

**Утверждаю:**

Проректор по научной работе  
доктор технических наук,  
профессор  
Федерального  
государственного бюджетного  
образовательного учреждения  
высшего образования  
«Московский автомобильно-  
дорожный государственный  
технический университет  
(МАДИ)»

Жанказиев С. В.

«12» мая 2017 г.

### **ОТЗЫВ**

ведущей организации Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)». на диссертацию Гармаша Юрия Владимировича «Совершенствование систем электрооборудования автомобилей на основе адаптивных преобразователей электрической энергии», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

**Актуальность** исследования обусловлена необходимостью повышения уровня работоспособности автомобильной техники (АТ).

Показателями уровня работоспособности являются: срок износа ДВС, влияние на экологию окружающей среды, время подготовки автомобиля к работе в экстремальных природно-климатических и температурных условиях.

Данные показатели в определяющей степени зависят от качества работы электрооборудования автомобильной техники. В настоящее время системы электрооборудования автомобилей построены таким образом, что все потребители соединены параллельно и подключены к бортовой сети. При подобном подключении системы электрооборудования оказывают взаимное влияние через общий источник питания, что не способствует высокой

работоспособности. Так, при пуске двигателя внутреннего сгорания (ДВС) напряжение бортовой сети может снижаться до уровня 5,5 В (при 12В. бортовой сети), что не позволяет получить бесперебойного искрообразования, и делает невозможным пуск ДВС. Рационально выбранным напряжением для аккумуляторной батареи является уровень  $13,9 \pm 0,1В$ , при этом регулятор напряжения настроен на диапазон 13,2-14,4 В, а номинальное напряжение ламп накаливания – 12 В, изменение напряжения на лампах накаливания систем освещения и сигнализации на 10 - 15% изменяет их срок службы в несколько раз. При питании потребителей энергии никак не учитываются их особенности, режим работы двигателя внутреннего сгорания и внешние параметры окружающей среды. Так, система пуска определяет не только его надежность, но и влияет на износ двигателя; система зажигания определяет качество поджига рабочей смеси, влияет на динамику автомобиля, полноту сгорания топлива, топливную экономичность, и, следовательно, экологию окружающей среды. Система охлаждения ДВС должна поддерживать температуру двигателя в строго определенных пределах; отклонение температуры влияет как на токсичность отработавших газов, так и на ресурс работы двигателя, его топливную экономичность и тягово-скоростные свойства. Настройки системы электроснабжения оказывают влияние на срок службы аккумуляторной батареи, других потребителей электроэнергии, а также на пусковые качества ДВС. Системы отопления и вентиляции салона, стекло- и фарочистки, как показывают последние исследования, влияют на утомляемость водителя АТС и пассажиров, и, следовательно, на безопасность движения.

Устранение указанных недостатков в работе электрооборудования является актуальной задачей в решении проблемы повышения работоспособности АТ в целом.

**Содержание и структура** диссертации находятся в логическом единстве и соответствуют поставленной цели исследования, критерию

внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования.

Диссертация Гармаша Юрия Владимировича на соискание ученой степени доктора технических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основе анализа выполненных другими авторами исследований по данной проблеме и разработок автора сформулированы новые научно обоснованные технические и технологические решения в области совершенствования систем электрооборудования наземных транспортных средств, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие экономики страны, что соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор заслуживает присуждения искомой ученой степени.

Выдвигаемые соискателем теоретические и методологические положения, а также сформированные в диссертации выводы и предложения, как результаты исследования, являются новыми.

Разработанные научные положения, предложенные устройства и технические решения значительно улучшают эксплуатационные характеристики автотранспортных средств и могут быть использованы при создании новых образцов автомобильной техники и при модернизации эксплуатируемых автомобилей, а также использованы в учебном процессе ряда ВУЗов.

Диссертационная работа по цели, решаемым задачам исследования и основному содержанию **соответствует** специальности 05.09.03. – «Электротехнические комплексы и системы» и охватывает следующие области исследования:

- развитие общей теории электротехнических комплексов и систем, изучение системных свойств и связей, физическое, математическое, имитационное и компьютерное моделирование компонентов электротехнических комплексов и систем;

- обоснование совокупности технических, технологических, экономических, экологических и социальных критериев оценки принимаемых решений в области проектирования, создания и эксплуатации электротехнических комплексов и систем;

- разработка, структурный и параметрический синтез электротехнических комплексов и систем, их оптимизация, а также разработка алгоритмов эффективного управления.

- исследование работоспособности и качества функционирования электротехнических комплексов и систем в различных режимах, при разнообразных внешних воздействиях;

- разработка безопасной и эффективной эксплуатации, утилизации и ликвидации электротехнических комплексов и систем после выработки ими положенного ресурса.

Таким образом, работа по областям исследования соответствует специальности диссертационного совета.

Автореферат диссертации соответствует ее содержанию.

Наиболее существенными научными результатами диссертационной работы, полученными **лично автором**, являются:

Разработка принципов проектирования электрооборудования автомобильной техники, состоящая в том, что

- напряжение бортовой сети рассматривается не как универсальное, равно пригодное для всех потребителей электрооборудования, а как исходное значение для преобразования в большую или меньшую величину практически без потерь энергии;

- на основе анализа специфики работы каждого потребителя вырабатываются требования к величине и закономерностям изменения в зависимости от режима эксплуатации его питающего напряжения и потребляемой мощности;

- на базе выявленных требований разрабатываются адаптивные системы электроснабжения на основе управляемых по параметрам объекта

регулирования импульсных адаптивных преобразователей параметров электрической энергии, преобразующие напряжение бортовой сети в необходимое для каждого потребителя или их комбинации.

Доказана применимость предложенных принципов ко всем системам бортового электрооборудования автомобилей как с помощью теоретических, так и экспериментальных исследований.

**Достоверность** научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы определяется строгим логическим построением исследования, обоснованностью применяемого математического аппарата и подтверждается сходимостью результатов моделирования и экспериментальных данных.

**Теоретическая значимость исследования.** Диссертационное исследование проведено на основе анализа многочисленных трудов отечественных и зарубежных учёных путём формирования и научной аргументации новых научных положений и практических предложений в области улучшения эксплуатационных характеристик электрооборудования транспортной (в том числе автомобильной) техники. При выполнении работы использованы методы системного анализа, математического моделирования, а также численные методы, в том числе, аппарат дифференциальных и алгебраических уравнений, операционного исчисления с применением традиционных способов их решения на базе разработанных автором алгоритмов и предложенных принципов построения электрооборудования.

**Практическая значимость исследования.** Разработанные научные положения, предложенные устройства и технические решения значительно улучшают эксплуатационные характеристики автотранспортных средств и могут быть использованы при создании новых образцов автомобильной техники и при модернизации эксплуатируемых автомобилей, а также использованы в учебном процессе ряда ВУЗов.

**Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.**

**По системе электрического пуска двигателя внутреннего сгорания:**

- разработана математическая модель системы электрического пуска двигателя внутреннего сгорания при ее питании от емкостного накопителя энергии в широком диапазоне напряжений, превышающих номинальные;
- произведен синтез методом Кауэра эквивалентной электрической схемы замещения системы пуска ДВС;
- предложены устройства и технические решения по совершенствованию системы электропуска автомобильных двигателей с помощью преобразователя параметров электрической энергии на основе емкостного накопителя энергии, обеспечивающие выходные параметры системы электропуска двигателей автомобильной техники в широком температурном диапазоне (технические решения защищены патентами РФ);
- экспериментальные исследования предложенных технических решений подтвердили адекватность математической модели системы электропуска ДВС исследуемым процессам и эффективность предложенных схем и технических решений.

**По системе зажигания:**

- получена теоретическая модель необходимого напряжения системы зажигания при пуске и в рабочем режиме в зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя;
- разработаны эффективные устройства и технические решения для системы зажигания, содержащие для области пусковых частот повышающий преобразователь, а для области рабочих частот – понижающий преобразователь, напряжение которого обеспечивает постоянную величину коэффициента запаса по вторичному напряжению на всех режимах работы ДВС (технические решения защищены патентами РФ);
- испытания предложенных разработок при низких температурах окружающей среды показали, что замена штатной системы зажигания предложенной обеспечивает повышение надежности пуска бензинового двигателя;

### **По системе электроснабжения:**

- в соответствии с предложенным принципом построения системы электроснабжения, разработаны устройства и конструкторские решения, обеспечивающие повышение степени заряженности и продление срока службы аккумуляторной батареи с учетом ее температурного режима в 1,2 – 1,4 раза;

- разработаны устройства отключения обмотки возбуждения генератора, обеспечивающие повышение эффективности пуска ДВС и защиту генератора от перегрузок;

### **По электроприводу вспомогательного оборудования:**

- предложены принципы построения и технические решения адаптивных систем электропитания на основе широтно-импульсных регуляторов для электропривода вспомогательного оборудования, обеспечивающие плавное регулирование уровня напряжения на двигателях постоянного тока в пределах от нуля до номинального, а также системы автоматического регулирования электропривода вспомогательного оборудования, оптимизирующие температурные, скоростные и другие режимы, обеспечиваемые электроприводом и улучшающие эргономику, эксплуатационные характеристики и безопасность движения;

### **По остальным системам электрооборудования автомобильной техники:**

- разработан источник вторичного электропитания на основе широтно - импульсного стабилизатора, позволяющий стабилизировать выходное напряжение с погрешностью до 0,5% и повысить долговечность потребителей электроэнергии;

- в соответствии с предложенными принципами разработан источник вторичного электропитания на основе широтно - импульсного регулятора, позволяющий повысить срок службы ламп накаливания за счет плавного увеличения напряжения на системах световой сигнализации и освещения в пределах, допускаемых техническими условиями;

- с целью улучшения эксплуатационных характеристик систем впрыска топлива предложен принцип изменения напряжения на электромагнитных форсунках и технические решения пути его реализации;

На основе предложенных принципов, теоретических положений и математических моделей разработаны устройства и технические решения, на которые получены 38 патентов Российской Федерации. В частности, запатентованы системы электрического пуска, импульсные регуляторы напряжения, источники опорного напряжения для адаптивных преобразователей систем электропитания, системы отопления и вентиляции салона, стеклоочистки, охлаждения ДВС. Аналитические и экспериментальные исследования предложенных теоретических положений и технических решений подтвердили их высокую эффективность.

Обоснованность теоретических положений, технических решений и полученных результатов работы, их научная, практическая и экономическая значимость подтверждается внедрением в серийное производство на Рязанском заводе металлокерамических приборов, в учебные процессы Рязанского военного автомобильного института имени генерала армии В.П. Дубынина, Современного технического института, Московского государственного открытого университета, Рязанского государственного радиотехнического университета, результаты исследований проверены на ряде предприятий (РЗ металлокерамических приборов, ФГУП Рязанский приборный завод, Воронежский НИИ связи), реализованы на X международном салоне инноваций и инвестиций, по результатам исследования автором выполнены научные проекты «Учебно-лабораторный комплекс «машины постоянного тока», «Автомобильный кондиционер для зимних условий эксплуатации», «Регулирование времени срабатывания электромагнитной форсунки» по заказу Министерства промышленности, инновационных и информационных технологий Рязанской области.

**Научная новизна исследования** заключается в разработке

- новых принципов построения электрооборудования и теоретических положений по улучшению эксплуатационных характеристик бортового электрооборудования автомобиля, заключающиеся в организации дифференцированного питания потребителей с помощью регулируемых по параметрам объекта регулирования импульсных адаптивных источников энергии;

- математической модели системы электрического пуска двигателя внутреннего сгорания с конденсаторным накопителем энергии в широком диапазоне напряжений, превышающих номинальные, на основе которых разработаны электрические устройства, конструктивные и технологические решения, обеспечивающие повышение мощности системы пуска двигателя, с учетом температуры окружающей среды;

- математических моделей и предложенных на их основе устройств системы зажигания, содержащих для области пусковых частот повышающий преобразователь, а для области рабочих частот - понижающий преобразователь, напряжения которых обеспечивают постоянную величину коэффициента запаса по вторичному напряжению;

- технических решений системы электроснабжения на основе широтно-импульсного регулятора, обеспечивающих, с учетом температурного режима повышение степени заряженности и продление срока службы аккумуляторной батареи;

- технических решений по разделению прикладываемых к потребителям электрической энергии напряжений, формируемых источником вторичного электропитания, обеспечивающего напряжение на уровне номинального, не зависящее от напряжения аккумуляторной батареи;

- электроприводов вспомогательного оборудования, обеспечивающих плавное регулирование напряжения на двигателях постоянного тока в пределах от нуля до номинального.

#### **Замечания по диссертационной работе**

1 Разработаны принципы построения электрооборудования и теоретических положения по улучшению эксплуатационных характеристик бортового электрооборудования автомобиля, однако экспериментально и теоретически доказана применимость данных принципов только для некоторых систем электрооборудования автомобильной техники.

2 Неясно, насколько снижаются расходы автотранспортной организации с учетом применения предложенной автором методологии построения электрооборудования автомобилей.

Работа изложена логично, технически грамотно, литературным языком, с правильным использованием специальных терминов, оформлена аккуратно и хорошо иллюстрирована. Диссертационная работа является итогом целенаправленного самостоятельного исследования и свидетельствует об умении автора решать сложные технические вопросы, анализировать полученные результаты и обосновывать принимаемые решения.

Гармаш Ю.В. принимал участие в исследованиях в области импульсных источников электропитания с конца 80-х годов. Основные результаты диссертации опубликованы более чем в 70 научных работах, посвященных идее использования импульсных адаптивных преобразователей параметров электрической энергии для получения рациональных характеристик электрооборудования автомобилей, в том числе пяти монографиях:

Разработанные научные положения, предложенные устройства и технические решения значительно улучшают эксплуатационные характеристики автотранспортных средств и могут быть использованы при создании новых образцов автомобильной техники и при модернизации эксплуатируемых автомобилей, а также использованы в учебном процессе ряда ВУЗов.

Диссертация соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней» по пунктам 10, 11 и 14.

Диссертация Гармаша Юрия Владимировича на соискание ученой степени доктора технических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение в котором на основе анализа выполненных другими авторами исследований по данной проблеме и разработок автора сформулированы новые научно обоснованные технические и технологические решения в области совершенствования систем электрооборудования наземных транспортных средств, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие экономики страны. что соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор заслуживает присуждения искомой ученой доктора технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Заключение рассмотрено на заседании кафедры «Электротехника и электрооборудование».

12.05.2017 г. Протокол № 9

**Заключение составлено:**

Юттом Владимиром Евсеевичем, доктором технических наук (05.09.03 – электротехнические комплексы и системы), профессором, заведующим кафедрой «Электротехника и электрооборудование»

125319, Москва, Ленинградский проспект, 64,  
доктор технических наук (специальность 05.09.03 – электротехнические комплексы и системы), профессор

Ютт В.Е.

12.05.2017 г.

