

Конкурсная работа
«Создание блоков исполнительных», шифр «БИ-1М, БИ-2М, БИ-3М, БИ-4М»
Разработчик: АО «НПП Измеритель»

Целью разработки является создание блоков исполнительных, предназначенных для сопряжения бортового оборудования объекта с вычислителями изделий К-045 и К-70М.

Результатом деятельности АО «НПП «Измеритель» в этом направлении явилось создание блоков исполнительных, шифр: «БИ-1М, БИ-2М, БИ-3М, БИ-4М».

Работы по разработке блоков исполнительных БИ-1М, БИ-2М, БИ-3М, БИ-4М проводятся в соответствии с техническим заданием на СЧ ОКР «Создание блоков исполнительных». Данная опытно-конструкторская разработка выполняется в рамках ГОЗ по модернизации объектов 45.03М (ТУ-22М3) и 70М (ТУ-160).

При проведении СЧ ОКР «Создание блоков исполнительных» коллективом разработчиков АО «НПП «Измеритель» были поставлены следующие задачи:

- использование исключительно отечественной элементной базы;
- использование современных подходов и решений при построении силовых коммутационных элементов;
- обеспечение максимального КПД устройств;
- использование новейших технологий с целью снижения массо-габаритных показателей;
- использование резервирования отдельных элементов, для повышения надежности изделий;
- 100% контроль выходных сигналов, и передача в БЦВМ информации о состоянии изделия.
- использование радиационно-стойкой элементной базы с показателями по факторам 7И1, 7И6, 7И7 на уровне 2Ус и выше, для обеспечения блоками требований по стойкости к СВВФ;
- использование модульности конструкции для облегчения замены во время эксплуатации.

Блоки предназначены для решения следующих основных задач:

- прием от двух вычислителей изделия последовательного кода на частоте 100 кГц и выбор исправного канала (при исправности обоих – первого);
- преобразование информации принятой по выбранному каналу последовательного кода в разовые (управляющие) сигналы;
- прием разовых сигналов по двум каналам от двух вычислителей изделия и выбор исправного канала (при исправности обоих – первого);
- формирование выходных команд управления необходимого вида и мощности по выбранным управляющим сигналам;
- логическая обработка выбранных управляющих сигналов;
- коммутация напряжений питания постоянного и переменного тока необходимых номиналов и мощности по выбранным управляющим сигналам;
- формирование выходных импульсных сигналов управления по выбранным управляющим сигналам;
- нормирование принятых от бортового оборудования разовых сигналов и аналоговых сигналов, преобразование их в последовательный код и передача последовательного кода по двум каналам в вычислители изделия;
- формирование напряжений питания (внутреннего – управляющего, силового – для выходных импульсных сигналов управления);

- проведение контроля сформированных напряжений с формированием сигналов исправности;
- проведение контроля работоспособности блока;
- проведение контроля аналого - цифрового преобразования;
- проведение контроля всех выдаваемых сигналов методом «обратной заводки»;
- проведение контроля целостности цепи нагрузки на выходные импульсные сигналы управления (наземного контроля) с формированием сигнала готовности канала.

При этом блоки обеспечивают решение всех выше перечисленных задач в реальном режиме времени.

Вышеуказанные блоки, разработаны для авиационного применения в составе изделий К-045 и К-70М, и обеспечивают сопряжение бортового оборудования объекта с вычислительными комплексами изделий.

В процессе разработки были использованы исключительно современные ЭРИ российского производства, разрешенные к применению перечнем ЭКБ.

В блоках исполнительных используются современные радиационно-стойкие ПЛИС, программное обеспечение которых обеспечивает выполнение блоками основных функций. Применение в данной разработке ПЛИС вместо популярных микроконтроллеров, обусловлено повышенной помехоустойчивостью ПЛИС к переходным процессам, происходящим при формировании блоком выходных команд большой мощности.

Блоки исполнительные формируют выходные команды большой мощности от бортовой сети постоянного тока 27 В с токовой нагрузкой от 10 до 90 А, а также от бортовой сети переменного 3-х фазного тока 200 В 400 Гц с токовой нагрузкой до 5 А.

Питание блоков исполнительных осуществляется от бортовой сети постоянного тока 27 В, с сохранением работоспособности в режиме частичной работы бортовой СЭС по ГОСТ Р 54073-2010.

Мощность потребления блока не превышает 30 Вт, при этом общая коммутационная нагрузка каждого блока по сети постоянного тока составляет в среднем 9000 Вт.

Блоки по прочности, стойкости и устойчивости к внешним воздействующим факторам отвечают требованиям ГОСТ РВ 20.39.304-98 группа исполнения 3.3.

Общий вид блоков БИ-1М, БИ-2М, БИ-3М, БИ-4М представлен на рисунках 1- 4.



Рисунок 1 – Блок исполнительный БИ-1М.



Рисунок 2 – Блок исполнительный БИ-2М.



Рисунок 3 – Блок исполнительный БИ-3М.



Рисунок 4 – Блок исполнительный БИ-4М.

Для установки блоков на объекте в основании корпуса выполнены крепежные элементы. Блоки на объекте устанавливаются в любом положении без амортизации при помощи 2-х болтов (винтов) М10-7Н и 2-х фиксаторов Ø10 мм. Применение запорных ручек на корпусах блоков позволяет досылать, крепить и извлекать блоки, устанавливаемые на объектах под любым углом относительно оси самолета. Установка блоков не требует специального инструмента, все стыковочные элементы расположены на поверхности в легкодоступных местах.

Конструктивно все блоки построены по модульному принципу с использованием съемных однотипных конструктивно-функциональных модулей. Данная конструкция позволяет унифицировать входящие детали и сборочные единицы, обеспечить (при

необходимости) свободную замену модулей, восстановить работоспособность блока.

Блоки исполнительные БИ-1М, БИ-2М, БИ-3М, БИ-4М отличаются входящими модулями с идентичными корпусами. В блоке БИ-1М функциональная схема блока размещена на 4 модулях, в блоках БИ-2М, БИ-3М, БИ-4М функциональная схема блока размещена на 3 модулях.

Каждый модуль представляет собой функционально законченное устройство, что позволяет значительно упростить настройку всего блока, выполнив изначально настройку, регулировку и проверку составных модулей.

Общий вид составных модулей блоков представлен на рисунке 5.

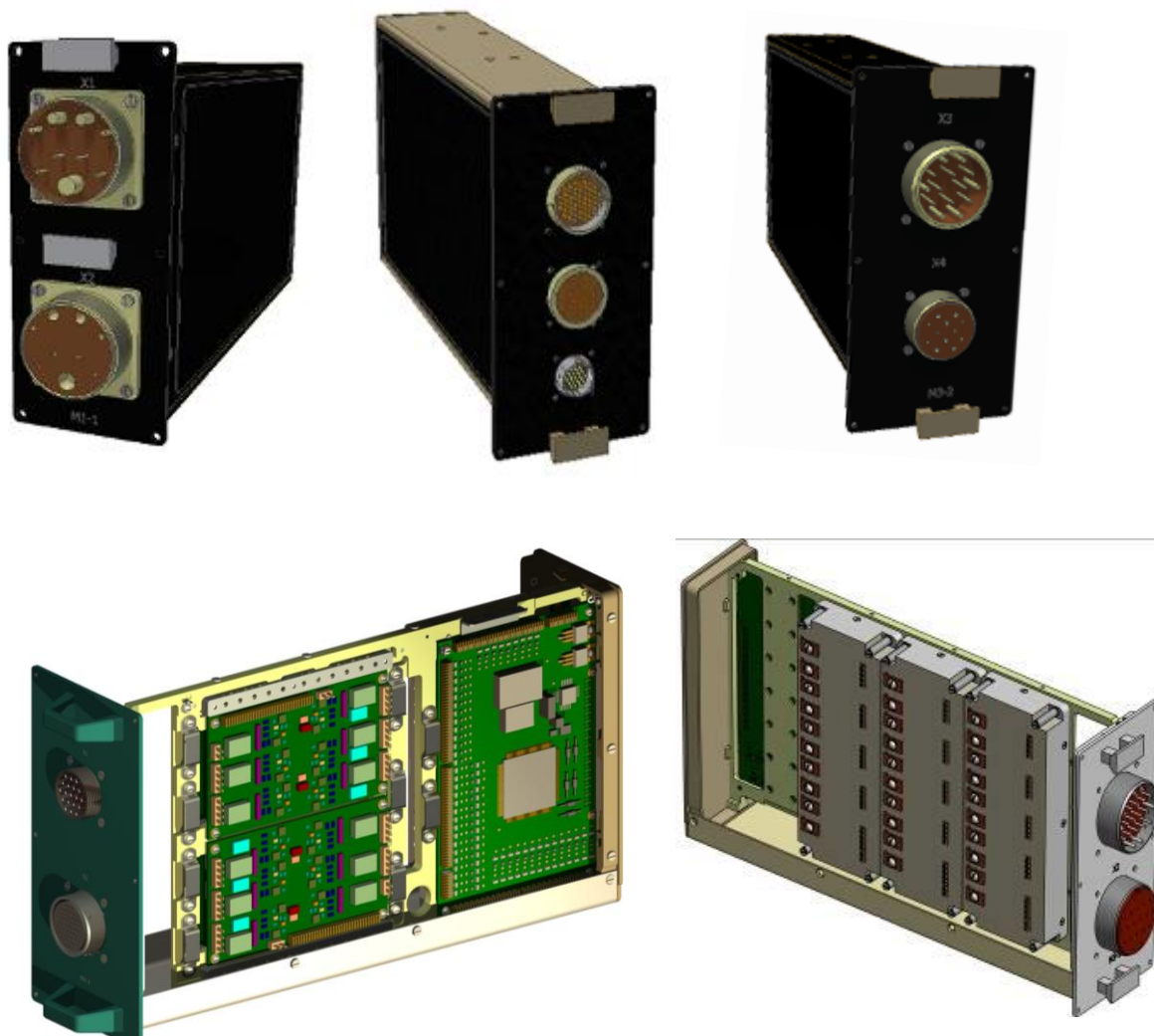


Рисунок 5 – Общий вид составных модулей
блоков исполнительных БИ-1М, БИ-2М, БИ-3М, БИ-4М

В ходе реализации СЧ ОКР «Создание блоков исполнительных» были разработаны силовые коммутационные модули (СКМ) на основе кристаллов радиационно-стойких МОП-транзисторов с низким сопротивлением открытого канала. Для применения кристаллов транзисторов на предприятии применена передовая технология установки кристаллов на керамическую DBC-плату. Данная технология позволяет значительно улучшить отвод тепла от кристаллов транзисторов, что приводит к улучшению масса-габаритных характеристик модулей СКМ.

Маленькое сопротивление МОП-транзисторов в открытом состоянии и хороший отвод тепла от кристаллов, позволяет применять модули СКМ при больших токах коммутации без радиаторов.

Кроме того, применение в данной разработке СКМ модулей позволяет:

- минимизировать габариты блоков;
- уменьшить массу блоков;
- увеличить функциональную плотность монтажа;
- увеличить площади рассеиваемой мощности;
- уменьшить характерные топологические размеры элементов межсоединений;
- уменьшить длины линий соединений;
- увеличить быстродействие;
- повысить помехоустойчивости и ЭМС блоков;
- интегрировать в одном блоке функционально законченных устройств;
- улучшить тепловые характеристики блоков.
- обеспечить включение цепей без электромагнитных помех;
- значительно повысить быстродействие по сравнению с электромагнитными реле и контакторами;
- увеличить период работы (свыше миллиона срабатываний);
- снизить электропотребление (на 80% меньше, чем у электромагнитных реле и контакторов);
- компактная герметичная конструкция обеспечивает стойкость к вибрации и ударным нагрузкам;
- обеспечить рабочий диапазон температур от минус 60 °С до + 125 °С.

Внешний вид СКМ модулей представлен на рисунках 6 - 8.



Рисунок 6 – СКМ модуль К90А.



Рисунок 7 – СКМ модуль К10А-5.

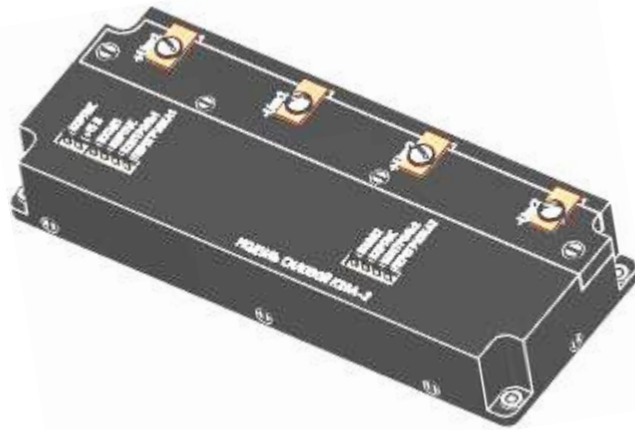


Рисунок 8 – СКМ модуль K20A-2.

Конструктивно силовой СКМ модуль, выполнен по технологии кристалл-на-плате. Для обеспечения температурного режима ЭРИ применяются теплопроводящие платы с последующим отводом тепла на рамки модулей, не требующих дополнительного охлаждения.

Размещение ЭРИ на теплопроводящих керамических DBC-платах представлено на рисунке 9.

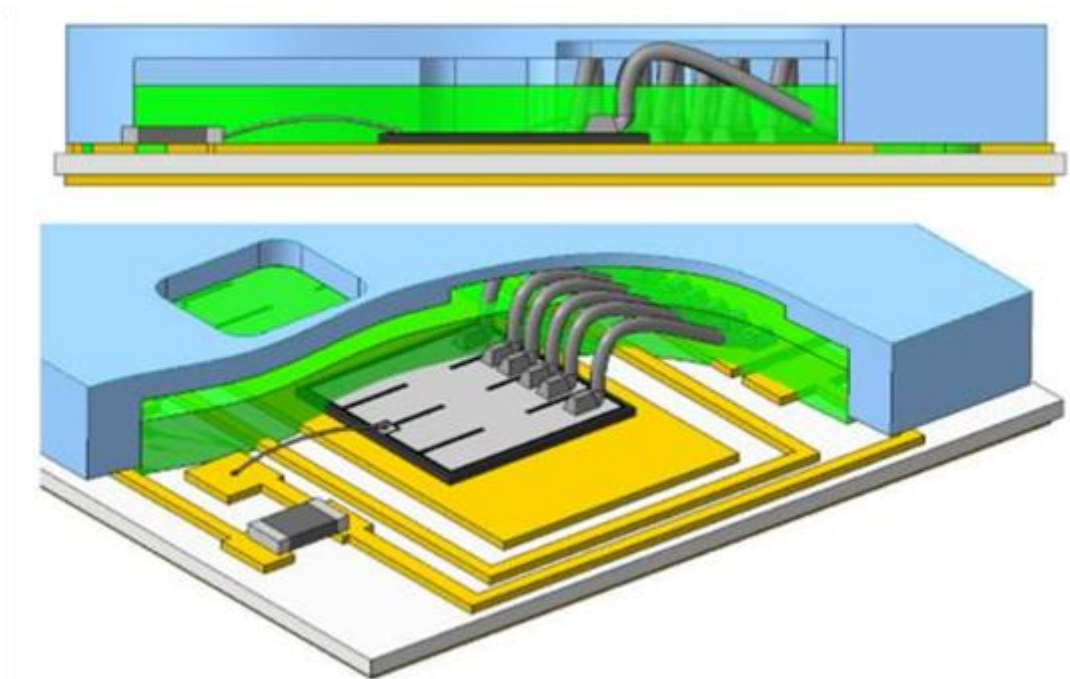


Рисунок 9 – Размещение ЭРИ на теплопроводящих DBC-платах.

В качестве теплопроводящих плат в силовых подмодулях используются керамические подложки на основе оксидов нитрида алюминия, что обусловлено сочетанием у этих соединений высоких электрофизических свойств с механической прочностью, стойкостью к воздействию высоких температур и влаги. Подложка выполняет следующие функции: механический носитель кристаллов, токоведущих шин; электрическая изоляция компонентов; отвод тепла, выделяемого кристаллами транзисторов.

Над керамическими DBC-платами на печатных платах размещаются платы управления, питания и защиты. Соединение частей подмодуля осуществляется проводниками и разъемами.

Разработка СКМ модулей является перспективным направлением в силовой электронике военного назначения.

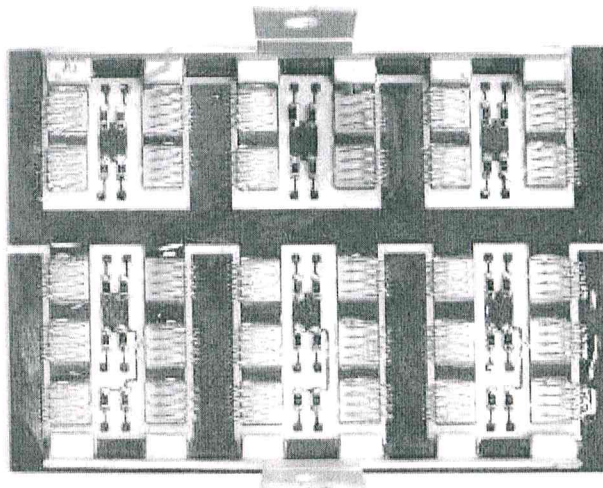


Рисунок 10 – DBC-плата с кристаллами из состава модуля К90А.

В период 2016 года по разработанной КД на блоки исполнительные БИ-1М, БИ-2М, БИ-3М, БИ-4М были изготовлены опытные образцы блоков для проведения предварительных испытаний.

Комплекс предварительных испытаний, проведенный для блоков исполнительных БИ-1М, БИ-2М, БИ-3М, БИ-4М подтвердил соответствие характеристик блоков требованиям ТЗ и эффективность примененных технологий проектирования для создания изделий с высокими прочностными и стабильными техническими характеристиками, что является одним из важных условий для успешной разработки современных надежных и экономичных изделий.

Положительные результаты предварительных испытаний обеспечили возможность продолжения проведения работ в 2017 году, с последующим внедрением в серийное производство. По результатам испытаний РКД на блоки присвоена литера «О».

В 2016 году изготовлены опытные образцы блоков БИ-1М, БИ-2М, БИ-3М, БИ-4М для установки на стенд АО «ОКБ «Электроавтоматика» для организации совместной работы с изделием К-045.

А также изготовлены опытные образцы блоков для проведения натурных макетных испытаний на стенде ГосНИИАС, которые состоятся в 2017 году.

В 2017 году планируется изготовление опытных образцов блоков БИ-1М, БИ-2М, БИ-3М, БИ-4М для двух объектов 45.03М для проведения летных испытаний и блоков БИ-1М, БИ-4М для стендов АО «ОКБ «Электроавтоматика» и стенда КПМ для объекта «70М».

В ходе выполнения СЧ ОКР «Создание блоков исполнительных» были достигнуты следующие результаты:

- освоена передовая технология установки кристаллов на керамическую DBC-плату;
- отработаны новые схемные решения по управлению КМОП-транзисторами;
- достигнут КПД более 98% в силовых коммутационных модулях;
- получен научно-технический задел, позволяющий создавать системы управления с интеллектуальной силовой коммутацией, удовлетворяющей требованиям ГОСТ РВ и мировым стандартам.

Главный конструктор

В.А. Горбуль