

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

Виртуальный стенд для контроля и диагностики приборного оборудования и систем кабины самолета

Электронные методические указания
к лабораторным работам

Самара

2010 г.

УДК 681.2: 629.13(075.8)

Составители: **Прилепский Василий Андреевич**
Коптев Анатолий Никитович

Методические указания содержат сведения, необходимые для изучения и выполнения лабораторной работы. Приведены рекомендации и разъяснения построения виртуальной модели стенда и его приборной панели, представлены программа контроля, стыковочная карта объекта контроля, и методика проведения контрольно-диагностических операций контроля панели энергоузла самолета Ту-154.

Методические указания предназначены для магистров высших учебных заведений, обучающихся по магистерской программе “Контроль состояния и диагностирование неисправности летательных аппаратов и их функциональных систем” по направлениям подготовки 162 300.68 “Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей” и 162500.68 “Техническая эксплуатация авиационных электросистем и пилотажно-навигационных комплексов” и изучающих дисциплину “Теория и практика контроля и диагностики систем авиационной техники”.

Подготовлено на кафедре эксплуатации авиационной техники.

© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2010

Оглавление

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....	4
1.1 Цель и задачи лабораторной работы	4
1.2 Постановка задачи.....	5
2 АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЪЕКТА КОНТРОЛЯ	5
3 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СОСТАВЛЕНИИ ПРОГРАММ КОНТРОЛЯ В ПРОГРАММНОЙ	
СРЕДЕ «МАСКА».....	7
4 АНАЛИЗ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ ОБЪЕКТА КОНТРОЛЯ И ПРОГРАММНЫЕ	
МОДУЛИ ПАНЕЛИ ЭНЕРГОУЗЛА.....	9
5 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ И ВЫБОР КОМПЛЕКТАЦИИ СИСТЕМЫ	
«МАСКА» ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПОСТАВЛЕННОЙ ЗАДАЧИ.....	15
6 ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ	
ОБЪЕКТА КОНТРОЛЯ В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ «LabVIEW»	21
6.1 Общие сведения о ПС «LabVIEW».....	21
6.2 Разработка виртуальной панели системы «МАСК-ПЭ» в ПС «LabVIEW».....	23
6.3 Разработка программы имитации проверки объекта контроля	27
7 ТЕХНОЛОГИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОВЕРКИ ПАНЕЛИ ЭНЕРГОУЗЛА С ПОМОЩЬЮ	
СИСТЕМЫ «МАСК-ПЭ».....	30
8 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	32
9 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА.....	32
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	33

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Цель и задачи лабораторной работы

Лабораторная работа является одним из основных практических этапов изучения дисциплины "Теория и практика контроля и диагностики систем авиационной техники" и имеет следующие цели:

- систематизация, закрепление и расширение теоретических знаний, полученных при изучении данной дисциплины;

- реализация полученных знаний для решения практических задач на основе применения современных программно-технических средств, виртуального и физического моделирования с целью глубокого изучения принципов работы приборов и информационно-измерительных систем ВС, технологических процессов технической эксплуатации и алгоритмов поиска возможных неисправностей.

При решении вопросов, возникающих в ходе выполнения лабораторной работы, магистры получают:

- углубленные знания принципов разработки виртуальных приборов и панелей управления ими, а также структуру и алгоритмы работы виртуальных стендов в режиме "Имитация".

- Знания принципов работы конкретных систем, датчиков, первичных преобразователей, измерительных схем и т.д., а также методов и принципов измерения контролируемого объекта;

- возможность исследования метрологических характеристик первичных преобразователей, датчиков, измерительных схем и т.д., анализ погрешностей и их зависимости от дестабилизирующих факторов;

- возможность теоретического расчета измерительных схем, измерительных мостов, преобразователей и т.д. с учетом основных и дополнительных погрешностей и проверка их на практике.

1.2 Постановка задачи

Основной задачей данной лабораторной работы является изучение процесса разработки виртуального стенда для контроля и диагностики приборного оборудования и систем кабины самолета на базе микропроцессорной автоматизированной системы контроля авионики МАСКА. В качестве объекта контроля и диагностики возьмем панель энергоузла самолёта Ту-154. Разрабатываемый стенд (назовем его «МАСКА-ПЭ») должен отвечать следующим технологическим требованиям:

1. Гибкость настроек – возможность быстрого перепрофилирования системы для проверки множества других объектов контроля (электросборок) на разных типах ВС.

2. Возможность технологического совершенствования за счёт использования новых технологий.

3. Взаимозаменяемость – применение в системе стандартизированных блоков и модулей, выполненных на основе современной элементной базы.

4. Достоверность – обеспечение максимально возможной точности и исключение появления ошибки в процессе диагностирования и контроля технического состояния объекта контроля.

5. Возможность использования специальных напряжений на проверки объекта контроля.

6. Удобство и наглядность процесса проведения проверки ОК, достигаемое путём виртуального управления работой системы.

7. Высокое быстродействие – время единичной проверки не должно превышать 500 мс.

8. Массогабаритные показатели, обеспечивающие удобство сборки и разборки, а также лёгкую транспортабельность системы.

9. Все модули стенда должны быть реальными, а виртуальная панель управления иметь три режима работы: - «РАБОТА»; - ИМИТАЦИЯ»; -«ТЕСТ-КОНТРОЛЬ»;

2 АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЪЕКТА КОНТРОЛЯ

Панель энергоузла (ПЭ) предназначена для ручного управления системой электроснабжения (СЭС) ЛА, для измерения и индикации основных параметров питающих сетей, а также для мнемосигнализации состояния особо важных узлов и агрегатов (как правило, источников и преобразователей э/э), входящих в СЭС.

Панель энергоузла Ту-154 (рисунок 2.1) конструктивно выполнена одним блоком с панелью запуска ВСУ и имеет с ней общую кнопку «Контроль ламп».

Управление электроснабжением через ПЭ осуществляет бортинженер со своего рабочего места, расположенного в кабине пилотов позади мест лётчиков.

С целью удобства контроля и анализа данных, выводимых на ПЭ, панель визуально разбита на 3 сектора. Каждый сектор “отвечает” за свою сеть: =27В, ~115/200В 400Гц и ~36В 400Гц.

Всего на панели энергоузла расположено:

- 16 двухпозиционных тумблеров;
- 2 трёхпозиционных тумблера;
- 8 галетных переключателей;
- 3 амперметра;
- 2 вольтметра;
- 1 частотомер;
- 17 сигнальных ламп ЛБ-61 (5 красных, 10 жёлтых и 2 зелёных).

Внутри ПЭ расположена *панель реле*, через которую происходит внешнее управление сигнальными лампами, а также коммутация измерителей (U, I, f) к необходимым каналам измерения. К монтажно-установочному оборудованию панели энергоузла самолёта Ту-154 относятся пять сетевых разъёма типа ШР.



Рисунок 2.1 – Панель энергоузла и запуска ВСУ самолёта Ту-154

В общем и целом, сетевые разъёмы предназначены для соединения отдельных участков электрической сети, а также для включения в сеть отдельных элементов электрооборудования. Их устанавливают в местах конструктивных разъёмов самолёта, на стенках герметических кабин, на распределительных устройствах и на съёмных агрегатах электрооборудования, таких как электросборки.

3 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СОСТАВЛЕНИИ ПРОГРАММ КОНТРОЛЯ В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ «МАСКА»

Язык программирования «МАСКА» предназначен для формализации информационного обмена между средствами информационно-технологической подготовки процессов контроля и собственно средствами контроля с целью выполнения процессов контроля, измерения параметров, диагностики и локализации дефектов, получения и обработки контрольно-измерительной информации, а также для выполнения прочих процессов, связанных с контрольно-измерительными операциями.

Алфавит «МАСКА» обеспечивает формализованное описание процессов контроля объектов, относящихся к электротехническому оборудованию ВС, и последовательности их выполнения. Оформленная в виде конечного файла программа контроля описывает процесс контроля ТС фрагментов схемы электросборки или схемы в целом.

Буквы и знаки алфавита «МАСКА» максимально приближены к алфавиту описания электрических схем по ГОСТу, а идентификаторы входных и выходных точек ОК описываются в реальных адресах схемы. Комментарии пишутся на русском или любом другом языке.

Программа контроля (ПК) электросборки представляет собой текстовый файл, состоящий из строк длиной не более 80 символов. ПК может быть составлена с использованием автоматизированной подготовки программ контроля, либо вручную с использованием любого редактора текста, например, «Блокнот» или «WORD».

Каждая электросборка имеет шифр – индивидуальное обозначение, позволяющее однозначно её идентифицировать. Именем файла, содержащего ПК, как правило, является шифр сборки в конструкторской документации (КД) (не более 20 символов), написанный на русском или английском языке. Например, sborka.txt – файл, содержащий программу контроля сборки с наименованием “ sborka ”.

Структуру ПК составляют контрольные кадры. Каждый кадр содержит несколько текстовых строк. В каждой строке описывается действие, осуществляемое в процессе контроля либо программой «МАСКА-ПК» автоматически, либо оператором в случае наличия ручной операции. В частности, для каждого кадра задаётся перечень клемм на разъёмах в реальных адресах (по КД) контролируемого объекта с описанием воздействия на каждую клемму, а также перечисляются точки выхода контрольно-стимулирующего сигнала и адреса точек измерительных сигналов с указанием их номиналов.

Контрольные кадры делятся на независимые и зависимые.

Кадр называется независимым, если результат его выполнения не зависит от предыдущих кадров. Действия, указанные в строках данного кадра, гарантированно приводят электросборку в состояние, необходимое для проверки. Перед выполнением независимого кадра программа «МАСКА-ПК» проводит предварительные действия по отключению всех запитанных ранее точек. Независимые кадры могут выполняться в любой последовательности в силу своей независимости.

Кадр называется зависимым, если для приведения электросборки в состояние, необходимое для проверки, требуются действия, указанные в строках не только данного кадра, но и предыдущего (или нескольких предыдущих). Таким образом, зависимые кадры могут образовывать непрерывную цепочку. Перед выполнением зависимого кадра никаких действий программа не производит. Зависимые кадры обеспечивают объективность контроля только при условии их последовательного выполнения.

Автоматизированный способ составления программ контроля, реализованный в САПР ПК, обеспечивает независимость всех кадров. При ручном составлении ПК по желанию составителя возможна как та, так и другая идеология, равно как и совмещение в одной ПК цепочек зависимых и независимых кадров. У программ, составленных автоматически, расширение имени файла – “pk”. Например, sborka.pk – файл, созданный САПР ПК и содержащий программу контроля сборки с наименованием “ sborka ”.

4 АНАЛИЗ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ ОБЪЕКТА КОНТРОЛЯ И ПРОГРАММНЫЕ МОДУЛИ ПАНЕЛИ ЭНЕРГОУЗЛА

Первым этапом в анализе принципиальной схемы панели энергоузла (ПЭ) самолёта Ту-154 является её разбиение на функционально независимые, т.е. не связанные электрическими соединениями, участки-модули. Это позволяет упростить процедуру составления программы контроля (ПК) технического состояния исследуемого объекта в специальной программной среде «МАСКА ВС». При таком анализе и разбиении получаем, что принципиальная схема ПЭ содержит 16 независимых функциональных модулей различной сложности, которые, в свою очередь, состоят из нескольких десятков простейших модулей.

Вторым этапом анализа является составление ПК технического состояния панели энергоузла. Программа контроля “Панель_энергоузла.txt” представлена в приложении Б.

Далее рассмотрим примеры функциональных модулей, встречаемых в схеме ПЭ, а также варианты написания частей программы контроля (кадров), предназначенных для их проверки.

Пример модуля с тумблером в электрической цепи. приведён на рисунке 4.1.

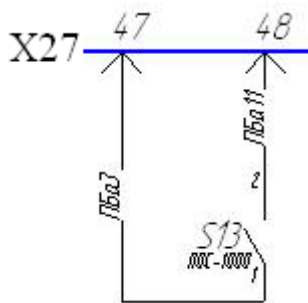


Рисунок 4.1 – Независимый модуль с тумблером

В программной среде «МАСКА ВС» кадр контроля данной цепи выглядит следующим образом:

*s+x27.48

S Тумблер S13 "ПОС-1000": Включить

wx27.47

Таким образом, контрольный кадр содержит 3 операции:

- подачу тестового напряжения +27В на 48-й контакт разъёма X27;
- контроль совершения однократной ручной операции замыкания цепи через тумблер S13;
- считывание тестового напряжения +27В на 47-м контакте разъёма X27.

Другой встречаемый в схеме панели энергоузла вариант функционального модуля с тумблером состоит из двойного переключателя и нескольких токоведущих цепей (рисунок 4.2).

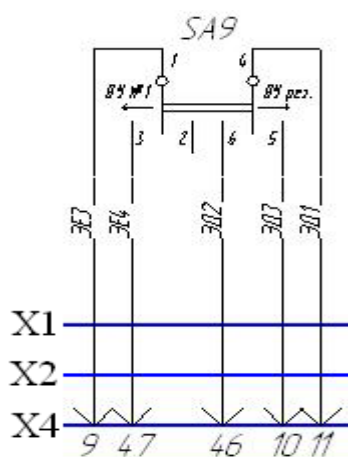


Рисунок 4.2 – Модуль с двойным переключателем

Так как используемый в схеме тумблер является двухпозиционным, то для контроля технического состояния подобного узла требуется 2 кадра (по кадру на каждую позицию). В остальном отличие заключается лишь в количестве запрашиваемых точек и контрольных точек, с которых снимается сигнал:

*s+x4.11

S Тумблер SA09 "ВУ№1-ВУрезерв-Выкл": ВУ№1 (0)

wx4.46

S Тумблер SA09 "ВУ№1-ВУрезерв-Выкл": ВУрез (2)

wx4.10

*s+x4.9

S Тумблер SA09 "ВУ№1-ВУрезерв-Выкл": ВУ№1 (0)

wx4.47

Релейно-сигнальный модуль.

Данный тип модулей (PCM) является одним из наиболее важных и распространённых в принципиальной схеме панели энергоузла.

Релейно-сигнальный модуль – это функциональный модуль, помимо токоведущей цепи, состоящий из реле РЭС48 и нескольких (или одной) сигнальных ламп ЛБ-61. Пример РСМ приведён на рисунке 4.3. Техническое состояние данного функционального модуля проверяется путём подачи разности потенциалов +27В между точками А и Б управляющей обмотки реле. В этом случае управляемые контакты замыкаются на точки 3 и 6 соответственно, тем самым запитывая цепи мнемосигнализации через объединение их с точкой А реле. При исправном ТС проверяемого модуля сигнальные лампы загораются и горят до тех пор, пока реле остаётся запитанным. Данный вариант проверки РСМ используется при одновременном контроле всех ламп в момент нажатия и удерживания соответствующей кнопки на панели запуска ВСУ.

Контрольный кадр выглядит следующим образом:

*s-x1.38
 -x27.44
 -x4.16
 +x2.1
 S Кнопка SB01 "КОНТРОЛЬ ЛАМП": Нажать и удерживать (1)
 @ Горят все лампы.

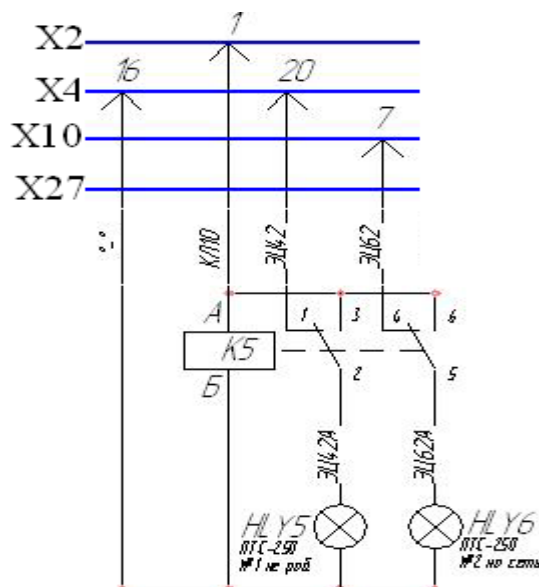


Рисунок 4.3 – Релейно-сигнальный функциональный модуль

Для дифференцированной проверки цепей мнемосигнализации следует поочередно запитать точки 1 и 4 реле РЭС48 напряжением +27В при наличии “нуля” на общем проводе:

*s-x4.16

+x4.20

@ Горит лампа HLY5 "ПТС-250 №1 не работает"

*s-x4.16

+x10.7

@ Горит лампа HLY6 "ПТС-250 №2 на сеть".

Помимо обычных РСМ и тумблерных модулей, в схеме панели энергоузла присутствует также более сложный комбинированный тумблерно-релейно-сигнальный модуль, контролируемый посредством 4-х независимых кадров.

Схема диодного модуля приведена на рисунке 4.4.

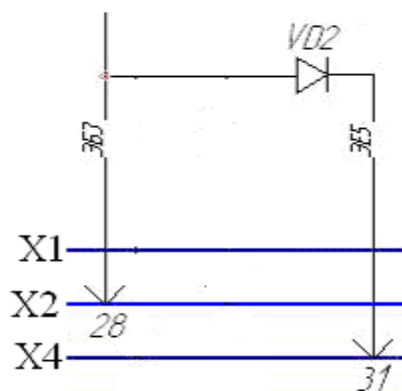


Рисунок 4.4 – Диодный функциональный модуль

Диодный модуль состоит из полупроводникового диода VD2, включённого последовательно в токоведущую цепь. В принципиальной схеме панели энергоузла присутствуют всего 2 подобных модуля, алгоритм проверки каждого из которых составляет 2 кадра:

*s+x2.28

vx4.31

*s+x4.31

В первом кадре диод запитывается прямым напряжением +27В. При исправном ТС модуля на контрольной точке должен быть прочитан аналогичный сигнал (+27В).

Во втором кадре диод запитывается обратным напряжением +27В. Контрольными точками (КТ) являются все остальные КТ электросборки, на которых должен отсутствовать любой выходной сигнал.

Функциональный модуль, содержащий галетные переключатели и измерители (вольтметры, амперметры, частотомеры).

Данный тип функциональных модулей требует наиболее сложной программы контроля, состоящей из множества кадров. Каждый контрольный кадр в таком случае описывает один из вариантов комбинации положений галетных переключателей (ГП). Помимо работоспособности ГП, составленная таким образом программа контроля проверяет целостность коммутируемых токоведущих цепей, запитанных предварительно напряжением через необходимые контрольные точки. Кроме того, дополнительную сложность в создание подобной программы контроля может вносить наличие в схеме модуля дополнительных реле коммутации цепей контроля, управляемых переключением тумблера. Программа контроля имеет существенные отличия для модулей, содержащих вольтметр, с одной стороны, и амперметр, с другой стороны.

Функциональный модуль, содержащий ГП и вольтметр.

Данный тип функциональных модулей требует питания номинальным эксплуатационным напряжением ($=27\text{В}$, $\sim 115\text{В}$ или $\sim 36\text{В}$), так как вольтметр в диапазоне, близком к $U_{\text{НОМ}}$, имеет максимальную чувствительность и, как следствие, лучшую точность показаний. Непосредственная проверка ТС такого узла осуществляется визуальным контролем показаний вольтметра следующим образом:

- если при запитанном вольтметре его показания на нуле, то имеет место обрыв токоведущей цепи, либо неисправность галетного переключателя;

- если же присутствует недопустимое отклонение показаний вольтметра от величины заданного тестового напряжения, то вольтметр считается неисправным, снимается с электросборки и отправляется в лабораторию диагностирования и контроля ТС авиационных приборов.

Кроме того, вместе с вольтметром может также использоваться частотомер, который характеризуется аналогично выше сказанному с учётом $f_{\text{НОМ}}=400\text{Гц}$.

Рассмотрим пример функционального модуля с ГП и вольтметром на рисунке 4.5.

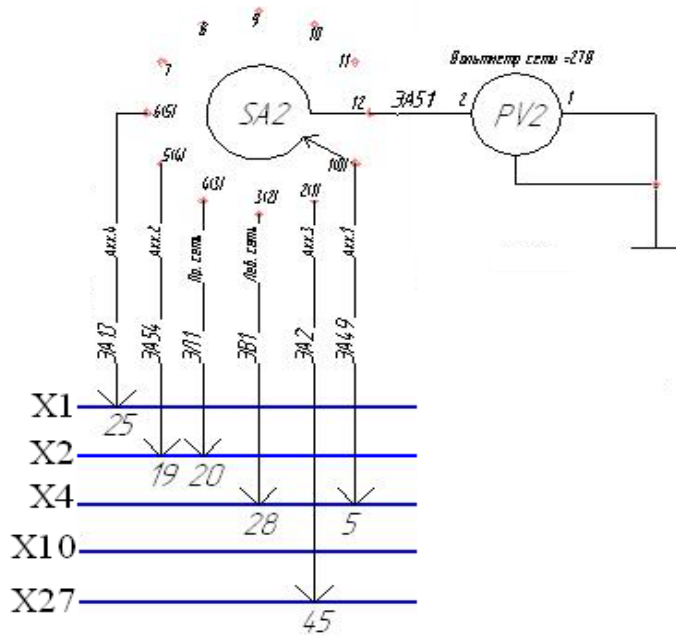


Рисунок 4.5 – Функциональный модуль с ГП и вольтметром

В приведённом примере используется галетный переключатель марки ПГЗ-11П1Н-В с шестью рабочими позициями. Номинальное напряжение контроля вольтметра PV2 составляет =27В. Контрольный кадр для позиции «Акк.1» выглядит следующим образом:

*s-x1.38
-x27.44
+x4.5

S Переключатель SA02 вольтметра сети =27В: Акк.1

@ На вольтметре сети =27В: U=27В.

Общий вид контрольных кадров для других позиций ГП, в целом, аналогичен.

Функциональный модуль, содержащий ГП и амперметр.

Рассмотрим пример функционального модуля с ГП и амперметром на рисунке 4.6. Алгоритм проведения контроля ТС подобного функционального модуля является упрощённым и не требует подключения амперметра к нагрузке. Проверяется лишь работоспособность ГП и целостность коммутируемых им токоведущих цепей, проходящих через амперметр. Исправность самого амперметра проверяется отдельно в лаборатории диагностирования и контроля ТС авиационных приборов. В приведённом примере используется галетный переключатель марки ПГЗ-5П2Н-В с четырьмя рабочими позициями.

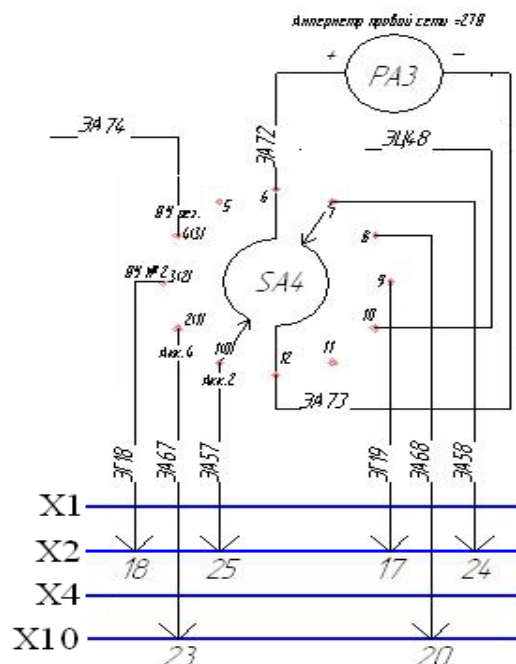


Рисунок 4.6 – Функциональный модуль с ГП и амперметром

Контрольный кадр для позиции «Акк.2» выглядит следующим образом:

*s+x4.6

S Переключатель SA04 амперметра правой сети =27В: АКК.2

wx2.24

Вид контрольных кадров, написанных для других положений ГП, аналогичен, приведённому выше.

5 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ И ВЫБОР КОМПЛЕКТАЦИИ СИСТЕМЫ «МАСКА» ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПОСТАВЛЕННОЙ ЗАДАЧИ

По результатам анализа принципиальной схемы панели энергоузла, а также анализа программно-технических средств «МАСКА» с учётом поставленной задачи сформированная функциональная схема разрабатываемой системы «МАСК-ПЭ» будет иметь вид, представленный на рисунке 5.1. Произведём анализ комплектации функциональной схемы «МАСК-ПЭ» и аргументируем выбор указанных на схеме функциональных блоков.

Для подключения проверяемых цепей объекта контроля (ОК) к блоку управления, измерения и контроля (БУИК) в состав системы «МАСК-ПЭ» необходимо введение модулей коммутации и управления (МКУ) (одного или нескольких). Каждый модуль МКУ имеет 2 одинаковых штепсельных разъёма ОС2РМТ42БПН50Г2В1В на 50 контактов. В стандартную комплектацию унифицированного системного комплекса (УСК) входят 5

модулей. Таким образом, общее количество одновременно проверяемых контрольных точек может достигать 500.

Панель энергоузла самолёта Ту-154 имеет 145 контрольных точек, распределённых по пяти штепсельным разъёмам, 4 из которых 50-тиконтактные, а оставшийся – 32-хконтактный. Отсюда делаем вывод о том, что для снижения трудоёмкости изготовления переходных кабелей (ПК) наиболее целесообразно попарное соединение пяти разъёмов ОК с пятью разъёмами МКУ. В таком случае среди общего набора стандартных ПК потребуется замена только одного разъёма (с 50-ти- на 32-хконтактный) на ПК №5. Таким образом, для комплектации системы «МАСК-ПЭ» потребуются 3 коммутатора МКУ и 5 переходных кабелей ПК.

Далее переходим к выбору комплектации БУИК.

Ядром построения БУИК является платформа PXI-1050 со встроенной высокоскоростной вычислительной системой на базе контроллера PXI-8196.

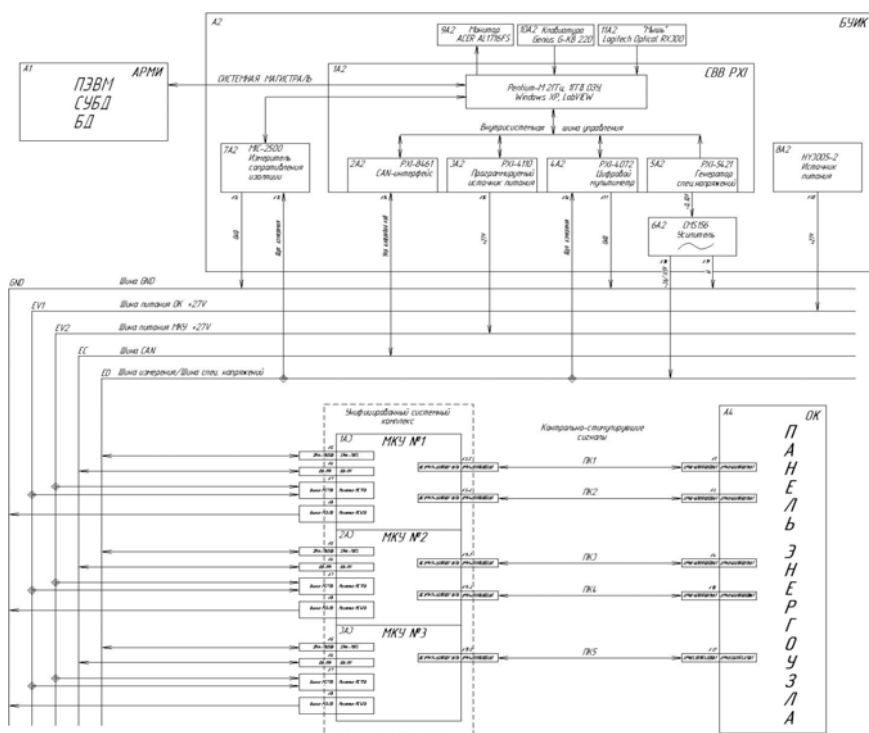


Рисунок 5.1 – Функциональная схема системы «МАСК-ПЭ»

Исходя из наличия измерителей параметров (U, I, f) переменного тока на панели энергоузла, с целью их проверки к тестовым сигналам, помимо стандартных “нуля” и +27В, необходимо добавить также напряжения ~115В 400Гц и ~36В 400Гц. Для этих целей в состав платформы PXI-1050 следует ввести модуль генерации специальных напряжений (высокоточный цифровой генератор сигналов произвольной формы) PXI-5421 (рисунок 7.2), к основным характеристикам которого относятся:

- наличие одного выходного канала;

- диапазон выходного напряжения от 5,64мВ до 12В;
- полоса частот выходного сигнала 43МГц;
- наличие встроенной памяти до 256МБ;
- частота обновления отсчётов выходного сигнала 100МГц;
- разрешение выходного канала 16 бит;
- тип выходного цифрового сигнала – LVDS;
- возможность управление шаблоном генерации



Рисунок 5.2 – Модуль генерации специальных напряжений PXI-5421

Как видно из перечисленных характеристик, данный модуль не имеет возможности генерировать напряжение необходимой величины, поэтому PXI-5421 следует использовать в сочетании с внешним усилителем CMS156 (рисунок 5.3), способным усиливать:

- однофазное переменное напряжение в диапазоне 0÷500В (до 150 ВА);
- трёхфазное переменное напряжение в диапазоне 0÷250В (до 75 ВА);
- постоянное напряжение в диапазоне 0÷250В (до 212 Вт).



Рисунок 5.3 – Усилитель напряжения CMS156

Усилитель питается от бытовой сети переменного тока ($U_{НОМ}=110\div 240В$, $f_{НОМ}=50/60Гц$). Допустимое напряжение питания: $U_{ДОП}=99\div 264 В$.

С целью питания постоянным током модулей коммутации и управления (МКУ) будем использовать встраиваемый программируемый 3-канальный источник питания PXI-4110 (рисунок 5.4), подключаемый через шину питания МКУ на разъёмы PC7ТВ.



Рисунок 5.4 – Модуль питания PXI-4110

Блок питания PXI-4110 обладает следующими техническими характеристиками:

- максимальное выходное напряжение в каналах 1 и 2 – по 20В;
- максимальное выходное напряжение в канале 3 составляет 6В;
- максимальное суммарное выходное напряжение при последовательном соединении 3-х каналов составляет 46В;
- максимальная суммарная выходная мощность при последовательном соединении 3-х каналов составляет 46Вт;
- скорость установки выходных значений напряжения <math><1\text{мс}</math>.

Как следует из изложенных характеристик, максимальной суммарной выходной мощности каналов 1 и 2 данного блока достаточно для питания элементов коммутатора МКУ маломощным напряжением +27В. Однако, для нормального срабатывания основных элементов (реле, сигнальных ламп) панели энергоузла максимальная мощность PXI-4110 слишком мала, поэтому функция питания ОК через цепи МКУ возлагается на дополнительный независимый источник питания НУ3005-2 (см. далее).

Кроме того, в состав БУИК следует ввести многофункциональный мультиметр для дополнительного измерения и контроля параметров проверяемых цепей (U, R, L, C) в случае выявления ошибки их отклика на входной тестовый сигнал. Это объясняется тем, что блок МКУ способен самостоятельно различать только 3 состояния сигналов, поступающих из ОК:

- «+» ($\geq 13,5\text{В}$);
- «ноль» ($<13,5\text{В}$);
- $R_{\text{ВХ}} = \infty$.



Рисунок 5.5 – Модуль мультиизмерения PXI-4072

Встраиваемый цифровой мультиметр PXI-4072 (рисунок 5.5) имеет наиболее подходящие технические характеристики:

- наличие двух экранированных измерительных каналов;
- максимальное измеряемое напряжение 300В;
- максимальный измеряемый ток 1А;
- максимальная измеряемая индуктивность 5Гн;
- максимальная измеряемая ёмкость 10мФ;
- максимальное измеряемое сопротивление 1ГОм;
- частота измерения 1,8МГц;
- точность измерения – 7 знаков.

Блок PXI-4072, входящий в состав платформы PXI-1050, подключается измерительным щупом на высокочастотные SMA-разъёмы МКУ через шину измерения.

Так как обмен данными между МКУ и БУИК организуется через протокол связи CAN, то наличие модуля CAN-интерфейса PXI-8461 (рисунок 5.6) в составе платформы PXI-1050 является необходимым для всех вариантов комплектации системы «МАСКА». Модуль PXI-8461 подключается к разъёмам DB-9 модулей МКУ через шину управления.



Рисунок 5.6 – Модуль CAN-интерфейса PXI-8461

Помимо комплекса NI PXI, в полную комплектацию БУИК для выполнения всего объёма поставленных задач также необходимо ввести следующие блоки.

1. Измеритель сопротивления, увлажнённости и степени старения изоляции MIC-2500 (рисунок 5.7).



Рисунок 5.7 – Измеритель параметров изоляции MIC-2500

Основные характеристики:

- диапазон измерения сопротивления изоляции до 1100 ГОм;
- диапазон измерительных напряжений от 50 до 2500В с шагом 10В;
- вычисление коэффициента абсорбции (увлажнённости изоляции);
- вычисление коэффициента поляризации (степени старения изоляции);
- запоминание установленных значений измерительных напряжений и интервалов времени;
- отображение тока утечки;
- автоматический выбор измерительных диапазонов;
- автоматическая разрядка ёмкости измеряемого объекта после окончания процесса измерения;
- проверка целостности цепи током до 200 мА;
- память на 990 результатов измерений;
- высокая точность измерения;
- возможность передачи данных в ПЭВМ;
- питание от встроенных аккумуляторных батарей.

Сопротивление изоляции контролируется только у цепей, не содержащих активные элементы, ввиду неизбежности их повреждения тестовым высоковольтным сигналом.

2. Лабораторный линейный блок питания НУ3005-2 (рисунок 5.8), необходимый для питания ОК через цепи МКУ.

Основные характеристики:

- наличие 2-х независимо регулируемых каналов;
- возможность параллельного и последовательного соединения каналов;
- диапазон выходного напряжения каждого из каналов от 0 до 30В с точностью установки 0,1В;



Рисунок 5.8 – Линейный блок питания NY3005-2

- диапазон выходного тока каждого из каналов от 0 до 5А с точностью установки 0,01А;
- малый уровень пульсаций;
- малое влияние нагрузки;
- малое влияние сетевого напряжения;
- защита от короткого замыкания;
- плавная установка выходных параметров регуляторами ГРУБО/ТОЧНО;
- питание 110/220В±10%.

Кроме того, необходимыми элементами комплектации БУИК являются стандартные средства ввода/вывода:

- монитор,
- клавиатура,
- “мышь”.

Все блоки системы «МАСК-ПЭ» имеют общее заземление. Блок управления, измерения и контроля связан через локальную сеть с автоматизированным рабочим местом инженера (АРМИ), в базе данных которого хранятся программы контроля различных объектов и итоговые протоколы проверок.

6 ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБЕКТА КОНТРОЛЯ В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ «LabVIEW»

6.1 Общие сведения о ПС «LabVIEW»

Программа «LabVIEW» или “Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench” (среда разработки лабораторных виртуальных приборов) представляет собой среду графического программирования, которая широко используется в промышленности, образовании и научно-исследовательских лабораториях в качестве стандартного инструмента для сбора данных и управления приборами. «LabVIEW» – мощная и гибкая программная среда, применяемая для проведения измерений и анализа полученных данных, которую можно использовать на компьютерах с различными типами современных операционных систем.

Персональные компьютеры являются более гибкими инструментами, чем традиционные измерительные приборы, поэтому процесс создания *виртуального прибора* (ВП) в виде программы на «LabVIEW» довольно таки прост. Этому способствует также наличие *лицевой панели* (front panel) в виде интуитивно понятного интерактивного пользовательского интерфейса. Лицевая панель содержит:

- элементы управления (controls), которые являются средствами ввода данных со стороны пользователя;
- элементы индикации (indicators) – выходные данные из программы.

Концепция «LabVIEW» сильно отличается от последовательной природы традиционных языков программирования, предоставляя разработчику лёгкую в использовании графическую оболочку, которая включает в себя весь набор необходимых инструментов. Если в традиционных алгоритмических языках программирование основано на вводе текстовых команд, последовательно образующих программный код, то в «LabVIEW» используется язык графического программирования, именуемый G (Джей), где алгоритм создаётся в графической иконной форме (pictorial form), образующей так называемую *блок-диаграмму* (block-diagram), что позволяет исключить множество синтаксических деталей. Таким образом, с помощью «LabVIEW» можно программировать решаемую задачу в виде графической блок-диаграммы, которая компилирует алгоритм в машинный код, тем самым затрачивая значительно меньше времени и усилий по сравнению с написанием традиционной программы.

Основополагающим для «LabVIEW» принципом является принцип *потока данных* (dataflow), согласно которому функции выполняются лишь тогда, когда они получают на вход необходимые данные. Это однозначно определяет порядок исполнения существующего алгоритма.

Кроме того, «LabVIEW» следует концепции *модульного программирования* (modular programming), суть которой состоит в разделении большой прикладной задачи на ряд простых подзадач. Далее создаются ВП для выполнения каждой из подзадач, которые объединяются на блок-диаграмме ВП более высокого уровня, выполняющего прикладную задачу в целом. Более того, ВП низкого уровня (ВПП, SubVI) часто выполняют в целом типичные задачи, и поэтому могут использоваться во многих отдельных приложениях.

Процесс моделирования любой сложной технической системы проходит в «LabVIEW» 4 логических этапа:

- сбор данных;
- анализ собранных данных;
- представление полученных результатов;
- управление процессами.

Таким образом, *мониторинг* и *управление процессами* являются основными функциями этого программного продукта. Помимо этого, применение нашло

динамическое моделирование ввиду наличия широких возможностей работы с накоплением информации и временными задержками при выполнении программ. К динамическим виртуальным моделям относится разработанная программа имитации контроля и диагностирования ТС панели энергоузла самолёта Ту-154 «МАСК-ПЭ.vi».

6.2 Разработка виртуальной панели системы «МАСК-ПЭ» в ПС «LabVIEW»

Лицевая панель «МАСК-ПЭ» является виртуальным комплексом, состоящим из 2-х подпанелей:

- панель управления «МАСКА»;
- панель имитации объекта контроля.

Общее включение/выключение виртуальной панели «МАСК-ПЭ» осуществляется кнопкой «ВКЛ/ВЫКЛ», расположенной в верхней левой части панели управления.

Панель управления «МАСКА» (рисунок 6.1) предназначена для обеспечения выполнения всего комплекса операционных функций, необходимых для:

- имитации проверки объекта контроля;
- работы системы с реальным объектом контроля;
- тест-контроля модулей коммутации и управления.

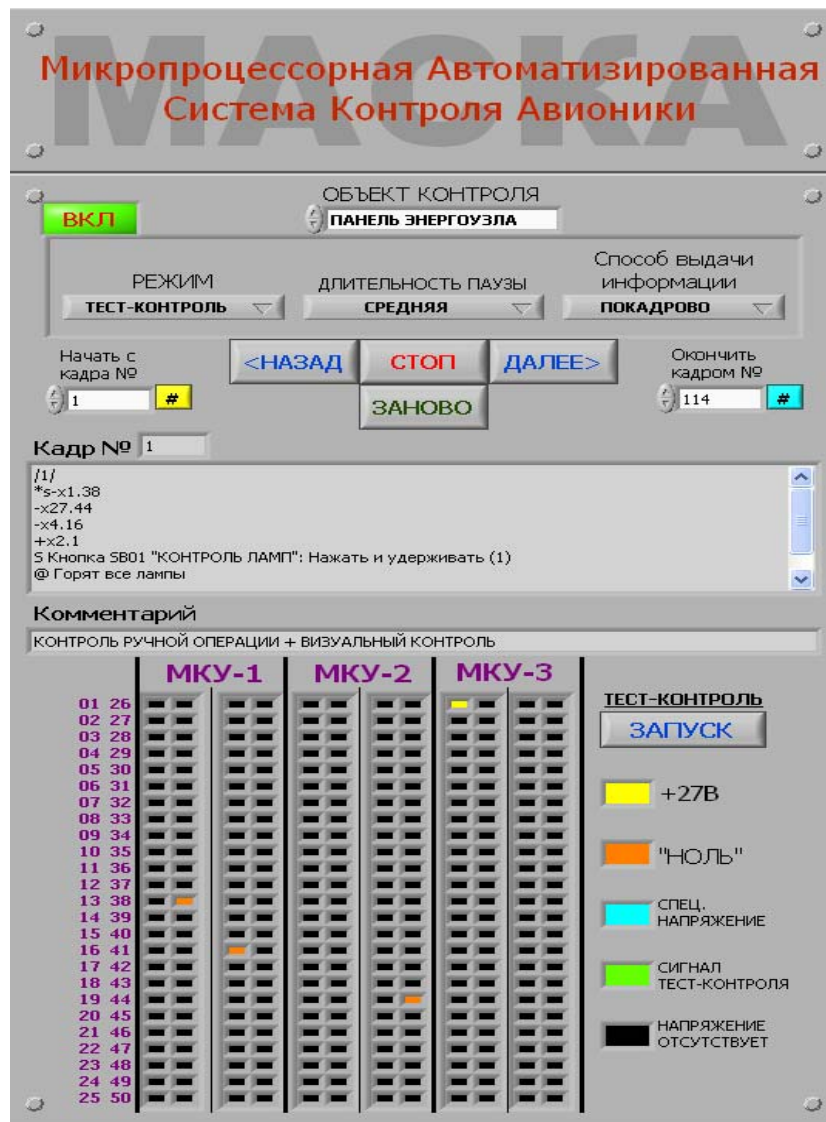


Рисунок 6.1 – Панель управления «МАСКА»

С этой целью на панели «МАСКА» расположены *органы управления*:

- ниспадающее меню выбора режима «РЕЖИМ» (3 пункта - см. выше);
- ниспадающее меню выбора способа выдачи информации (покадрово или непрерывно) в процессе имитации проверки ОК, а также центральные кнопки управления процессом покадрового выполнения программы контроля: - «ДАЛЕЕ>»; - «<НАЗАД»; - «СТОП»; - «ЗАНОВО», функциональное назначение которых соответствует названию.

Кроме того, слева и справа от центральных кнопок находятся терминалы ввода номеров начального и конечного кадра соответственно. Номер начального кадра по умолчанию равен единице, а номер последнего кадра автоматически вычисляется при первом запуске программы контроля и в дальнейшем сохраняется как константа. Расположенные рядом с терминалами вспомогательные кнопки «#» служат для мгновенного сброса показаний соответствующего терминала к начальному значению.

Необходимо также отметить, что панель управления «МАСКА» позволяет регулировать скорость выдачи и обработки контрольных кадров с помощью ниспадающего меню «ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ПАУЗЫ».

Органы индикации панели управления «МАСКА» включают в себя, в первую очередь, окно отображения текущего контрольного кадра, снабжённое дополнительным автоматическим счётчиком кадров. Счётчик кадров выдаёт номер кадра, заранее присвоенный программой, а не прочитанный в виде комментария, тем самым исключая возможные последствия от наличия ошибки нумерации кадров, допущенной при составлении ПК электросборки в ПС «МАСКА».

К каждому кадру при включении режима имитации доступен комментарий (в окне «Комментарий»), указывающий оператору на тип действия, которое он должен совершить (включить тумблер, проверить лампочку и пр.) в процессе текущей элементарной проверки, либо описывающий действие, которое выполняет программа автоматически.

В нижней части панели управления «МАСКА» расположен блок имитации МКУ, который введён для дополнительной визуализации процесса контроля и состоит в общем виде из 300 цветовых индикаторов-клемм (по 100 – на каждый из 3-х МКУ, по 50 – на каждый штепсельный разъём одного МКУ), разбитых на 6 двумерных массивов. Каждый индикатор-клемма способен “гореть” 5-ю различными цветами в зависимости от типа подаваемого на него сигнала.

Таблица соответствия типа сигнала и цвета клеммы представлена там же (на блоке имитации МКУ) правее индикаторов.

Кнопка «ТЕСТ-КОНТРОЛЬ», расположенная в правой верхней части блока имитации МКУ предназначена для непосредственного запуска тест-контроля и обнуления полученных результатов. Кнопка работоспособна только в режиме «ТЕСТ-КОНТРОЛЬ», выбираемом через ниспадающее меню «РЕЖИМ».

Панель имитации ОК (рисунок 6.2) носит вспомогательный характер и в общем виде в зависимости от типа электросборки может быть как представлена, так и нет. Критерием является наличие ручных операций и (или) операций визуального контроля при проверке данной электросборки. Число операций определяет сложность и трудоёмкость выполнения имитационной панели.

В рассматриваемой системе «МАСК-ПЭ» объектом контроля является панель энергоузла (ПЭ) самолёта Ту-154. Панель имитации ПЭ выполнена с максимальной точностью отображения внешнего вида настоящей ПЭ. Все элементы управления ЭУ (тумблеры, переключатели) и элементы индикации ЭИ (вольтметры, амперметры, частотомеры, сигнальные лампы) на ней работоспособны и допускают возможность воздействия на них в процессе имитации.

Кнопка «КОНТРОЛЬ ЛАМП» конструктивно расположена на панели запуска ВСУ, объединённой на самолёте Ту-154 в один блок с панелью энергоузла. Однако, функционально данная кнопка является общей для обеих панелей, и поэтому её модель вынесена на панель имитации ОК в дополнение к указанным выше элементам и располагается в её нижней части в том месте, где реальная панель энергоузла и панель запуска ВСУ стыкуются между собой. По краям панели имитации ОК расположены визуальные модели винтовых элементов крепления.

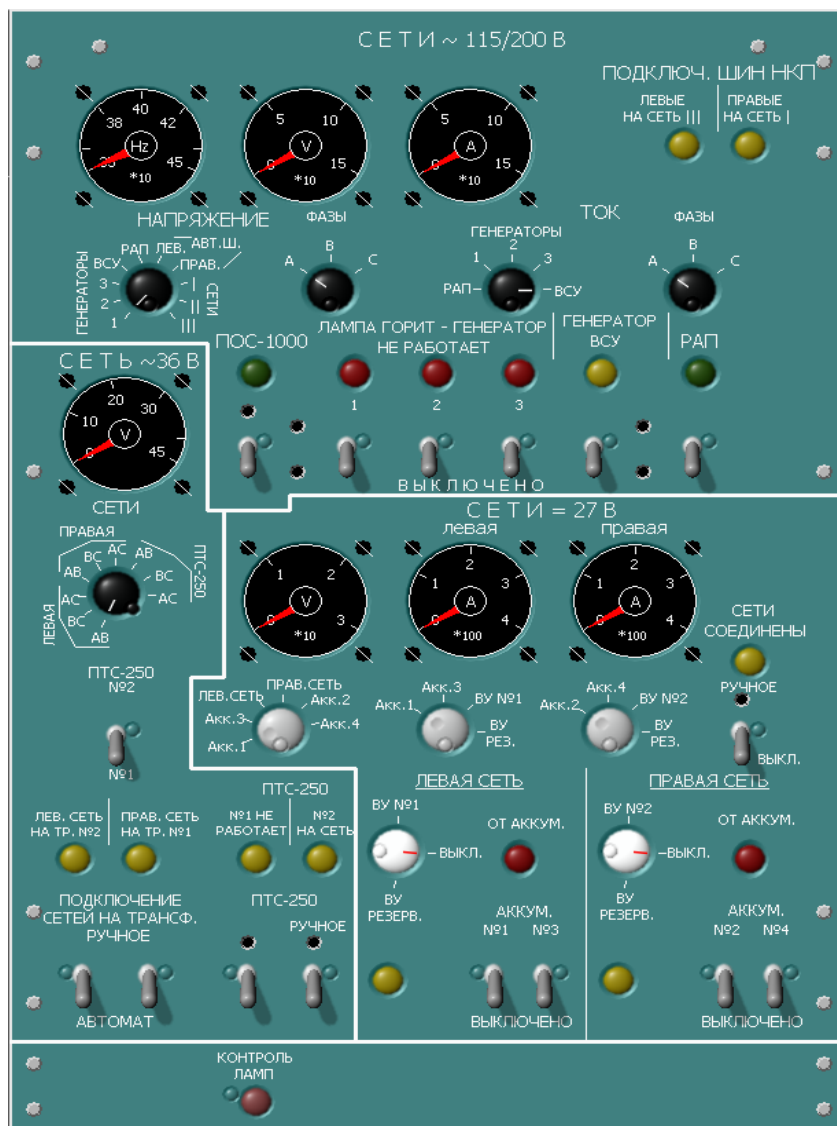


Рисунок 6.2 – Панель имитации объекта контроля

Дополнительными индикаторными элементами, отсутствующими на реальной ПЭ, но введёнными в виртуальную панель для визуальной подсказки и, как следствие, улучшения удобства имитации, являются сигнализаторы положения элементов управления, которые работают следующим образом:

- если в контрольном кадре есть ссылка на одну или несколько ручных операций, то соответствующий указанному в кадре ЭУ сигнализатор положения включается в работу и

начинает мигать розовым цветом, если положение ЭУ не соответствует указанному в кадре. Если же положение ЭУ является верным, то сигнализатор продолжает гореть не мигая.

6.3 Разработка программы имитации проверки объекта контроля

Структура программы имитации (ПИ) описана и представлена в виде блок-диаграммы «LabVIEW», которая состоит из нескольких различных по функциональному назначению модулей, взаимосвязанных между собой.

1. Функциональный модуль чтения программы контроля электросборки из текстового файла (рисунок 6.3) предназначен для введения в ПИ заранее записанной последовательности данных с целью их дальнейшей обработки и визуального представления.

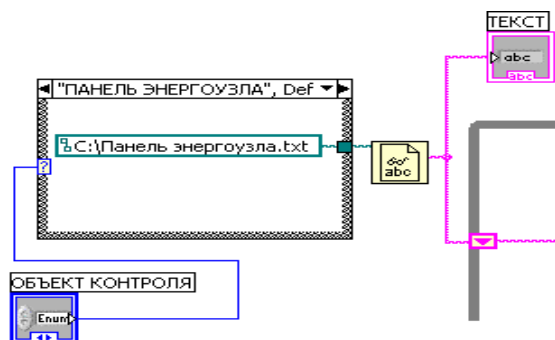


Рисунок 6.3 – Функциональный модуль чтения ПК электросборки из текстового файла

2. Функциональный модуль определения количества контрольных кадров (рисунок 6.4) предназначен для анализа программы контроля электросборки с целью её дальнейшего разбиения на отдельные кадры согласно правилам написания программ в ПС «МАСКА». При этом происходит автоматическая нумерация кадров и определение их общего количества.

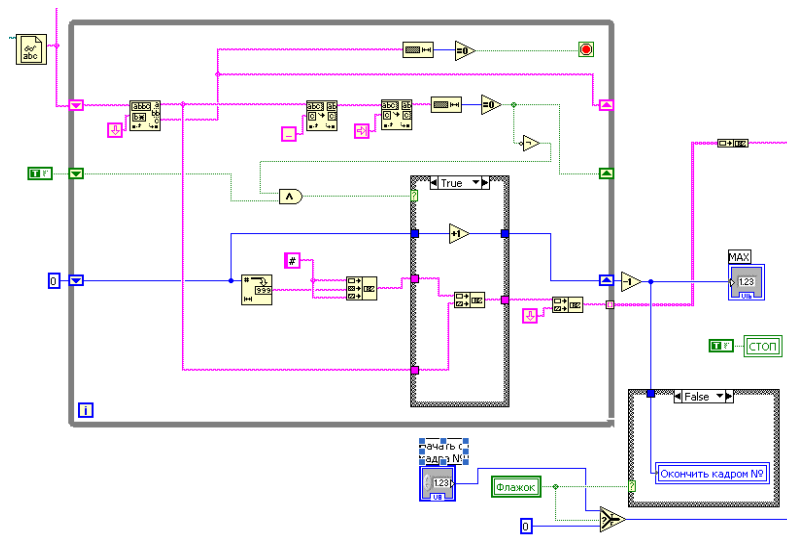


Рисунок 6.4 – Функциональный модуль определения количества контрольных кадров

3. Функциональный модуль управления потоком кадров (рисунок 6.5) выполняет функцию визуального представления текущего кадра, а также даёт возможность управления процессом выдачи кадров через элементы управления, расположенные на лицевой панели «МАСКА». Этот модуль также “отвечает” за режим выдачи информации в процессе имитации. Процесс имитации останавливается в случае изменения способа выдачи информации. В этом случае требуется подтверждение продолжения процесса либо отжатием кнопки «СТОП», либо нажатием кнопки «ДАЛЕЕ». Также этот модуль обеспечивает основную постоянную временную задержку 350мс работы программы.

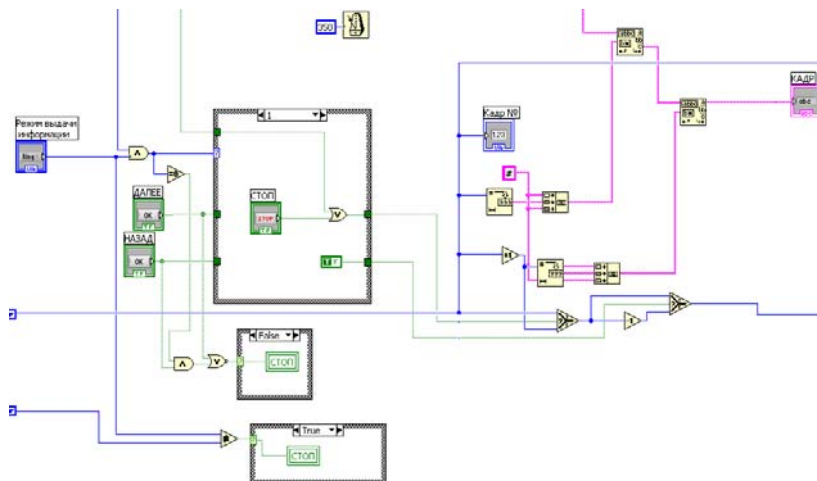


Рисунок 6.5 – Функциональный модуль управления потоком кадров

4. Функциональный модуль блока имитации МКУ (рисунок 6.6) выполняет функцию поиска и анализа опознавательных кодов используемых шин и контрольных точек ОК, записанных в текущем кадре программы контроля. Данный код, согласно стыковочной карте, переводится в номера блоков и разъёмов МКУ и далее в номера индикаторов-

клемм, на которых следует имитировать сигнал. Так как в системе «МАСК-ПЭ» разъёмы МКУ и разъёмы ОК стыкуются симметрично, то алгоритм выполняемого перевода значительно упрощается.

Данный функциональный модуль разработан на 3 блока МКУ, то есть на число МКУ, необходимое для проверки объекта контроля – панели энергоузла самолёта Ту-154.

Каждый разъём МКУ (всего 6) проимитирован в программе с помощью отдельного двумерного массива (25×2) color-данных, имеющего название, согласное стыковочной карте изделия.

Кроме того, данный функциональный модуль обеспечивает управление дополнительной временной задержкой при работе программы контроля электросборки. Всего предусмотрено 3 типа задержки:

- минимальная 50мс;
- средняя 250мс;
- максимальная 500мс.

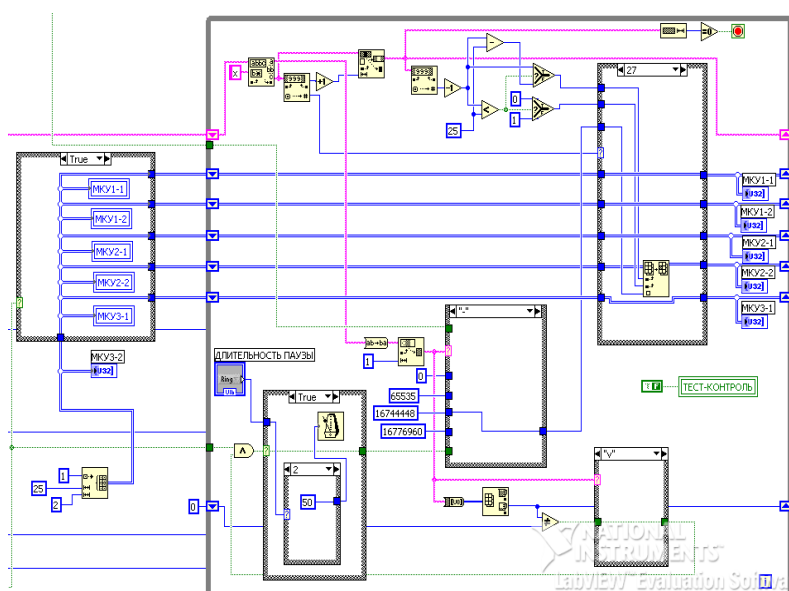


Рисунок 6.6 – Функциональный модуль блока имитации МКУ

5. Функциональный модуль имитации тест-контроля МКУ (рисунок 6.7) предназначен для последовательной выдачи “тестового” сигнала на все индикаторы-клеммы блока МКУ, что предшествует основному режиму работы программы. Это действие служит для имитации наглядного представления работоспособности системы и моделирует подобный же процесс, запускаемый на реальном МКУ.

По своей общей структуре данный функциональный модуль является сходным с функциональным модулем блока имитации МКУ и имеет с ним общие индикаторы-клеммы, однако управляется независимо при выборе режима «ТЕСТ-КОНТРОЛЬ»

ниспадающим меню «РЕЖИМ». При этом основной режим имитации не работает, однако, работоспособность приобретает кнопка тест-контроля «ЗАПУСК».

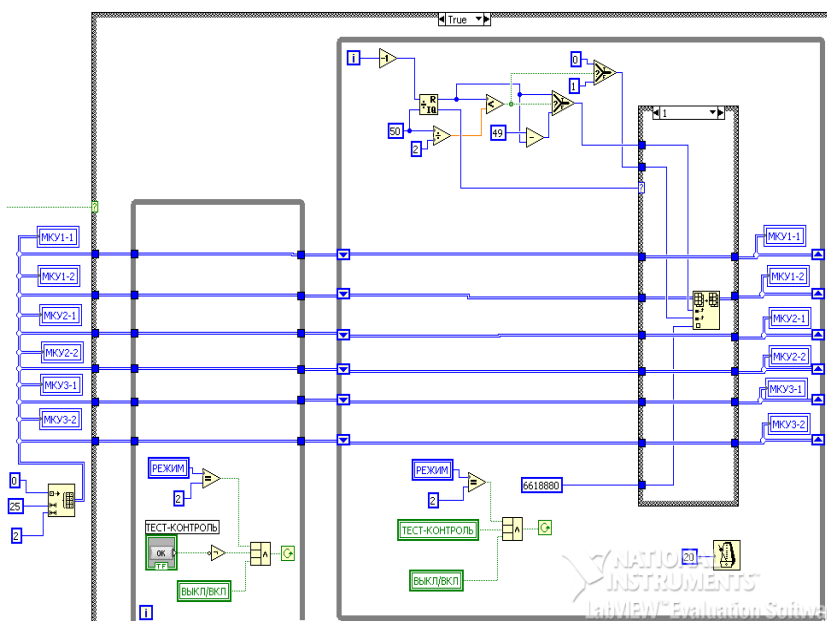


Рисунок 6.7 – Функциональный модуль имитации тест-контроля МКУ

6. Функциональный модуль панели имитации ОК является наиболее сложным и объёмным из всех (см. плакат). Он представляет из себя схему преобразования указанных в текущем контрольном кадре в соответствии с принципиальной схемой ОК обозначений ЭУ и ЭИ в действия по их автоматической имитации или выдачи подсказки оператору для совершения ручной операции.

7 ТЕХНОЛОГИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОВЕРКИ ПАНЕЛИ ЭНЕРГОУЗЛА С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ «МАСК-ПЭ»

Технология проведения проверки ПЭ самолёта Ту-154 с помощью системы «МАСК-ПЭ» представляет собой нижеизложенное руководство по эксплуатации, адресованное оператору стенда, и содержит 15 пунктов.

1. Включить блок СВВ РХ1, выполняющий в системе «МАСК-ПЭ» функции ПЭВМ. Кроме того, включить монитор, измеритель МІС-2500, блок питания НУ3005-2, усилитель СМS156. Подождать, пока загрузится операционная система.

2. Открыть на рабочем столе «Мой компьютер». В развернувшемся окошке выбрать диск «С» и проверить наличие в нём текстового файла «Панель_энергоузла.txt».

3. В случае отсутствия «Панель_энергоузла.txt» следует связаться с АРМ инженера-технолога через локальную сеть или другими доступными способами и затребовать у него

вышеназванную программу. Если программа “Панель_энергоузла.txt” тем или иным образом присутствует на диске «С», то, закрыв «Мой компьютер», следует приступить к дальнейшим действиям.

4. Запустить программу «LabVIEW» с ярлыка на рабочем столе. В появившемся через некоторое время LabVIEW-меню «Getting Started» выбрать пункт «Open», тем самым загрузив каталог программ контроля электросборок в меню «Select a File to Open».

5. Из каталога программ открыть программу «МАСК-ПЭ», после чего на экране появится виртуальная лицевая панель системы «МАСК-ПЭ».

6. Запустить процесс работы программы нажатием кнопки пуска в цикле «Run Continuously» на панели управления «LabVIEW», расположенной в верхней части экрана.

7. Включить виртуальную панель управления «МАСКА» нажатием расположенной на ней кнопки “ВЫКЛ/ВКЛ”.

8. Прodelать процедуру тест-контроля блоков МКУ, нажав кнопку “ЗАПУСК” на панели управления «МАСКА» и предварительно убедившись, что через ниспадающее меню “РЕЖИМ” установлен именно режим тест-контроля.

9. После того, как пришёл сигнал исправности МКУ (на блоке имитации МКУ поочерёдно загорелись и потухли все индикаторы-клеммы), следует перейти в режим “РАБОТА” с помощью выбора соответствующего пункта меню “РЕЖИМ”.

10. Подключить разъёмы блоков МКУ к разъёмам ОК через прилагаемые к системе «МАСК-ПЭ» переходные кабели согласно схеме соединений.

11. Запустить проверку панели энергоузла в покадровом или непрерывном режиме (меню “Способ выдачи информации” на панели управления «МАСКА») путём нажатия кнопки «ДАЛЕЕ».

12. Выполнить проверку панели энергоузла, проделывая действия, указываемые программой контроля.

13. После выполнения проверки отослать автоматически составленный протокол проверки панели энергоузла, расположенный по адресу *C:\Протоколы проверок*, через локальную сеть на АРМИ для дальнейшего хранения и анализа полученных результатов.

14. Выйти из программы контроля путём нажатия кнопки «Abort Execution» на панели управления «LabVIEW»; закрыть меню программ «LabVIEW».

15. Выключить всё включённое ранее оборудование, входящее в систему «МАСК-ПЭ», либо приступить к процедуре контроля другой электросборки согласно рабочему заданию и руководству оператора.

8 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Принцип составления программ контроля в программной среде «МАСКА».
- 2 В чем преимущества программной графической среды «LabVIEW» при создании виртуальных стендов по сравнению с аналогичными программными средами для виртуального моделирования?
- 3 Какие конструктивно-технические характеристики объекта контроля определяют функциональный состав системы «МАСКА» для создания виртуального стенда?
- 4 Принципы визуализации процессов контроля и диагностики в программной среде «LabVIEW».
- 5 Принципы разработки панелей управления виртуальных стендов в программно-технической среде «МАСКА».
- 6 Что представляет собой блок-диаграмма в программной среде «LabVIEW»?
- 7 Общие принципы проектирования виртуального стенда в программно-технической среде «МАСКА».
- 8 Основные действия оператора при работе с системой «МАСКА» в режимах: - «РАБОТА»; - «ИМИТАЦИЯ»; - «ТЕСТ-КОНТРОЛЬ».

9 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

- 1 Цели и задачи лабораторной работы.
- 2 Функциональная схема стенда и принцип ее работы.
- 3 Виртуальная панель управления стендом, ее состав, назначение и принцип работы.
- 4 Виртуальная панель энергоузла и элементы визуализации, их назначение и принцип работы.
- 5 Примеры фрагментов программы контроля и пояснения к ним.
- 6 Технические возможности виртуального стенда для контроля и диагностики реальных объектов контроля.
- 7 Выводы по работе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Коптев А. Н., Прилепский В. А. Теория и практика контроля и диагностики систем авиационной техники: учебное пособие / А.Н. Коптев, В. А. Прилепский. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2010. – xxx с.