

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор КНИТУ-КАИ по научной и
инновационной деятельности,

доктор технических наук, профессор

Михайлов С.А.

«25» марта 2022 г.



ведущей организации на диссертационную работу Нгуен Ван Тай
«Проектирование электрических жгутов электротехнических комплексов
летательных аппаратов с учетом перекрестных помех», представленную на
соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы»

Актуальность темы диссертации

Электрические жгуты электротехнических комплексов летательных аппаратов прокладываются по определенным трассам, которые проходят по внутренним участкам конструкции фюзеляжа. Общая длина проводников бортовой сети летательных аппаратов может достигать больших значений и составлять значительную часть массы летательного аппарата.

При формировании электрических жгутов, помимо масса-габаритных требований и особенностей конструкции летательного аппарата, необходимо руководствоваться требованиями электромагнитной совместимости проводников, и кабелей, объединенных в жгуты. Из-за наличия емкостных и индуктивных связей между проводниками бортовой сети возникают перекрестные электромагнитные помехи, которые могут ухудшать качество функционирования бортовых электротехнических комплексов. В бортовых электротехнических комплексах летательных аппаратов проводники и кабели бортовой сети, объединенные в жгуты, не должны создавать нежелательных перекрестных электромагнитных помех. Тема исследования посвященная проектированию электрических жгутов с минимальной суммарной длиной проводников и с учетом перекрестных помех является актуальной, а ее развитие в диссертационной работе Нгуен Ван Тая имеет важное значение для электротехнических комплексов и систем летательных аппаратов.

«12» 04 2022г

Содержание диссертационной работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка аббревиатур и условных обозначений, списка литературы, содержащего 140 наименований, двух приложений.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, представлены объект и предмет научных исследований, сформулированы цель и задачи исследования, определена научная новизна и практическая значимость полученных автором результатов, приведены основные положения, выносимые на защиту, сведения об апробации результатов диссертационной работы, а также дано краткое содержание работы по главам.

В первой главе диссертации приведены результаты исследования перекрестных электромагнитных помех между неэкранированными двухпроводными линиями электрического жгута. Получены сравнительные расчетные и экспериментальные характеристики перекрестных помех между неэкранированными двухпроводными линиями электрических жгутов, при распространении через емкостные связи. Установлены частотные диапазоны, в пределах которых можно использовать аналитические формулы для расчета перекрестных помех с типовыми значениями сопротивлений нагрузки в 50 Ом и 1 МОм.

В этой главе представлены сравнительные расчетные и экспериментальные характеристики перекрестных помех между неэкранированными и экранированными двухпроводными линиями, распространяющиеся через емкостные и индуктивные связи.

Во второй главе и третьей главах предложена топологическая модель в виде графа, отображающая возможные пути прокладывания электрических жгутов в конструкции летательного аппарата. Разработаны алгоритмы определения путей прокладывания электрических жгутов на графе с минимальной суммарной длиной проводников и с учетом перекрестных помех между двухпроводными линиями в жгутах. Приведен пример определения

путей прокладывания электрических жгутов с минимальной суммарной длиной проводников и с учетом перекрестных помех. Сформулирован процесс поиска трасс электрических жгутов в конструкции летательного аппарата с минимальной длиной состоящий из трех этапов. На первом этапе, на основе анализа геометрических особенностей конструкции летательного аппарата определяются все возможные пути прокладки электрических жгутов. На втором этапе производится отображение геометрической структуры конструкции летательного аппарата с возможными путями прокладки электрических жгутов в топологическую модель в виде ненаправленного графа. На третьем этапе, на основе разработанного алгоритма, на графе определяются оптимальные пути для прокладывания электрических жгутов с минимальной длиной проводников двухпроводных линий и с учетом перекрестных помех. На основе найденных путей на графе определяются трассы для прокладывания электрических жгутов в конструкции летательного аппарата.

В четвертой главе проведены экспериментальные исследования перекрестных помех в электрических жгутах. В разделе 4.1, приведены экспериментальные исследования перекрестных помех в электрических жгутах с учетом неоднородностей экранов в виде зазоров с электропроводными соединениями. В результате исследований установлено, что наличие электропроводного соединения позволяет ослаблять перекрестные помехи на частотах не более 150 МГц. В разделе 4.2 приведены результаты исследования перекрестных помех между контактами электрических соединителей бортовых жгутов. Перекрестные помехи между контактами электрических соединителей имеют резко выраженный резонансный характер, при котором значения на контактах рецептора могут превышать значения на контактах источника помехи. В разделе 4.3 приведены результаты исследования перекрестных помех с учетом особенностей внутреннего пространства макетов приборных модулей и конструкционных отсеков. В результате исследований сформулирован вывод о том, что перекрестные помехи между двухпроводными линиями во

внутреннем пространстве макета модуля превышают перекрестные помехи в открытом пространстве испытательного стенда. В разделе 4.4 приведен способ определения минимального расстояния между двухпроводными линиями электрических жгутов для обеспечения допустимого уровня перекрестных помех.

В заключении приведены основные результаты по главам и выводы по диссертационной работе.

Научная новизна полученных результатов

Научная новизна диссертационной работы Нгуен Ван Тай заключается в следующем:

1. Предложена топологическая модель, в виде графа, позволяющая отображать возможные пути прокладывания электрических жгутов в конструкции летательного аппарата.

2. Разработан алгоритм прокладывания путей электрических жгутов на графе с минимальной суммарной длиной проводников и с учетом перекрёстных помех.

3. Результаты исследования перекрестных помех в электрических жгутах с учетом неоднородностей экранов в виде зазоров с электропроводными соединениями.

4. Результаты исследования перекрестных помех с учетом особенностей внутреннего пространства макетов приборных модулей и конструкционных отсеков.

5. Результаты исследования перекрестных помех между контактами электрических соединителей бортовых жгутов.

6. Способ определения минимального расстояния между проводниками электрических жгутов, при которых уровень перекрестных помех соответствует заданным нормативным значениям.

Достоверность полученных результатов

Достоверность результатов обеспечивается корректным использованием теоретической электротехники, теории графов, теории

функций комплексного переменного, правильной работой алгоритмов и программ, отсутствием в них логических и синтаксических ошибок, а также экспериментальными исследованиями.

Практическая значимость

Теоретические и экспериментальные результаты диссертационной работы обладают научной новизной и имеют практическое значение для проектирования электрических жгутов летательных аппаратов.

Замечания по диссертационной работе.

1. В первой главе диссертации нет четкого описания критериев определения частотных диапазонов в пределах которых можно использовать формулы для расчета напряжений перекрестных помех между двухпроводными линиями.

2. Во второй и третьей главах диссертации были представлены общие методы, в которых не используется конкретный тип летательного аппарата.

3. Отсутствует достаточное обоснование выбора топологической модели, отображающей геометрию внутреннего пространства конструкции летательного аппарата.

4. Не приведено объяснения появлению высокочастотных помех в диапазоне до 3 ГГц в двухпроводных линиях и на контактах электрических соединителей.

5. Из результатов, полученных в разделе 4.3 не ясно сохранится ли уровень перекрестных помех в том случае, когда макет модуля летательного аппарата имеет конструкционные элементы внутреннего заполнения.

6. Не достаточно обоснована актуальность способа определения минимального расстояния между проводниками электрических жгутов, при которых уровень перекрестных помех соответствует заданным нормативным значениям.

Данные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы Нгуен Ван Тай.

Заключение по диссертационной работе

По теме диссертации автором опубликовано 9 печатных работ, в том числе 4 статьи в журналах из Перечня ВАК РФ, и 5 тезисов докладов в материалах Международных конференций и симпозиумов. В материалах совместных публикаций в журналах из Перечня ВАК РФ личный вклад автора является определяющим.

Полученные результаты соответствуют уровню кандидатской диссертации по специальности – «Электротехнические комплексы и системы».

Автореферат в полном объеме отражает содержание диссертации.

В итоге диссертация Нгуен Ван Тай «Проектирование электрических жгутов электротехнических комплексов летательных аппаратов с учетом перекрестных помех» является законченным научным исследованием, соответствующим требованиям п.п. 9-14 "Положения о присуждении ученых степеней", утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. (ред. от 30.07.2014 г.), а ее автор Нгуен Ван Тай, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03– «Электротехнические комплексы и системы».

Отзыв рассмотрен на заседании кафедры систем автоматизированного проектирования КНИТУ-КАИ, протокол № 6 от 25 марта 2022 г.

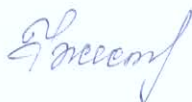
Заведующий кафедрой
систем автоматизированного
проектирования КНИТУ-КАИ,
доктор технических наук, профессор

Чермошенцев Сергей Федорович

Ученый секретарь
Ученого Совета
КНИТУ-КАИ

Жестовская Фарида Ахатовна

Контактные данные организации:
Казанский национальный исследовательский
технический университет
им. А.Н. Туполева–КАИ.
420111, г. Казань, ул. К. Маркса, 10.
Телефон: +7 (843) 231 01 09

Подпись  заверяю. Начальник управления
делами КНИТУ-КАИ



Факс: +7 (843) 236-60-32

Адрес электронной почты: kai@kai.ru

Официальный сайт: <https://kai.ru>

С ОТЗЫВОМ ОБРАЗОМ



Нийет Ван Тай

12.04.2022