

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

На правах рукописи

Бондарев Руслан Иванович

**Исследование и разработка  
электронной системы аэродромного локатора с гибридным  
источником питания**

Направление подготовки

11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»

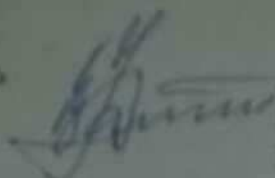
АВТОРЕФЕРАТ

МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

Коротченко Лариса Никитовна
<b>Проверено</b>
28.06.2019 Зачтено Библиотека

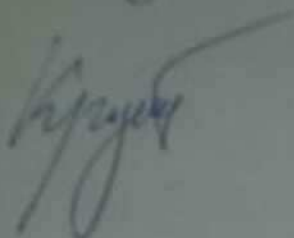
Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре  
государственный университет»

Научный руководитель



доктор технических наук,  
профессор, профессор кафедры ПЭ  
Клиماش Владимир Степанович

Рецензент



кандидат технических наук,  
Менеджер по поддержке производства  
УАО «Талес АВС Франция»  
Круговой Роман Николаевич

Защита состоится «28» июня 2019 года в 9 часов 00 мин на заседании  
государственной экзаменационной комиссии по направлению подготовки 11.04.04  
«Электроника и нанoeлектроника» в Комсомольском-на-Амуре государственном  
университете по адресу: 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27.

Автореферат разослан июня 2019 г.

Секретарь ГЭК А.А.Биткина



## Общая характеристика работы

**Актуальность темы магистерской диссертации:** Безопасность и регулярность полетов воздушных судов (ВС), а также экономические показатели воздушного движения самолетов гражданской авиации в значительной степени определяются радиотехническими средствами обеспечения полетов. С помощью радиотехнических средств диспетчеры службы движения эксплуатационных авиапредприятий решают такие важнейшие задачи, как управление движением ВС на земле и в полете, предотвращение конфликтных ситуаций в воздухе, обеспечение безопасных интервалов между воздушными судами в вертикальной и горизонтальной плоскостях, принятие своевременных мер по оказанию помощи экипажам при особых случаях в полете.

В настоящее время в локаторах применяется прямой пуск асинхронных двигателей, это сопровождается ударными воздействиями на механическую часть, при расчётном сроке 15 лет, фактически редукторы выдерживают 2,5-3 года. Ремонт механической части занимает от 1-2 месяцев, с полной остановки полётов при этом авиакомпании расторгают контракт. Поэтому обеспечение плавного пуска с сохранением механических узлов является актуальным.

В настоящее время электроснабжение и качество электроэнергии играет значительную роль в наземных радиолокационных станциях общего назначения, что в целом отражается на безопасности полетов. В гражданской авиации предусмотрен 100% резерв электроснабжения. Одним из самых важных источников электроснабжения при отсутствии основной и резервной сети, является система бесперебойного питания, которая в заданное время обеспечивает электроснабжение объекта. В данной разработке электроснабжения создан инвертор с плавным пуском «частотный привод». С помощью которого, осуществляется плавный пуск электропривода и не влияет на работу основного оборудования. Вследствие неправильного электроснабжения пуска, приводит к отказу приемно-передающих устройств, электромеханических узлов, динамических ударов, к люфту разбития шестеренок и другим механическим разрушениям, что влияет на нагрузку асинхронных двигателей. Комплекс

неисправностей приводит к отказу радиолокационных станций, что влечет за собой закрытие обзора диспетчерского наблюдения за воздушным судном и длительным регламентом на ремонтные работы, которые влияют на безопасность и полной остановки обеспечение воздушного движения аэродрома.

До 1986 года преобразователи частоты были не надёжными, имели увеличенные массогабаритные показатели. Конструктивные элементы локатора подвергались выходу из строя от прямого пуска.

В силовой электронике выделился самостоятельный класс электронных устройств под названием преобразователи частоты. Преобразователи частоты позволяют производить безударный пуск, плавное торможение, реверс и в широких пределах регулировать скорость вращения валов электродвигателей, обеспечивают защиту электродвигателей от перегрузок и нестабильности напряжения в сети, позволяют оценивать электрические параметры электродвигателей и имеют множество дополнительных функций, улучшающих качество работы электропривода.

Количество частотных преобразователей, установленных на больших предприятиях, в настоящее время доходит до нескольких сотен. Наряду с очевидными достоинствами преобразователей частоты, данные устройства не лишены недостатков, к основным из которых следует отнести следующие.

1 Использование режима работы преобразователя - под названием динамическое торможение электродвигателя. При динамическом торможении происходит генерация электродвигателем электроэнергии, которая в настоящее время в большинстве случаев преобразуется в тепловую, и рассеивается в окружающей среде.

2 Влияние переходных процессов, возникающих в питающей сети, на работу преобразователей частоты. Вследствие возникновения переходных процессов, в питающей сети происходит срабатывание защит преобразователей частоты по минимальному и максимальному напряжению, что приводит к технической остановке технологического оборудования, из-за срабатывания систем контроля входящих в состав преобразователей частоты, а это в свою очередь может привести к аварийной ситуации.

Одним из надежных и перспективных способов обеспечения экономичности, а также устойчивости привода к переходным процессам, возникающих в питающей сети является использование внутренних энергетических ресурсов привода, которые вводятся в действие путем изменения структуры системы электропитания, в которой преобразователь частоты состоит из множества автономных инверторов напряжения, подключенных к общему выпрямителю с выходным LC фильтром, ёмкость конденсатора, с которого складывается из параллельно соединённых конденсаторов на входах всех инверторов. Автономные инверторы напряжения при таком способе работают независимо друг от друга на индивидуальные асинхронные электродвигатели. Результатом от применения такого преобразователя частоты является улучшение системы электроснабжения и электропривода. Прежде всего, улучшается система электропитания инверторов при отклонениях и колебаниях напряжения в сети. Кроме этого, происходит рациональное перераспределение энергии генераторного торможения через общее звено постоянного напряжения между двигателями и снижение энергопотребления из сети.

В связи с этим темой диссертационной работы, направленную на повышение безопасности полётов, снижение трудоёмких затрат на обслуживание и обеспечение безотказной работы радиолокационных станций, экономичности и устойчивости радиолокационного модульного комплекса, следует считать актуальной.

#### **Цель и задачи магистерской диссертации:**

Повышение технико-экономических показателей. (повышение надёжности и снижение энергетической эффективности материалоемкости массогабаритных показателей и затрат на эксплуатацию ремонт. Разработать и исследовать систему, позволяющую осуществить плавный пуск с применением «частотного привода».

Для достижения поставленной цели решаются комплексы задач связанные совершенствованием электротехническим электронных и механических узлов комплекса аэродромного локатора:

— разработать структурную схему для системы электропитания частотного электропривода и обосновать выбор;

— разработать функциональную схему системы электропитания частотного электропривода;

— разработать математическую модель системы электропитания частотного электропривода в среде MatLab;

— разработать принципиальную схему

### **Новизна магистерской диссертации заключается:**

1) В усовершенствовании имеющейся электронной системы управления радиолокационного модульного комплекса путём перехода на систему с частотным пуском электропривода;

2) В разработке системы электропитания для комплекса радиолокационных станций, позволяющей устранить влияние переходных процессов на работу электроприводов локатора, повысить энергоэффективность и надёжность оборудования;

3) В разработке математической модели электропитания частотного электропривода в среде MATLAB для исследования процессов бесперебойного питания.

### **Основные положения работы, выносимые на защиту:**

- разработка системы управления радиолокационного модульного комплекса;

- внедрение в электро-механический комплекс (дизель-генератор, ИБП, АВР) гибридного источника питания электронной системы аэродромного локатора;

- разработка математической модели электропитания частотного электропривода в среде MatLab для исследования процессов бесперебойного питания.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Предлагаемое техническое решение будет использоваться при разработке электронного оборудования на предприятии ФГУП «Госкорпорация ЕОРВД» Комсомольский-на-Амуре центр ОВД. Внедрение электронной системы позволит повысить

надёжность и энергоэффективность радиолокационных модульных комплексов.

**Личный вклад автора:** Был проведен анализ схемотехнических решений электронной преобразовательной техники, выявлены недостатки в электронной системе радиолокационного модульного комплекса, разработана электронная система управления и математическая модель частотного пуска электропривода, проведены исследования на математической модели прототипа действующего источника питания электронной системы аэродромного локатора, вследствие чего было предложено техническое решение, внедрить в электронную систему аэродромного локатора гибридный источник питания, позволяющий устранить выявленные недостатки.

**Характеристика объекта и предмета исследования:** Исследуемая электронная система позволяет обеспечить:

- безопасность и регулярность полетов воздушных судов (ВС);
- повышение экономических показателей воздушного движения самолетов гражданской авиации за счёт экономии электроэнергии потребляемой аэродромными локаторами с гибридным источником питания;
- снижение массогабаритных показателей электромеханизмов и узлов (трансформатор, конденсаторов, реакторов, ЛС-цепочка) путём перехода на усовершенствованную систему управления частотным электроприводом;
- увеличение продолжительности работы радиолокационного модульного комплекса при той же ёмкости аккумуляторных батарей с 15 минут до 60 минут;
- снижение трудоёмких затрат на обслуживание и обеспечение безотказной работы радиолокационных станций;
- импортозамещение электромеханизмов и узлов иностранного производства на отечественное.

**Характеристика методологического аппарата:**

- 1) Расчёт элементов системы электропитания;

2) Анализ параметров звена постоянного напряжения;

3) Программная среда компьютерного моделирования электротехнических комплексов и динамических систем MATLAB

В разрабатываемой электронной системе используется: общий выпрямитель, общий LC-фильтр электродвигатели, АКБ, частотный привод, автономные инверторы. В процессе исследования имитационной модели использован прототип действующего автономного инвертора, в который будет внедрен частотный привод с плавным пуском, при котором уменьшаются массогабаритные показатели основных элементов при котором емкость АКБ увеличивает время работы АИН.

**Предполагаемое внедрение (использование результатов магистерской диссертации):** Практическая ценность данной работы в том, что результаты проведенных теоретических и экспериментальных исследований приняты к использованию на предприятии ФГУП «Госкорпорация ЕОРВД» Комсомольский-на-Амуре центр ОВД.

### **Структура и объем работы**

Диссертация состоит из введения, трёх глав, заключения, списка литературы из 53 наименований. Работа изложена на 100 страницах и содержит 38 рисунков

### **Содержание работы**

**В введении** обосновывается актуальность темы, формируется цель диссертационной работы, приводятся её основные теоретические и практические результаты.

**В первой главе** приводится общая характеристика радиолокаторов АОРЛ-1АС, РСР-6М2, РР-3Г используемых на предприятии ФГУП «Госкорпорация ЕорВД» Комсомольский-на-Амуре центр ОВД.

### **Краткая характеристика радиолокатора АОРЛ-1АС**

Аэродромный обзорный радиолокатор АОРЛ-1АС с резервированием при размещении двух комплектов основной аппаратуры в одном контейнере аппаратной, и аппаратуры энергоснабжения в контейнере агрегатной, с одной антенной системой, и комплектом ЗИП, предназначен для работы в качестве источника радиолокационной информации для существующих и перспективных систем УВД аэродромов и районных центров АС УВД. В составе изделия имеется



выносной комплект аппаратуры для установки на КДП и выносной терминал, устанавливаемый в помещении для персонала, обслуживающего радиолокатор.

Внешний вид АОРЛ-1АС показан на рисунке 1 и рисунке 2.



Рис. 1 Внешний вид радиолокатора АОРЛ-1АС.

Радиолокатор АОРЛ-1АС имеет следующие характеристики:

- полное соответствие требованиям ИКАО и стандартам России;
- высокая надежность за счет использования твердотельных компонентов в основной аппаратуре и размещения аппаратуры с приводом антенны в термостабильном модуле;
- непрерывный круглосуточный режим эксплуатации при обеспечении заданных параметров аппаратуры;
- современная конструкция передатчиков первичного и вторичного каналов на транзисторах;
- современные методы обработки сигналов и информации с применением процессоров и СБИС;
- высокая разрешающая способность;

- высокая точность определения координат;
- обнаружение малых ВС типа самолетов АН-2 и вертолетов МИ-8;
- низкие затраты на капитальное строительство;
- низкая потребляемая мощность;
- модульная конструкция узлов и блоков;
- воздушное охлаждение всей аппаратуры;
- обеспечение эксплуатации без постоянного присутствия обслуживающего персонала;
- автоматический переход с одного комплекта на другой при отказе;
- обеспечение работы в неблагоприятных климатических условиях;
- сохранение работоспособности аппаратуры от источника бесперебойного электропитания на время не менее 15 минут для обеспечения сохранения радиолокационного контроля по ВС при пропадании промышленной сети;
- автоматическое переключение на работу от резервного фидера при пропадании сетевого напряжения на основном фидере;
- протоколирование и воспроизведение радиолокационной информации;
- возможность передачи информации на КДП в цифровом виде (по узкополосной линии связи) и в аналоговом виде (по ПК, по широкополосной линии связи);
- эффективная система дистанционного управления и контроля с выдачей сигнализации о состоянии оборудования радиолокатора на выносную аппаратуру (дистанционный терминал - для установки на КДП и дополнительный выносной терминал контроля и мониторинга (ноутбук) - для установки в помещении обслуживающего технического персонала;
- учет времени нахождения оборудования радиолокатора во включенном состоянии;
- полный комплект типовых элементов замены в ЗИП;
- быстрое, простое и безопасное устранение большинства аппаратных неисправностей путем замены модулей (плат) из ЗИП при минимуме необходимых работ по настройке;

- наличие в комплекте поставки набора радиоэлементов для ремонта радиолокатора в условиях эксплуатирующей организации;
- наличие датчиков автоматической пожарной сигнализации объекта и охранной сигнализации для подключения к системе дистанционного контроля и мониторинга аэропорта, а также с выдачей информации о пожаре и нарушении охранного контура на выносное оборудование по линиям связи ТУ-ТС;
- обеспечение автоматического отключения (в случае пожара) систем технологической вентиляции и кондиционирования, ИБП и основной аппаратуры радиооборудования).



Рис. 2 Внешний вид агрегатной АОРЛ-1АС.

### **Краткая характеристика радиолокатора РСП-6М2**

Радиолокационная система посадки РСП-6М2 предназначена для решения задач основных звеньев автоматизированных систем управления полетами (АСУП) (рис.3): звена получения информации о фактической траектории полета ЛА и звена передачи экипажу ЛА информации, необходимой для коррекции траектории полета. Звено получения информации о траектории полета ЛА составляют средства радиолокации (СРЛ), а звено передачи информации составляют средства радиосвязи (СРС). Объектом управления являются ЛА, вручную пилотируемые летчиком по данным приборного оборудования (ПО) и командам управления, принимаемым радиостанцией (РС). Группа руководителей полетами и средства представления информации, используемые ею, составляют звено обработки информации и формирования команд управления.

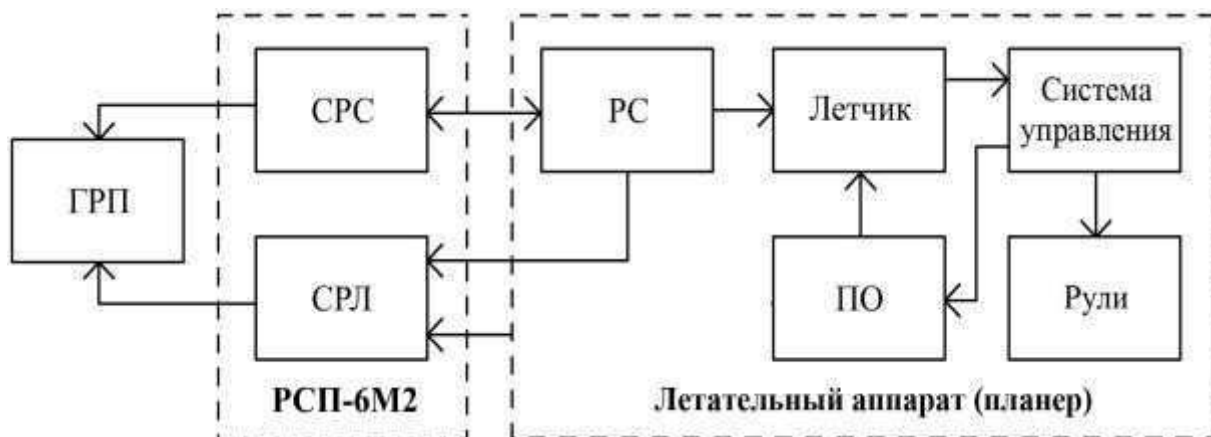


Рис. 3 Структурная схема АСУП на базе РСР-6М2.

В АСУП на базе РСР-6М2 реализуется ручной метод управления ЛА (летчик вручную исполняет команды управления) в два этапа. Первый этап включает: управляемый вывод ЛА в ближнюю зону (рис.4); полет ЛА в ближней зоне по заданной траектории на заданном эшелоне; выход определенного (назначаемого) ЛА в зону посадки. На этом этапе управление ЛА (летчиком) с помощью команд осуществляет руководитель полетами в ближней зоне (РБЗ). Второй этап включает заход ЛА на посадку с выходом на заданную линию планирования (ЗЛП) и снижение по ней до начала визуальной посадки ЛА.



Рис. 4 Распределение воздушного пространства в районе аэродрома.

Данная АСУП используется для управления ЛА, не оборудованных аппаратурой радиомаячных систем посадки.

В состав РСР-6М2 входят:

1. Посадочная радиолокационная станция ПРЛС-6М2 (рис.5), включающая:

- диспетчерский радиолокатор ДРЛ-6М2;
- посадочный радиолокатор ПРЛ-6М2;
- автоматический радиопеленгатор АРП-11( Е-519);
- аппаратуру фото регистрации радиолокационной информации;
- два магнитофона МН-61 для регистрации аудиоинформации;
- три радиостанции Р-863;
- радиотрансляционную линию Е-531;
- средства проводной радиосвязи.



Рис. 5 Посадочная радиолокационная станция ПРЛС-6М2

2. Передвижная автономная электростанция ПЭП-6М2, включающая:

- два дизельных агрегата АД30-Т/230/Ч-400;
- преобразователь частоты ВПЛ-30МД;
- преобразователь напряжения ПО-500;
- щит распределения электропитания.

Электропитание РСП-6М2 осуществляется от трехфазной промышленной электросети напряжением 220/380 В и частотой 50 Гц через преобразователь частоты ВПЛ-30МД или от одного из двух дизельных агрегатов.

### **Краткая характеристика радиолокатора РЛ-3Г**

Посадочные РЛС (ПРЛС) предназначены для контроля и управления заходом ВС на посадку. В аэропортах, оборудованных курсоглиссадными

навигационными системами посадки, они могут являться дополнительным или резервным средством УВД.

ПРЛС фактически состоит из двух отдельных радиолокационных станций: курсовой и глissадной со своими антенными системами, согласованное качание которых обеспечивается антенным механизмом. Для получения высоких угловых разрешающих способностей курсовая антенна имеет узкую ДН в горизонтальной плоскости, а глissадная – в вертикальной. У курсовой антенны в вертикальной плоскости, а у глissадной в горизонтальной плоскости ДН относительно широкие. ПРЛС работают в диапазоне волн 3,2 см.



Рис. 6 Внешний вид радиолокатора РП-3Г

**Вторая глава** подразумевает разработку структурной схемы от прототипа действующей схемы радиолокационной станции до усовершенствованной функциональной схемы, которая подразумевает плавный пуск частотного привода с датчиком интенсивности и включение основного оборудования жизнеобеспечения (обогрев, кондиционер, аварийное освещение) от резервного или от основного источника питания. Приводится расчет результатов электрических схем, полученных в процессе исследования и схем электропитания силовых электронных устройств на постоянном и переменном токе.

**В третьей главе** разработана математическая модель в среде MATLAB, методика расчёта основных элементов, входящих в состав системы электропитания автономного источника напряжения от общего источника постоянного напряжения. Результаты расчетов исследования полученные в среде MATLAB, в которой все элементы имеют реальные значения и параметры прототипа.

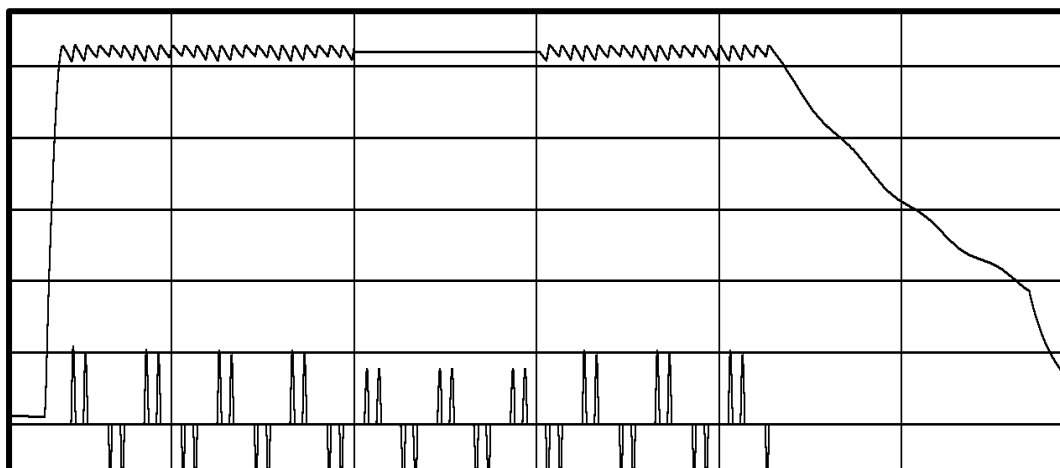


Рис.7 Осциллограммы (переключение от основной сети на резервную сеть, и работа от АКБ в среде MATLAB)

**Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:**

1 Бондарев Р.И. Исследование и разработка электронной системы гибридного маневрового тепловоза / Р.И. Бондарев, В.С. Климаш - Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: материалы 48-й научно-технической конференции студентов и аспирантов, Комсомольск-на-Амуре, 9-20 апреля 2018 г.

2 Бондарев Р.И. Повышение технико-экономических показателей аэродромного локатора с гибридным источником питания/ Р.И. Бондарев, В.С. Климаш - Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: материалы 49-й научно-технической конференции студентов и аспирантов, Комсомольск-на-Амуре, 8-12 апреля 2019 г.