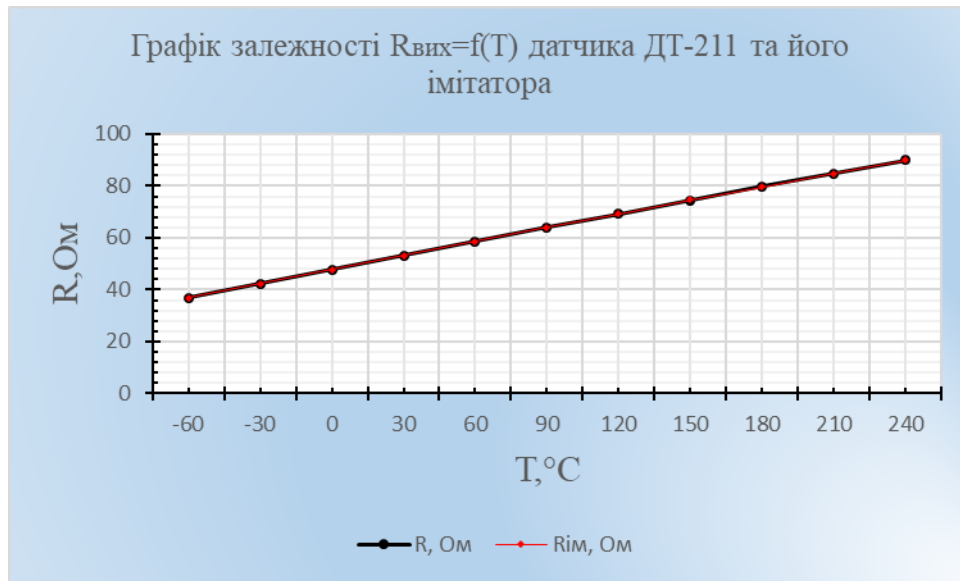


Рис.3.6 – Графіки залежності $R_{\text{вих.}} = f(T)$ датчика ДТ-211 та його імітатора:

R – датчик, Rім – імітатор

Із аналізу даних рис. 3.6 видно, що максимальне відносне відхилення значення вихідного опору імітатора датчика ДТ-211 по відношенню до опору реального датчика на перевищує 0,5%.

3.3 Модуль імітатору приймача П-77 вар.2 температури палива та масла

Приймач температури П-77 вар.2 (рис. 3.7) призначений для вимірювання температури газів і рідин.

Принцип дії приймача заснований на використанні властивості металів (платинового дроту) змінювати свій електричний опір в залежності від температури. Кожному значенню вимірюваної температури відповідає певне значення електричного опору.

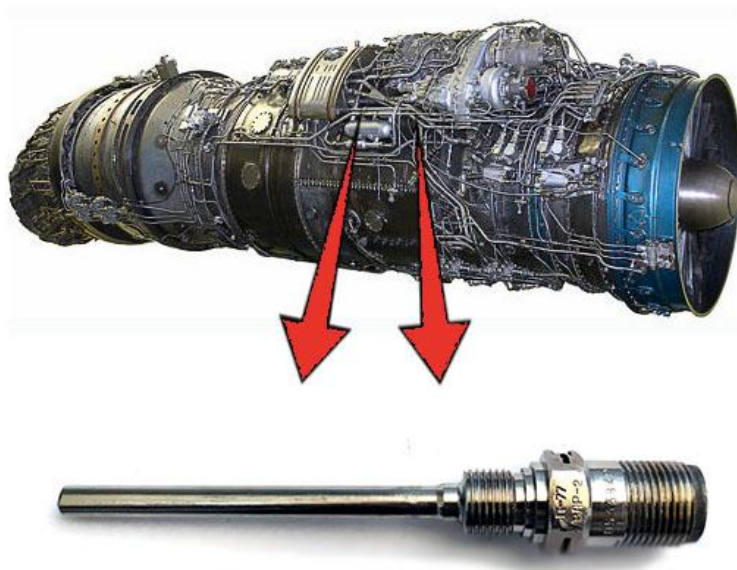


Рисунок 3.7 – Приймач П-77 вар.2

Приймач П-77 вар. 2 за своєю конструкцією нероз'ємний. Він складається (рис. 3.8) з наступних основних частин: теплочутливого елемента 1, арматури 2 і штепсельного роз'єму 3. Теплочутливий елемент складається з платиного дроту 4, намотаного на слюдяні пластини 5. З обох сторін теплочутливого елемента приклеєні слюдяні ізоляційні прокладки 6, поверх яких поміщаються бронзові теплопровідні пружні пластини 7. Зібраний елемент вставляють в арматуру і закріплюють гайкою 8.

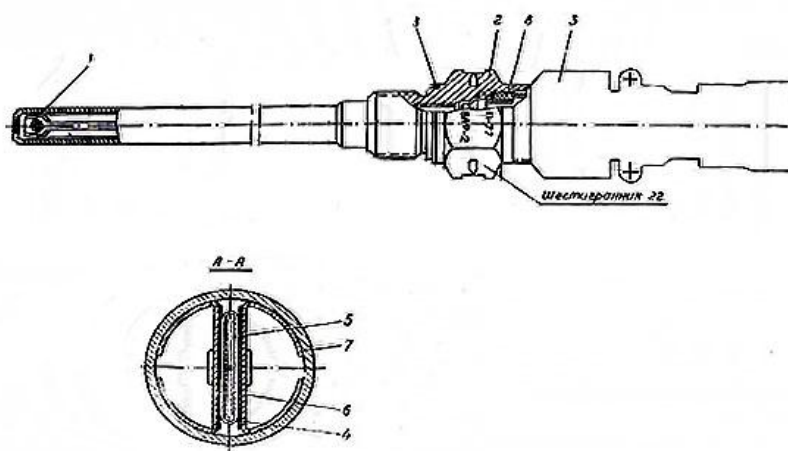


Рисунок 3.8 – Конструкція приймача П-77 вар. 2

З'єднання приймача з вимірником проводиться за допомогою двоконтактного штепсельного роз'єму 3 [16].

Залежність вихідного опору датчика П-77 вар.2 від температури палива чи масла наведено в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Тарувальна таблиця приймача П-77 вар.2

T, °C	R, Ом	T, °C	R, Ом	T, °C	R, Ом	T, °C	R, Ом	T, °C	R, Ом
0	100	55	121,65	110	142,95	165	163,89	220	184,48
5	101,98	60	123,60	115	144,86	170	165,78	225	186,33
10	103,96	65	125,55	120	146,78	175	167,66	230	188,18
15	105,94	70	127,49	125	148,69	180	169,54	235	190,03
20	107,91	75	129,44	130	150,60	185	171,42	240	191,88
25	109,88	80	131,37	135	152,51	190	173,29	245	193,72
30	111,85	85	133,31	140	154,41	195	175,16	250	195,56
35	113,82	90	135,24	145	156,31	200	177,03	255	197,39
40	115,78	95	137,17	150	158,21	205	178,90	260	199,23
45	117,74	100	139,10	155	160,11	210	180,76	265	201,06
50	119,70	105	141,02	160	162,00	215	182,62	270	202,89

Згідно інструкції з технічної експлуатації максимальна похибка датчика П-77 вар. 2 при вимірюванні температури палива та масла не повинна перевищувати $\pm 1,5\%$ від верхньої межі нормалізованого значення [16].

Структурна та принципова схеми імітатора датчика П-77 вар. 2 аналогічні схемам наведеним на рис. 3.4 та 3.5.

У табл. 3.5 наведена залежність $R_{\text{вих}} = f(T)$ для датчика П-77 вар. 2 та його імітаторів. На рис.3.9 зображені графіки залежності $R_{\text{вих}} = f(T)$ датчика та його імітаторів.

Максимальне відносне відхилення значення вихідного опору імітаторів датчиків П-77 по відношенню до опору реальних датчиків не перевищує 0,5%.

Таблиця 3.5 – Залежність $R_{\text{вих}} = f(T)$ для датчика П-77 вар. 2 та його імітатора

Датчик П-77		Імітатор 1	Імітатор 2	Датчик П-77		Імітатор 1	Імітатор 2
T^0, C	$R_{\text{вих}},$ Ом	$R_{\text{вих.1}},$ Ом	$R_{\text{вих.2}},$ Ом	T^0, C	$R_{\text{вих}},$ Ом	$R_{\text{вих.1}},$ Ом	$R_{\text{вих.2}},$ Ом
0	100	99,61	99,97	140	154,41	154,1	154,4
10	103,96	103,91	103,93	150	158,21	157,8	158,2
20	107,91	107,81	107,83	160	162	161,9	161,9
30	111,85	111,76	111,84	170	165,78	165,9	165,6
40	115,78	115,72	115,73	180	169,54	169,4	169,4
50	119,7	119,71	119,64	190	173,29	172,9	173,1
60	123,6	123,5	123,5	200	177,03	176,8	176,7
70	127,49	127,4	127,3	210	180,76	180,6	180,4
80	131,37	131,2	131,2	220	184,48	184,2	184,2
90	135,24	135,2	135,1	230	188,18	187,9	188
100	139,1	139	138,9	240	191,88	191,6	191,5
110	142,95	142,8	142,8	250	195,56	195,2	195,1
120	146,79	146,7	146,7	260	199,23	198,6	198,9
130	150,6	150,6	150,5	270	202,89	202,9	202,87

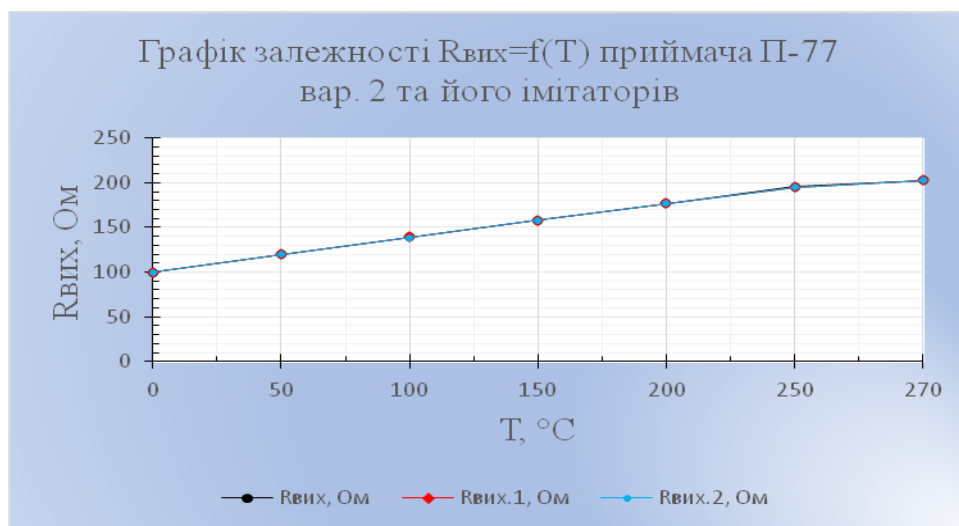


Рисунок 3.9 – Графіки залежності $R_{\text{вих}} = f(T)$ приймача П-77 вар.2 та його імітаторів : $R_{\text{вих}}$ – приймач П-77 вар.2; $R_{\text{вих.1}}$ – імітатор приймача температури масла; $R_{\text{вих.2}}$ – імітатор приймача температури палива.

ВИСНОВКИ

1. Система КРД-99 потребує своєчасного, кваліфікованого ремонту та налаштування у лабораторних умовах з послідуочим доведенням на літаку.

Пульт наземної перевірки ПНП-132Б-1 є комутаційним пристроєм і працює з сигналами від реальних датчиків. Він потребує живлення спеціальними напругами та ввімкнення під струм багатьох систем. Тому систему КРД-99 перевіряють під час перевірки усього літака, а перевірка лише однієї цієї системи призводить до великих витрат.

2. Проблема вирішується за допомогою автоматизованого перевірконого комплексу, що включає пристрій імітації датчиків.

В роботі представлені результати розробки модулів імітаторів датчиків температури типу ДТ-211, П-77 вар. 2, які входять до складу пристрою імітації датчиків автоматизованого комплексу.

3. Отримані вихідні результати були порівняні з показниками реальних датчиків температури. Проведені експериментальні дослідження імітаторів датчиків показали, що вони мають похибку у середньому на порядок меншу, ніж реальні датчики, і задовольняють вимогам технічної документації.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Этапы развития бортового оборудования [Электроний ресурс] – Режим доступа: <http://www.modern-avionics.ru/analytics/2014/modern-role-of-avionics-aircraft/part-1/>
2. **Смирнов, Н.Н.** Обслуживание и ремонт АТ по состоянию [Текст] / Н.Н. Смирнов. – М.: Транспорт, 1987. – 272 с.
3. **Быковцев, И.С.** Технические средства и системы для обслуживания воздушного движения: учебное пособие [Текст] / И.С. Быковцев, В.С. Демьянчук, В.А. Клименко и др. - К: Украэрорух, 2012. – 508 с.
4. **Бюллетень № 217.1.0.0228.4.** КРД-99: особенности эксплуатации [Текст] – 1989. – 132 с.
5. **Хотянович, Д. И.** Электроавтоматика изделия 99, конструктивные и эксплуатационные особенности [Текст] / Д. И. Хотянович. – 1985. – 164 с.
6. **6Б1.320.000 РЭ** Руководство по технической эксплуатации. Комплексный регулятор КРД-99. [Текст]. – 1981. – 127 с.
7. **ТО.99.01** Техническое описание изделия 99 [Текст]. – 1990. – 384 с.
8. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Датчика вибрации МВ-27 [Текст]. – 1974. – 16 с.
9. **ИЭ.99.01.** Руководство по технической эксплуатации двигателя АЛ-31Ф. Книга 2 [Текст] – 1988. – 268 с.
10. **Гимадиев, А.Г.** Экспериментальные исследования статических и динамических характеристик датчиков энергетических установок [Текст] / А.Г. Гимадиев. – 2010. – 20 с.
11. **ТО.99.01 ВКА.** Выносная коробка агрегатов (ВКА) изделия 99. Техническое описание. [Текст] – 1990. – 76 с.
12. **6Б2.702.042 РЭ** Руководство по технической эксплуатации. Пульт наземной проверки ПНП-132Б-1. [Текст] – 1989. – 30 с.
13. **Смирнов, Н.Н.** Обслуживание и ремонт АТ по состоянию [Текст] / Н.Н. Смирнов. – М.: Транспорт, 1987. – 167 с.

14. **Жуковского Н.Е.** Руководство по технической эксплуатации № 10С. Книга 5 [Текст]. – М: Изд. ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1983. – 380 с.

15. **Шило, В.Л.** Популярныe цифровыe микросхемы. Справочник [Текст] / В.Л. Шило. – М: Радио и связь, 1989. – 350 с.

16. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Приемник температуры П-77 вар.2. [Текст]. – 1982. – 23 с.

17. **Гершунский, Б.С.** Справочник по расчету электронных схем [Текст] / Б.С. Гершунский. – К: Вища школа, 1983. – 239 с.