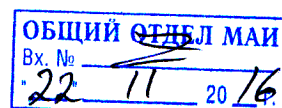


ОТЗЫВ

официального оппонента Якимова Виктора Леонидовича на диссертационную работу Фам Вьет Аня «Допусковые методы прогнозирования и контроля показателей надежности прецизионных печатных плат радиотехнических устройств», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения»

Повышение плотности монтажа при безусловном обеспечении надежности, помехозащищенности и электрических параметров печатных плат, относится к числу важных задач, возникающих при создании разнообразных радиотехнических устройств как общепромышленного, так и специального назначения. При этом актуальным становится исследование влияния технологических факторов на качество и надежность узлов радиоэлектронной аппаратуры на печатных платах. Отклонение параметров технологического процесса при изготовлении печатных плат от номинальных значений может привести к появлению брака, скрытым дефектам и другим негативным последствиям. В настоящее время влияние погрешностей при проектировании изделий на прецизионных печатных платах определяется эмпирическими методами путем тестирования образцов на производстве, что требует значительного времени и влияет на стоимость радиотехнических устройств. Достоверный контроль и прогнозирование погрешностей изготовления прецизионных печатных плат позволяет адекватно оценить надежность будущего изделия и уменьшить количество бракованных печатных плат. Например, при опытном производстве некоторых узлов радиоэлектронных систем специального назначения, не оборудованных самой современной и дорогостоящей аппаратурой контроля, доля бракованных печатных плат может достигать 5%. В связи с этим представляет научный и практический интерес разработка, теоретическое и экспериментальное обоснование новых подходов к определению надежности узлов РЭА по имеющимся погрешностям изготовления печатных плат на этапе их проектирования. На основании изложенного, тема диссертационной работы Фам Вьет Аня, ее цели и задачи представляются актуальными для



проектирования и производства радиотехнических устройств, имеют важное значение для науки и практики.

Выдвинутые на защиту положения диссертации содержат научную новизну. В диссертации рассматривается комплексный подход к повышению надежности на основе обеспечения требований соблюдения производственных допусков на этапах проектирования и производства прецизионных печатных плат. Разработанная в диссертации методика проектирования прецизионных печатных плат направлена на повышение надежности быстродействующих цифровых устройств. Использование в ней инженерных формул для оценки вероятности соблюдения допусков на волновое сопротивление позволит значительно снизить временные затраты на проектирование. Альтернативой является компьютерное моделирование разбросов электрофизических параметров печатных проводников. Однако оно требует гораздо большего времени. Трудоемкость моделирования может повлиять на полноту и качество результатов и, как следствие, на качество и надежность печатных плат. Предлагаемая методика, наряду с повышением производительности проектных работ, обладает доказанной в работе достаточной точностью и гарантируют адекватность принимаемых конструктором решений. Продолжение развития комплекса мероприятий по повышению надежности радиотехнических устройств на этапе проектирования представлено в главе 4, посвященной учету дефектов сборочно-монтажных операций. Известно, что некачественный электрический монтаж компонентов на печатных платах является одним из главных факторов снижения надежности радиотехнических устройств. Разработанные в диссертации алгоритмы позволяют учитывать и снижать риски таких событий. Новизна разработанных алгоритмов заключается в возможности рассчитывать оценки показателей надежности установки компонентов на печатные платы. Разработанные математические модели основаны на детальном анализе причинно-следственных связей конструктивных параметров печатных плат с факторами нарушения качества монтажа компонентов. Это позволило создать оригинальные алгоритмы прогнозирования надежности монтажа и оптимизации конструкции печатных плат, основанные на применении экспертных систем и методов математического программирования. Развивая комплексные подходы к решению задач обеспечения допусков при производстве печатных плат, соискатель предложил новые технологические способы контроля их качества, позволяющие снизить трудоемкость и стоимость контроля:

- способ неразрушающего контроля погрешности ширины печатных проводников на основе рефлектометрического метода измерения волнового сопротивления;

- способ неразрушающего контроля смещения слоев многослойных печатных плат на основе рефлектометрического метода измерения волнового сопротивления.

Новизна диссертационной работы заключается в разработке, теоретическом и экспериментальном обосновании, а также создании и внедрении в практику новых моделей, методов и алгоритмов, позволяющих дополнить процесс верификации конструкций радиотехнических устройств прогнозированием и оперативным контролем влияния производственных погрешностей на показатели надежности прецизионных печатных плат. Приоритет разработок автора в данной области подтверждается тремя заявками на изобретения.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов, рекомендаций и заключений, полученных в диссертации, подтверждается корректным использованием современных методов математического анализа и моделирования с использованием известных систем автоматизированного проектирования. Достоверность полученных результатов подтверждается приведенными результатами компьютерных экспериментов, апробацией основных результатов на конференциях, в опубликованных работах и заявках на изобретения.

Научная значимость полученных результатов заключается в развитии теории проектирования прецизионных печатных плат для мелкосерийного и опытного производства. При этом автору удалось разработать методику, способы и алгоритмы, позволяющие в совокупности оценить прогнозное значение надежности разрабатываемых радиотехнических устройств с учетом погрешностей изготовления прецизионных печатных плат и в значительной степени снизить расходы на их производство.

Практическая значимость полученных результатов не вызывает сомнений и заключается в совершенствовании существующих методик проектирования прецизионных печатных плат высокого класса точности и повышении надежности их конструкций при мелкосерийном и опытном производстве. Практическая значимость подтверждается использованием полученных результатов в учебном процессе кафедры «Конструирование, технология и производство РЭС» ФГБОУ ВО «Московского авиационного

института» (национального исследовательского университета) и в ОАО «Радиотехнический институт имени академика А.Л. Минца».

В настоящее время при создании радиоэлектронных систем специального назначения широко рассматриваются вопросы реализации входных трактов приемо-передающей аппаратуры на основе микрополосковых линий и МЭМС. При проектировании и производстве таких устройств вопросы допускового контроля электрических соединений представляют значительный интерес. Разработанные в диссертации методики и способы могут быть успешно использованы при проектировании таких устройств.

В ходе анализа диссертации и автореферата были выявлены следующие замечания:

1. Формулировка новизны работы содержит описание разработанных моделей и методов, что не полностью коррелирует с выносимыми на защиту методикой и способами.

2. Приведены расчеты и пример, показывающие влияние погрешностей смещения радиоэлементов в ходе монтажа на надежность радиотехнического устройства, но отсутствуют подобные примеры для погрешностей межсоединений печатных плат, хотя порядок расчета вероятности нарушения допусков на волновое сопротивление представлен.

3. Получены результаты оценки погрешности волнового сопротивления во всем диапазоне изменения значений ширины проводника для классов точности от 4-го до 7-го при заданной частоте сигнала, но не показано как эта погрешность будет изменяться, например, с ростом частоты сигнала в проводнике и отразится ли рост частоты сигнала на эффективности разработанной методики. Является целесообразным получить перечень внешних (не конструкционных) параметров, которые могут влиять на достоверность оценки надежности радиотехнических устройств и их граничные значения, при которых достоверность прогнозирования находится в заданных пределах, либо показать, что они не оказывают никакого влияния.

4. Отсутствует подробный сравнительный анализ эффективности разработанной методики прогнозирования надежности радиотехнических устройств при проектировании печатных плат и используемой в настоящее время на производстве. Хотелось бы видеть подробное описание достоинств и недостатков обеих методик.

5. Не показано, как полученные прогнозные оценки вероятности нарушения допусков на волновое сопротивление, полученные на этапе

проектирования радиотехнических устройств, используются в дальнейшем в ходе доработки печатной платы.

6. Из текста диссертации не понятно, насколько (в количественном отношении) достигается цель диссертационных исследований и повышается надежность радиотехнических устройств с использованием разработанной методики, способов и алгоритмов.

7. В целом текст диссертации изложен логично и написан достаточно грамотно, однако имеет место системная грамматическая ошибка в неправильном окончании слов.

Несмотря на отмеченные недостатки и замечания, представленная диссертация выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему, связанную с повышением надежности радиотехнических устройств путем оперативного контроля погрешностей конструктивно-технологических параметров и их прогнозирования на стадиях проектирования и производства прецизионных печатных плат, имеющую важное значение для создания современных радиоэлектронных систем и комплексов.

Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли апробацию на 5 научных конференциях, в том числе с международным участием, опубликованы в 13 научных трудах соискателя, включая 5 трудов в журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией, а также представлены в 3 заявках на изобретения.

Текст автореферата соответствует содержанию диссертации и раскрывает сущность полученных научных результатов.

Представленная диссертационная работа соответствует паспорту специальности 05.12.04 по вопросам исследования и создания новых методов проектирования и обеспечения надежности радиотехнических устройств, а также п. 9 области исследований, затрагивающему вопросы разработки научных и технических основ проектирования, конструирования и технологии производства радиотехнических устройств.

Учитывая актуальность выполненных исследований, научную новизну и практическую значимость полученных результатов считаю, что представленная диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям п.п. 9, 10 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор – Фам Вьет Ань заслуживает присуждения ученой степени кандидата

