

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

(наименование)

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки)

Техническое и информационное обеспечение интеллектуальных систем электроснабжения

(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Проектирование электроснабжения интегрированной системы контроля и управления современного автомобиля марки ВАЗ

Обучающийся

А.А. Стрыгин

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный руководитель

к.т.н., В.С. Романов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Содержание

Введение.....	4
1 Критический анализ системы электроснабжения автомобиля.....	7
1.1 Система автомобильного электроснабжения.....	7
1.2 Аккумуляторная батарея.....	9
1.3 Генераторная установка	13
1.3.1 Выпрямительные блоки	17
1.3.2 Регулятор напряжения	19
1.4 Управление системой	21
1.4.1 Микропроцессорные системы автомобиля.....	21
1.4.2 КСУД	22
1.4.2.1 Память контроллера	23
1.4.3 Обмен данными в микропроцессорной системе управления	24
1.4.3.1 CAN шина.....	25
1.4.3.2 LIN шина	27
2 Стратегия управлением уровнем напряжения генератора на борту автомо- биля с помощью датчика тока.....	30
2.1 Анализ датчика тока	30
2.1.1 Конструкция датчика тока.....	32
2.1.2 Измерения датчика тока	32
2.1.3 Обмен данными между датчиком и КСУД.....	33
2.1.4 Преимущества в использовании датчика тока	34
2.1.4.1 Защита стартера от режима «короткого замыкания»	36
2.1.5 Недостатки использования датчика тока.....	36
2.1.6 Экономическая составляющая	36
2.1.7 Наблюдение в реальном времени	37
2.2 Анализ стратегии управления напряжением заряда АКБ Renault.....	40
2.2.1 Определение «нормального уровня» заряда аккумулятора.....	40
2.2.2 Стратегии управления напряжением заряда АКБ фирмой Renault	44

2.3 Алгоритм системы поддержания уровня напряжения бортовой сети на Audi A-3	48
2.3.1 Управление нагрузкой	48
2.3.2 Определение состояния нагрузки	48
2.3.3 Мероприятия по регулированию нагрузки	49
2.3.4 Отключение потребителей системы комфорта	49
3 Предлагаемая стратегия управления напряжением заряда АКБ для автомобилей ВАЗ при различной температуре аккумуляторной батареи в зависимости от SOC	52
3.1 Стратегия управления генераторной установкой	55
3.1.1 Функция рекуперации при торможении автомобиля	57
3.1.2 Режим «Kick down»	58
3.1.3 Условия для применения дополнительных режимов генераторной установки	59
3.1.4 Управления генераторной установкой	60
3.1.5 Дополнительные функции LIN регулятора	63
3.2 Алгоритм системы поддержания уровня напряжения бортовой сети для автомобилей AVTOVAZ	64
3.2.1 Описание алгоритма регулирования напряжения	65
Заключение	68
Список используемой литературы	69

Введение

Автомобиль всегда служил для быстрого перемещения людей и грузов по разным типам местности и дорогам. Автомобильный транспорт играет важную роль во всех сферах жизни страны. Работу любого государственного учреждения, промышленного предприятия, строительной организации, воинской части невозможно представить без участия автомобильного транспорта. На этот транспорт приходится большое количество пассажирских и грузовых перевозок. Широко войдя в жизнь трудящихся нашей страны, автомобиль стал средством отдыха, передвижения и туризма. Стало невозможно представить жизнь без легкового автомобиля в семье.

Развитие современного автомобилестроения невозможно представить без использования электроники. Качество автомобиля в целом определяется степенью насыщенности автомобильной техники электронными системами управления и приборами и с каждым годом возрастает.

Одним из наиболее активно развивающихся секторов мирового рынка электронных компонентов, в который выгодно инвестировать, является автоэлектроника. Электронные компоненты различной степени интеграции имеют устойчивый рост потребления автомобильной промышленностью. При этом влияние неблагоприятных экономических факторов на этот рост слабо сказывается.

С увеличением насыщенности электроникой в автомобиле возникает множество сложных проблем с внедрением автомобильной электроники в систему электроснабжения автомобиля, таких как: отсутствие электроэнергии удовлетворительного качества в бортовой сети автомобиля, повышенная мощность из-за к увеличению насыщенности электроникой в автомобиле и т.д.

Пульсации, импульсы и переходные отклонения напряжения – основные параметры качества, влияющие на надежность электроники в автомобиле. Система зажигания, приемники энергии и генераторная установка являются ос-

новными источниками данных о параметрах транспортных средств. Пульсации, импульсы и переходные отклонения, проходящие через бортовую сеть, обладают способностью отрицательно влиять на работу радиоэлектронных средств и электронных устройств, которые расположены на шасси автомобиля и входят в состав электрооборудования автомобиля.

Генераторная установка всегда была важнейшим элементом системы электроснабжения автомобиля. Однако по мере того, как менялись требования и увеличивался спрос на электроэнергию, менялись и генераторы. В современных автомобилях все больше электрооборудования нуждается в питании от генератора. Это, очевидно, увеличивает требования к выходной мощности. При этом необходимо учитывать ограничения, связанные со снижением удельного веса этого компонента и соблюдением все более жестких экологических норм.

Согласно статистике дорожно-транспортных происшествий ADAC, 40% всех неисправностей транспортных средств вызваны электрической системой автомобиля. Эти дефекты примерно в 60% случаев приводят к повреждению аккумуляторной батареи (АКБ). Косвенное следствие простое, ожидание помощи, опоздание. Стартерная батарея стареет естественным образом. Водители обычно не знают о состоянии своего аккумулятора. Его замена осуществляется только тогда, когда аккумулятор отказывается служить или непосредственно перед этим. По данным немецкого автомобильного клуба ADAC, неисправный или разряженный аккумулятор является наиболее частой причиной неисправностей. Статистика сбоев улучшилась почти во всех остальных деталях. По данным того же клуба ADAC

Основная причина поломок автомобилей — проблемы с аккумулятором: в 2019 году почти каждая третья поломка автомобиля была связана с неисправным или севшим аккумулятором. Практика показывает, что наибольший срок службы стартерных аккумуляторов в эксплуатации достигается при поддержании степени заряженности в пределах 75-95%. Для продления срока службы

аккумуляторной батареи и снижения отказов в гарантийный период необходимо оптимизировать уровень напряжения бортовой сети в соответствии с текущими потребностями аккумуляторной батареи.

На основании этого была определена проблема исследования – поиск эффективного решения увеличения характеристик и повышения надежности системы электроснабжения автомобиля.

Цель исследования: разработка устройств и программных средств, повышающих надежность и качество работы системы энергоснабжения автоматизированных систем современного автомобиля

Для достижения указанной цели были поставлены задачи, включающие:

1. Критический анализ системы электроснабжения, контроля и управления автоматизированных систем современного автомобиля.
2. Теоретическое и экспериментальное исследование комплексного решения для системы электроснабжения, контроля и управления основных автоматизированных систем современного автомобиля.
3. Разработка комплексного решения для системы электроснабжения, контроля и управления основных автоматизированных систем современного автомобиля, формулировка выводов и рекомендаций.

Новизна работы заключается в разработке уникальной стратегии управлением уровнем напряжения генератора на борту автомобиля с помощью датчика тока

Практическая значимость: предложена стратегия управления генератором, имеющая относительно низкую стоимость, увеличивающая срок службы аккумуляторной батареи и защищающая стартер от короткого замыкания, а также улучшает динамику автомобиля относительно за низкую стоимость.

Объект исследования: процессы энергоснабжения, контроля и регулирования параметров и характеристик автоматизированных систем современного автомобиля

Предмет исследования является современный легковой отечественный автомобиль LADA Vesta.

1 Критический анализ системы электроснабжения автомобиля

Перед началом разработки устройств и программных средств, повышающих надежность и качество работы системы энергоснабжения автоматизированных систем современного автомобиля нужно провести критический анализ системы электроснабжения автомобиля. Рассмотреть все объекты системы и выяснить какие места наиболее критичны и нуждаются в доработке.

Для начала ознакомимся, что такое система электроснабжения автомобиля и что в нее входит.

1.1 Система автомобильного электроснабжения

В автомобиле все компоненты электрооборудования делятся на две группы: потребители электроэнергии и источники электрического напряжения (система электроснабжения автомобиля).

Электропотребители — это устройства современного автомобиля, которыми он оснащен и которые используют электричество для своей работы. Устройства, которые образуя систему электрооборудования автомобиля в совокупности с источниками электроэнергии называются электропотребителями.

Микропроцессорная система управления впрыском и зажиганием, системы освещения и сигнализации, различное дополнительное оборудование и устройства, система зажигания и контрольно-измерительные приборы все они являются основными потребителя системы электроснабжения автомобиля.

Для питания всех электропотребителей, которые выполняют функции, предназначенные для оптимальной работы транспортного средства разработана система электроснабжения автомобиля. Источники электроэнергии в автомобиле являются основой системы электроснабжения, а именно аккумуляторная батарея и генераторная установка.

Комплекс оборудования, который позволяет обеспечить хранения и выработку электроэнергии удовлетворяющего качества, а также распределить и передать всем электропотребителям системы, которые выполняют функции требующиеся для нормально работы транспортного средства.

Система электроснабжения состоит из:

- генераторная установка и аккумуляторная батарея являющиеся источниками электрической энергии;
- устройства для регулирования;
- реле и контрольная лампа или одна контрольная лампа которые являются элементами управления и защиты от возможных аварийных режимов.

С технической точки зрения используя электронные и электрические устройства для того, чтобы различные системы, приборы и элементы транспортного средства функционировали очень удобно, так как получая электроэнергию с помощью преобразования разных видов энергии ее возможно легкая передача на расстояние, а также без каких-либо обработок возможно использовать по назначению.

Было принято, чтобы ток, питающий электроприборы автомобилей был постоянным с напряжением 12 или 24 В.

Система электрооборудования составляется по однопроводной схеме так как основное количество элементов автомобиля металлические и хорошо проводят ток, а также в транспортном средстве используют параллельное включение электроприборов. Детали автомобиля, состоящие из металла, т. е. его корпус являются вторым проводом и называются «масса». На рисунке 1 показана система электроснабжения автомобиля.



Рисунок 1 – Система электроснабжения автомобиля

После того как ознакомились что такое система электроснабжения перейдем к анализу каждого элемента системы энергоснабжения автомобиля:

- аккумуляторная батарея,
- генераторная установка,
- элементы управления и защиты.

1.2 Аккумуляторная батарея

В первом случае, когда генераторная установка не работает, то аккумуляторная батарея снабжает электричеством электропотребителей или обеспечивает электричеством электростартер при запуске двигателя автомобиля или же в случае, когда мощности генераторной установки недостаточно. Во втором случае генераторная установка и аккумуляторная батарея работают параллельно друг другу. Электростартер является главным электропотребителем

электроэнергии аккумуляторной батареи. Конструкция и тип аккумуляторной батареи определяется при работе в режиме стартера и выделяется в особый класс стартерных аккумуляторных батарей. Конструкцию аккумуляторной батареи показана на рисунке 2 Свинцовые аккумуляторные батареи используют в автомобилях в качестве стартерных.

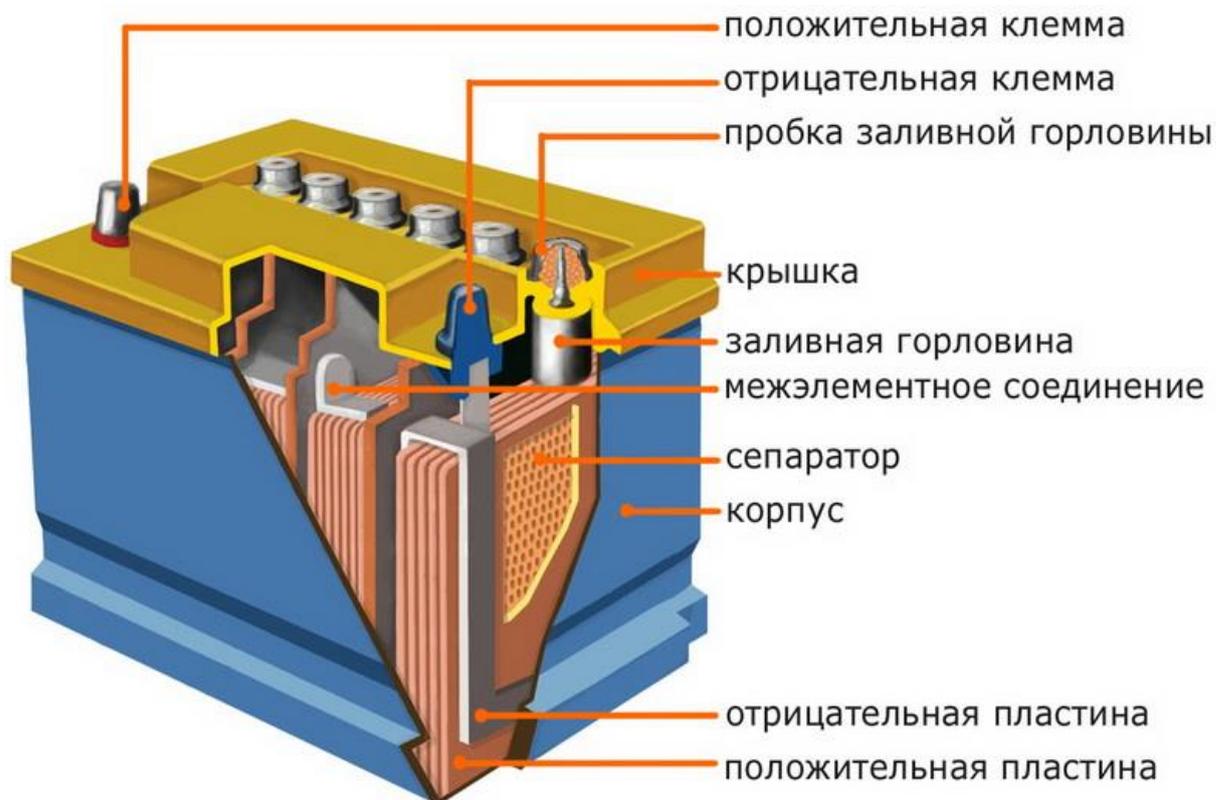


Рисунок 2 – Конструкция аккумуляторной батареи

Аккумуляторная батарея, устраняя перегрузки и перенапряжение от генераторной установки, работает в системе электроснабжения параллельно с автомобильным генератором. Аккумуляторная батарея производит заряд с определенным уровнем регулируемого напряжения от генераторной установки после того, как произвела разряд на электростартер и другие электропотребители автомобиля. При разряде отдав электроэнергию генераторная установка должна восполнить эту часть энергии.

Одной характерной особенностью работы аккумуляторной батареи является циклирование – это чередование режимов разряда и заряда аккумуляторной батареи. Система электроснабжения автомобиля не единственная в которую входит аккумуляторная батарея, аккумуляторная батарея так же входит в систему электростартерного пуска и составной частью других систем в электрооборудовании.

Температура окружающей среды, уровень вибрации и тряски, периодичность, объем и качество технического обслуживания, параметры стартерного разряда, сила токов и продолжительность разряда и заряда при циклировании, уровень надежности и исправности электропотребителей, продолжительность работы и перерывов в эксплуатации, все эти параметры прямо влияют на срок службы и эксплуатационную надежность аккумуляторной батареи.

При цикле подзаряда от генераторной установки восстановить надлежащую степень заряженности становится труднее, если у аккумуляторной батареи большая глубина разряда, это появляется в случае продолжительного разряда с большой силой тока. В процессе такой эксплуатации снижая средний уровень заряженности аккумуляторной приведет ее к снижению срока службы. Нужно иметь в виду, что зарядный ток и разрядный при увеличении плотности так же уменьшают срок службы. Хотя при маленькой силе разрядного тока с маленькой продолжительностью разряда могут привести к длительному перезаряду аккумуляторную батарею, также сокращая срок ее службы

Условия заряда аккумуляторной батареи значительно ухудшаются при низких температурах. Аккумуляторная батарея заряженная на 50% может быть заряжена лишь на 60–65 % ее номинальной емкости при температуре в 10°C. В зимнее время года количество электропотребителей автомобиля увеличивается. Сила тока, которую потребляет электростартер, резко возрастает. Обеспечение положительного зарядного баланса батареи в автомобиле затруднено в связи с вышеуказанными условиями.

Система зажигания имеет некие особенности при запуске двигателя в низкие температуры окружающей среды. Напряжение бортовой сети может снизиться до 5,5 В из-за резко увеличившегося стартерного тока, который приводит к уменьшению напряжения бортовой сети так же момент сопротивления на валу стартера, тоже возрастает. Только микропроцессорная система сможет обеспечить бесперебойное искрообразование при низких уровнях напряжения питания в отличие любых других систем зажигания из-за отличия в высокой стоимости и сложности. Так как скорость вращения коленчатого вала ДВС низкая, то и время замкнутого состояния первично цепи катушки при запуске двигателя велико. От напряжения аккумуляторной батареи зависит установившееся значение тока так как ток зависит от напряжения, которое подается на систему зажигания.

Максимальное регулируемое генераторной установкой напряжение должно находиться на отметке 15,5 и 31 В соответственно для 12 и 24 вольтных систем электрооборудования. Аккумуляторная батарея имеет огромный перечень требований, но давайте перечислим основные требования: достаточный срок службы, высокая механическая прочность, минимальное внутреннее сопротивление и внутреннее падение напряжения при большой силе тока разряда в стартерном режиме, необходимая емкость при небольших размерах и массе, работоспособность в широком диапазоне температур и значений силы разрядного тока, небольшие потери энергии при длительном бездействии, а также должны выдерживать кратковременные разряды стартерными токами большой силы без разрушения электродов и ухудшения характеристик при дальнейшей эксплуатации и иметь достаточный запас энергии для питания потребителей в случае выхода из строя генераторной установки и для других нужд, возникающих в аварийных ситуациях.

1.3 Генераторная установка

Приводящийся в движение через ременную передачу двигателем внутреннего сгорания генератор переменного тока вместе с выпрямителем образуют источник электроэнергии в системе электроснабжения, представлено на рисунке 3. За преобразование переменного тока в постоянный отвечает выпрямитель это специальный блок генератора переменного тока. Так как выпрямителем являются полупроводниковые диоды, которые выпрямляют переменный ток то в связи с этим генератор называют вентильным. Снизилась трудоемкость обслуживания в эксплуатации, а также расширился диапазон рабочих частот вала генератора значительно повысилась надежность и удельная мощность генератора, упрощена его конструкция по сравнению с генератором постоянного тока с механическим выпрямителем-коллектором все эти положительные качества были получены с помощью полупроводниковых выпрямителей.

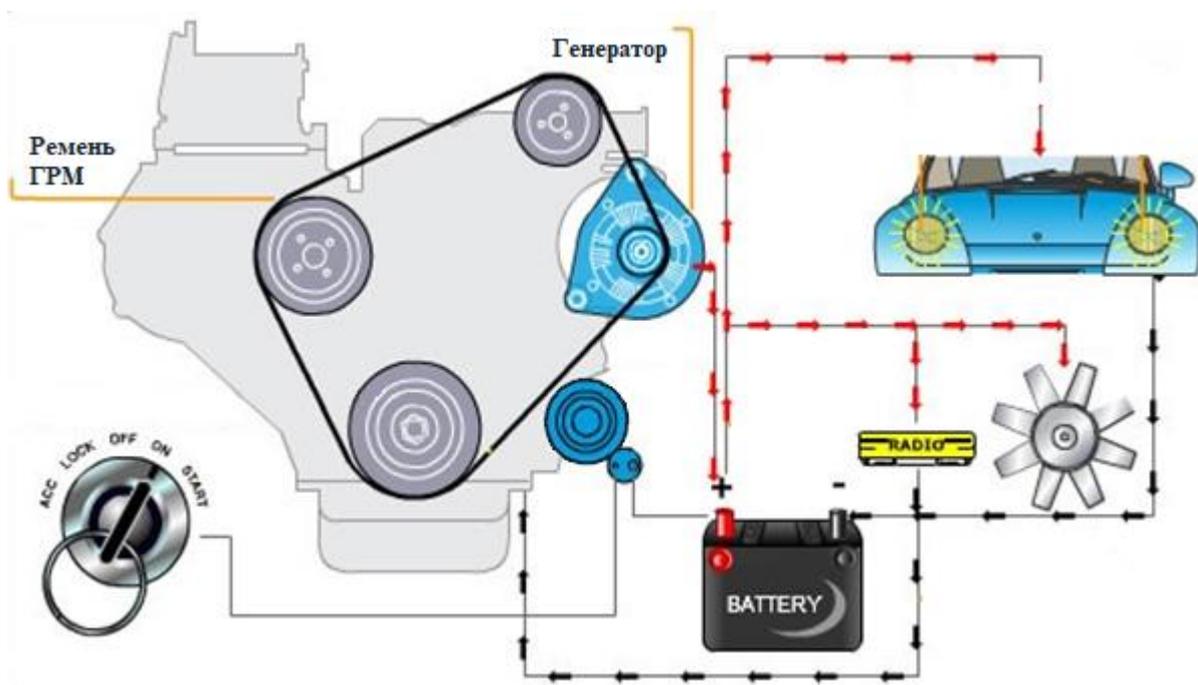


Рисунок 3 – Работа генераторной установки с двигателем

Генератор переменного тока и регулятор напряжения, потерпевшие большое количество изменений в процессе развития, образуют генераторную установку, представлено на рисунке 4. Вентильные генераторы работающие с регуляторами напряжения транзисторными или тиристорными вытеснили работающие совместно с регуляторами вибрационного реле коллекторных генераторов. В настоящее время большое количество генераторов включают в себя встроенные: регулятор напряжения и силовой выпрямитель, а в некоторых случаях и дополнительный для питания обмотки возбуждения. Соответственно схемы генераторных установок усложнились. Благодаря этому у генераторных установок теперь есть элементы защиты от возможных аварийных режимов.

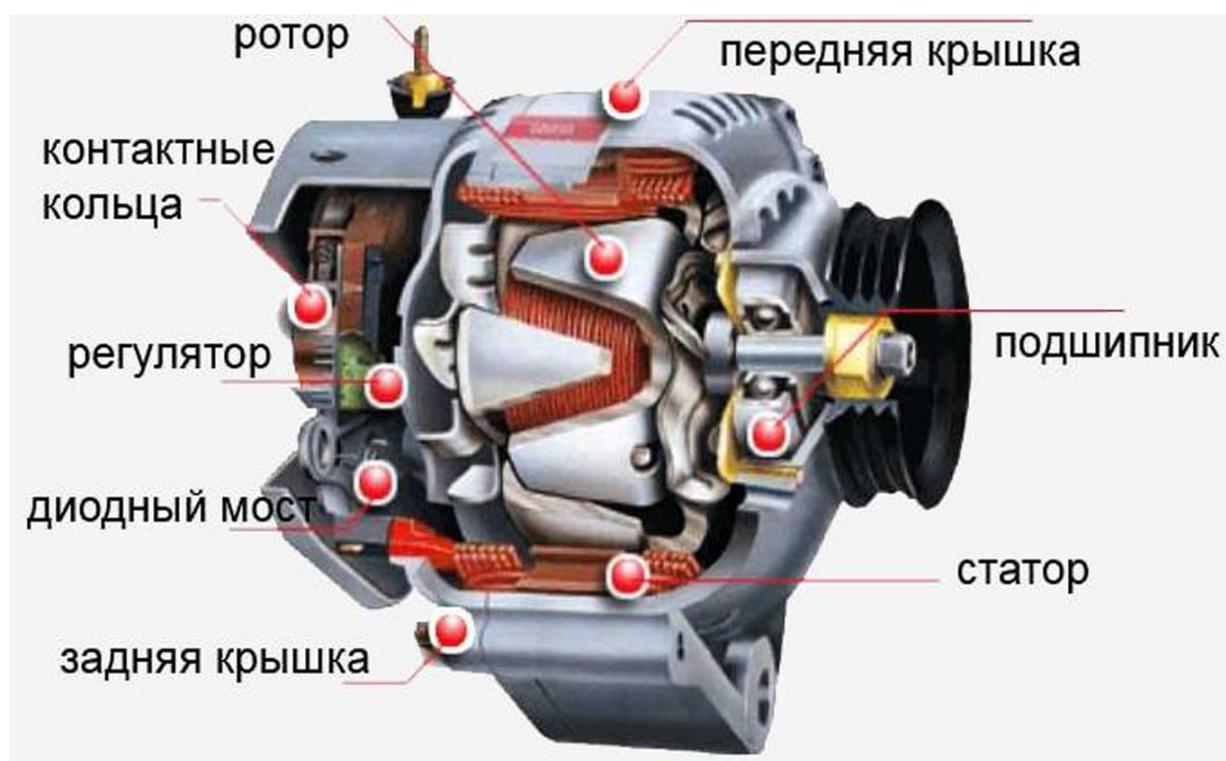


Рисунок 4 – Генераторная установка

Трудоемкость монтажа в автомобиле, трудоемкость обслуживания, вероятность возникновения короткого замыкания бортовой сети автомобиля и ошибки монтажа, а также расход монтажных проводов снижаются если генератор имеет встроенный регулятор напряжения.

Являясь высоко надежным устройством, генераторная установка имеет возможность выдерживать большие вибрации двигателя внутреннего сгорания, большую температуру подкапотного пространства, а также имеет большое сопротивление влажной среде, грязи и другим внешним факторам. Несмотря, где разработаны и выпущены автомобильные генераторные установки их принцип работы и принципиальная конструкция устройства не имеет различий.

При любых режимах движения транспортного средства генераторная установка обязана выдавать выходные параметры чтобы у аккумуляторной батареи не было прогрессивного разряда. При широком диапазоне изменений частоты вращения и нагрузок генераторной установки напряжение в бортовой сети должно быть стабильным. Так как аккумуляторная батарея крайне чувствительна к степени стабильности напряжения последнее требования очень важно. Затруднения при пуске двигателя вызваны недозарядом аккумуляторной батареей из-за низкого напряжения, а ускоренный выход аккумуляторной батареи из строя происходит в случае перезаряда батареи из-за высокого напряжения. Лампы освещения и сигнализация автомобиля чувствительны к напряжению.

«При различных условиях эксплуатации транспортного средства электроснабжение электропотребителей должно быть надежным это главное требование к системе электроснабжения автомобиля. Общие требования предъявленные к автомобильному электрооборудованию должны исполнены на всех элементах системы питания.» [32]

«Установив мощность генераторной установки, можно охарактеризовать систему генерирования электрической энергии. Мощность генераторов сильно увеличилась.» [10]

«Значительно увеличилась мощность генераторных установок. До конца 70-х годов XX века в автомобилях среднего класса преобладали генераторные установки мощностью около 500 Вт. К началу 90-х эта мощность увеличилась

до 800–900 Вт. На автомобилях высшего класса мощность генератора увеличилась еще на 300–400 Вт, так как добавились новые устройства повышенной комфортности в салоне, к примеру. кондиционер.» [5]

«На автомобилях среднего класса и грузовиках преобладают генераторные установки, рассчитанные на максимальный ток 50-70 А, а на автомобилях высокого класса - до 90-100 А, то есть максимальная мощность, отдаваемая потребителям, достигает 1,4- 1, 5 кВт. На этих мощностях становится важным обеспечить высокий КПД генераторной установки. Мощность, отбираемая генераторной установкой от двигателя автомобиля при максимальной частоте вращения коленчатого вала, близка к 4,5 кВт. В этом случае расход топлива на привод генератора может достигать 6% от общего расхода, а 75% этого расхода топлива теряется на нагрев компонентов генераторной установки.» [11]

«Мощность генераторной установки, которая установлена, увеличивается из-за того, что увеличилась мощность и количество потребителей электрической энергии, а также увеличились функции, которые используют электрическую энергии для функционирования.» [6]

«Если система электроснабжения надежно функционирует, то и безопасность автомобиля так же надежно так как оно зависит от системы электроснабжения. Требуется, чтобы требуемые показатели эффективности поддерживались в заданных пределах, а также в определенных режимах и условиях эксплуатации выполнялись системой электроснабжения автомобиля в течение необходимого периода времени.» [9]

«К параметрам, характеризующим генераторную установку, также относятся номинальное напряжение генератора, уровень и диапазон изменения регулируемого напряжения, качество электроэнергии, диапазон скоростей и передаточное число привода генератора.» [4]

«Возврат электрической энергии генератором даже при минимальной частоте вращения ротора, соответствующей минимальной частоте вращения коленчатого вала двигателя в режиме холостого хода, может быть обеспечен

за счет увеличения передаточного числа ременной передачи привода генератора. Однако при передаточном числе более трех единиц срок службы ремней уменьшается, механические нагрузки на вращающиеся узлы и детали генератора, а также на подшипники возрастают.» [30]

«Выход электроэнергии генератора зависит от дорожных условий, движения транспортных средств, времени суток и года. В черте города скорость автомобиля ограничена условиями движения и значительно ниже, чем при движении автомобиля по загородной трассе.» [13]

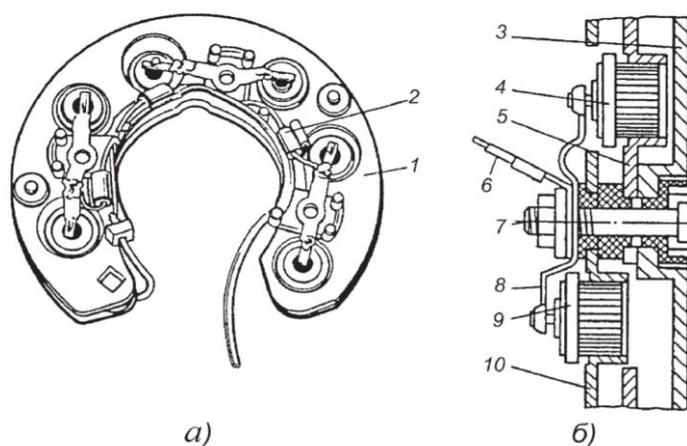
«Наиболее нагружен генератор при работе в ночное время в зимний период эксплуатации, когда включены обогреватель, стеклопакеты, приборы освещения и световая сигнализация. Потребление тока в этом случае составляет 55–80% от максимальной силы тока отдачи генератора. При движении автомобиля днем в теплое время года токовая нагрузка генератора минимальна и не превышает 10–20% от максимальной.» [28]

«Электроагрегаты автомобилей имеют номинальное напряжение 14 и 28 В. Напряжение 28 В характерно для автомобилей с дизельными двигателями. Для грузовых автомобилей с дизельными двигателями система питания может обеспечивать два уровня напряжения: 14 В - непосредственно на генераторе для питания основных потребителей; 28 В - на выходе трансформаторно-выпрямительного блока для подзарядки аккумуляторной батареи, используемой при запуске двигателя.» [16]

1.3.1 Выпрямительные блоки

«В современных генераторах выпрямители устанавливаются в виде блоков, подключенных к обмотке статора генератора. Общим для всех выпрямительных блоков является то, что они собраны по мостовой схеме. На бытовых генераторах используются блоки двух типов - БПВ и ВБГ. Блоки ВБГ можно встретить только на генераторах устаревших конструкций. Блоки БПВ представляют собой две алюминиевые пластины-радиаторы, соединенные между собой в монолитную конструкцию через изолирующие втулки заклепками. Один радиатор подключен к массе генератора, другой изолирован от нее и

подключен к клемме генератора. Выпрямительный блок БПВ 1160 представлен на рисунке 5. Общим для всех агрегатов БПВ является то, что элементы выпрямителя мощности в них представляют собой диоды прямой и обратной полярности, корпуса которых выполнены с возможностью вдавливания в радиаторы. Конструкции таких диодов одинаковы, но не взаимозаменяемы, так как диод прямой полярности (D10420) имеет на корпусе катод, а диод обратной полярности (D10420X) - анод.» [17]



а – внешний вид; б – устройство; 1 – силовой выпрямитель; 2 – дополнительный выпрямитель цепи обмотки возбуждения; 3 – крышка генератора; 4 – диоды обратной полярности Д104-20Х; 5, 10 – теплоотводы, не изолированный и изолированный от массы, соответственно; 6 – вывод обмотки статора генератора; 7 – болт крепления выпрямительного блока; 8 – монтажная шина; 9 – диод прямой полярности Д104-20

Рисунок 5 – Выпрямительный блок БПВ 11–60

«Максимально допустимый прямой ток через диод - 20 А. Падение напряжения на диоде, подключенном в прямом направлении при токе 20 А, не должно превышать 1,4 В. Максимальное обратное напряжение - 150 В, обратный ток - максимальное обратное. напряжение должно быть не более 5 мА. В генераторах большой мощности используются блоки с 12 диодами, включенными параллельно попарно. Блок БПВ 63100Т2 пятифазного генератора 955.3701 содержит десять мощных и пять маломощных диодов. Дополнительные выпрямители обмоток возбуждения в блоках БПВ 1160 и БПВ 62100Т2

созданы на основе диодов КД223А, которые имеют пластиковый цилиндрический корпус диаметром 6,2 мм и длиной 9,65 мм и жилы диаметром 1,2 мм. Диоды помещены в пластиковую колодку, обрамляющую блочную конструкцию. Некоторые типы агрегатов не имеют дополнительного выпрямителя. Ток, протекающий через единственный диод в трехфазной мостовой схеме, равен току выпрямителя, деленному на количество фаз. Поэтому в блоках генераторов БПВ 8100, БПВ 62100Т2, сила тока которых превышает 60 А, необходимо использовать 12 диодов, соединенных параллельно попарно. Исключение составляет блок БПВ 3465 генератора 16.3701, в котором для обеспечения повышенного тока 65 А установлены диоды, рассчитанные на большую допустимую силу тока. В генераторах с блоками питания крайне опасно короткое замыкание изолированного от земли блока теплоотвода на крышку из-за случайного попадания в генератор металлических предметов. Такое короткое замыкание создает опасность для всей электросистемы автомобиля, так как внутри генератора происходит короткое замыкание аккумулятора.» [1]

1.3.2 Регулятор напряжения

«Генераторная установка не только разгружает аккумуляторную батарею, беря на себя часть нагрузки, но и поддерживает саму аккумуляторную батарею в рабочем состоянии, осуществляя ее подзаряд. Эти функции требуют автоматического управления, которое осуществляет реле-регулятор напряжения бортовой сети.» [12]

«При выборе генератора приходится учитывать противоречивые требования: с одной стороны, - положительный баланс электроэнергии, с другой - минимальные потери энергии и минимальную стоимость генератора. Совершенствование регулятора напряжения способствует оптимизации работы и батареи, и генератора.» [18]

«Развитие генераторных установок предполагает создание генераторов, выпрямителей и регуляторов в одном, общем корпусе. В настоящее время широкое распространение получили интегральные регуляторы напряжения. Ре-

зисторы и некоторые соединения выполнены на керамической подложке. Силовой транзистор при этом бескорпусный и расположен на металлическом основании, обеспечивающем хороший отвод тепла. На том же основании закреплены другие полупроводниковые приборы. Все детали и приборы регулятора заливаются специальным герметиком, закрываются пластмассовой крышкой и размещаются на генераторе.» [19]

«Принимаются меры для защиты различных электрических цепей автомобиля, например, регулятор напряжения имеет схемную защиту от коротких замыканий в обмотке возбуждения генератора. Основным недостатком реальных регуляторов состоит в следующем. Погрешность их срабатывания составляет десятые доли вольта - 2,3–2,4В на аккумулятор, как отмечалось выше, что вступает в явное противоречие с задачами продления срока службы батарей (рисунок 6) и обеспечения холодного пуска двигателя, который желательно проводить при 100% заряженной батарее. Так что точность настройки регуляторов напряжения должна быть повышена.» [7]

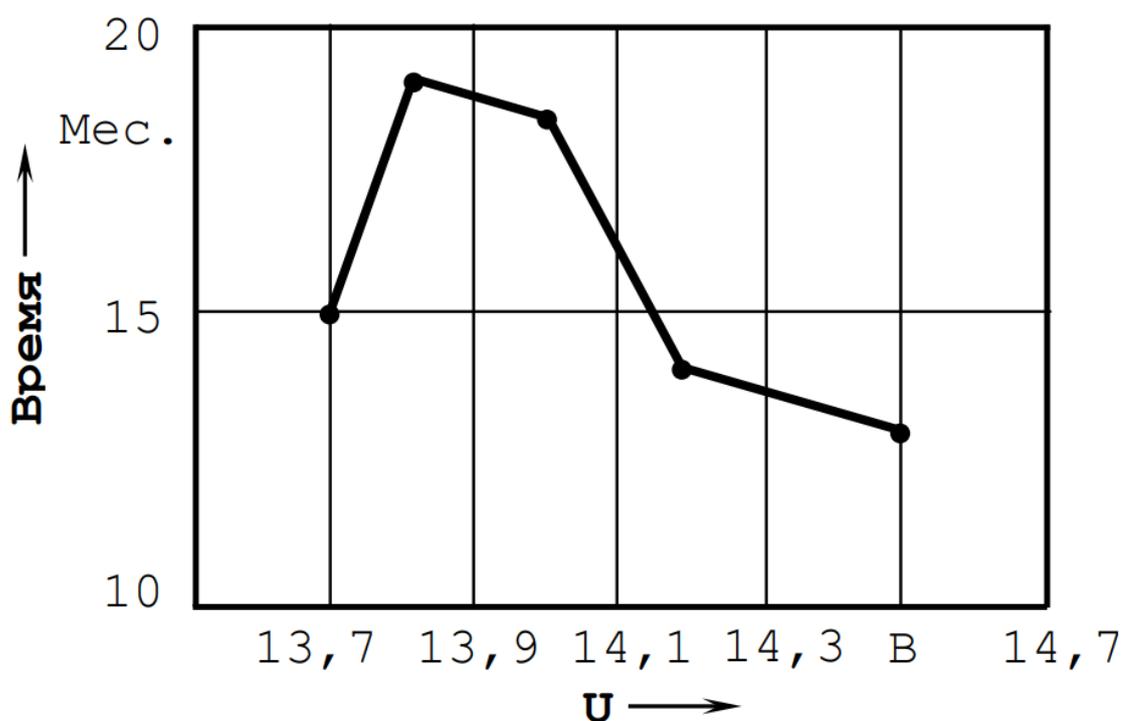


Рисунок 6 – Зависимость срока службы батарей от уровня регулируемого напряжения генераторной установки на автомобиле

«Другое важное обстоятельство связано с влиянием температуры, при которой работает аккумуляторная батарея. Простой расчет показывает, что у батареи, содержащей 6 аккумуляторов, при изменении температуры в подкапотном пространстве от -400 C до 800 C при температурном коэффициенте напряжения $\sim 2 \cdot 10^{-4} \cdot \text{В/К}$ возможное изменение ЭДС полностью заряженной батареи составляет $\sim 0,15\text{ В}$. Очевидно, что регулятор напряжения должен его отслеживать.» [10]

1.4 Управление системой

1.4.1 Микропроцессорные системы автомобиля

«Победное шествие микроэлектроники не обошло стороной и автомобилестроение. В современном автомобиле микропроцессоры управляют двигателем, тормозами, движением на поворотах, надувают подушки безопасности при авариях, следят за положением сидений и зеркал заднего вида, защищают автомобиль от угона и т. п.» [8]

«В работе отдельных систем автомобиля используются различные виды датчиков и исполнительных механизмов. Необходимое количество датчиков определяется функциями и принципами работы каждой системы. Электронные компоненты, обеспечивающие мониторинг и управление отдельными системами автомобиля, объединяются схемотехнические в локальные подсистемы. Структурно, независимо от функции системы, каждая подсистема состоит из специализированного микропроцессора МП, группы соответствующих датчиков параметров Д1-Д4, устройств преобразования и согласования сигналов датчиков с параметрами микропроцессора ППУ, выходных исполнительных устройств ОП для управления узлом с соответствующими усиливающими устройствами ВПП, средствами индикации 31 (рисунок 7).» [3]

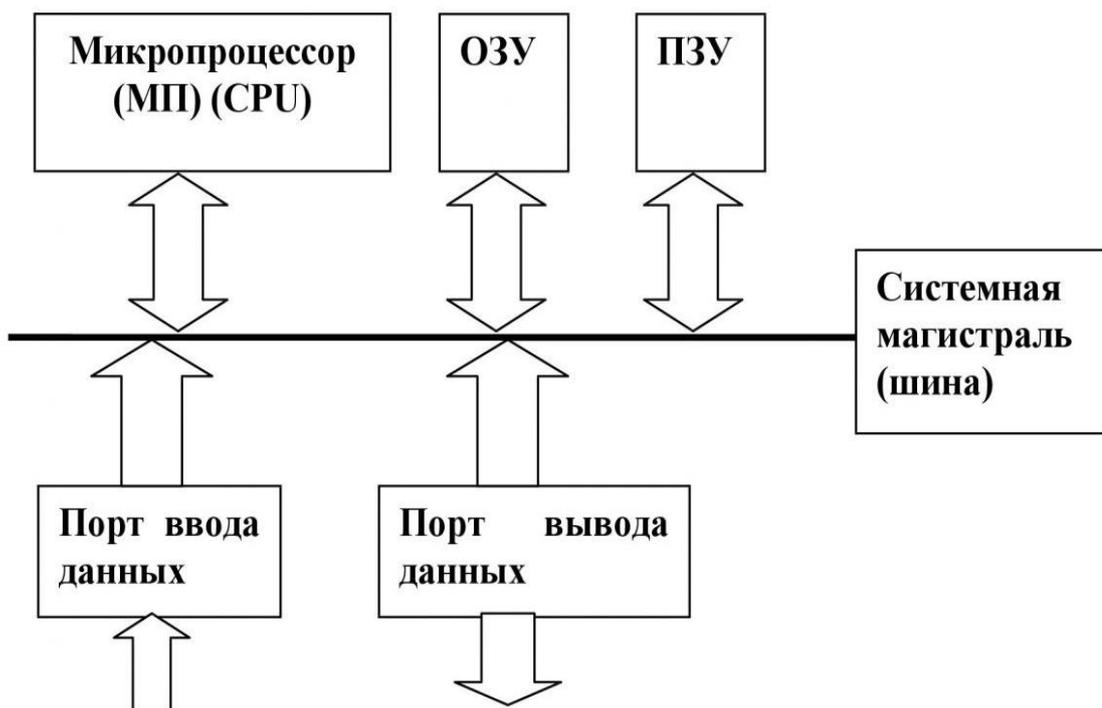


Рисунок 7 – микропроцессорная схема управления в автомобиле

Поскольку управления подсистемой обеспечивает процессор, то соответственно и всю подсистему называют микропроцессорной системой (МПС) определенной подсистемы. Каждая подсистема осуществляет управление исполнительными устройствами по программе, заложенной в постоянной памяти процессора, с учетом информации от датчиков.» [3]

1.4.2 КСУД

Управляющим устройством в системе управления двигателем 21129 (VESTA) является контроллер М86 системы управления двигателем (КСУД), показано на рисунке 8.

«Контроллер управляет исполнительными механизмами, такими как топливные форсунки, дроссельный патрубок с электроприводом, катушка зажигания, нагреватель датчика кислорода, клапан продувки адсорбера и различными реле, а также системой электроснабжения автомобиля.» [27]

«КСУД выполняет функцию иммобилизации, обмениваясь кодами с ЦБКЭ (контроллером ВСМ).» [2]



Рисунок 8 – Контроллер системы управления двигателем

«Если в результате обмена определяется, что коды не корректны, то блокировка запуска двигателя в КСУД не снимается.» [14]

«Контроллер выполняет также функцию диагностики системы. Он определяет наличие неисправностей элементов системы, включает сигнализатор и сохраняет в своей памяти коды, обозначающие характер неисправности и помогающие механику осуществить ремонт.» [31]

1.4.2.1 Память контроллера

«Контроллер имеет три типа памяти: программируемое постоянное запоминающее устройство (ПЗУ), оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) и электрически репрограммируемое запоминающее устройство (ЭРПЗУ).» [20]

Память контроллера является энергонезависимой, т. е. ее содержимое сохраняется при отключении питания.

«В ПЗУ хранится программа управления, которая содержит последовательность рабочих команд и калибровочную информацию.» [24]

«Калибровочная информация представляет собой данные управления впрыском, зажиганием, холостым ходом и т. п., которые в свою очередь зависят от массы автомобиля, типа и мощности двигателя, от передаточных отношений трансмиссии и других факторов.» [29]

«Оперативное запоминающее устройство используется микропроцессором для временного хранения измеряемых параметров, результатов вычислений, кодов неисправностей.» [15]

«Микропроцессор может по мере необходимости вносить в ОЗУ данные или считывать их.» [21]

«Электрически репрограммируемое запоминающее устройство (ЭРПЗУ) используется для хранения идентификаторов контроллера, двигателя и автомобиля, а также кодов-паролей иммобилизатора.» [22]

«Коды-пароли, принимаемые контроллером ЭСУД от ЦБКЭ, сравниваются с хранимыми в ЭРПЗУ и меняются микропроцессором по определенному закону.» [23]

«Для предотвращения повреждений контроллера при отсоединении провода от клеммы "минус" аккумуляторной батареи или жгута проводов от контроллера зажигание должно быть выключено.» [25]

«В случае неисправности контроллера для замены необходимо использовать "чистый" (необученный) контроллер.» [26]

1.4.3 Обмен данными в микропроцессорной системе управления

«В современном автомобиле электроника выполняет множество функций. Их можно условно разделить на две части: первая — это обеспечение надёжного функционирования основных узлов автомобиля (например, электронное управление двигателем) и обеспечение безопасности (АБС, подушки безопасности и так далее). Ко второй части можно отнести различные электронные системы управления, обеспечивающие комфорт и развлечения пассажиров. В первом случае нужен высоконадёжный, достаточно скоростной канал связи, во втором - простой и дешёвый. Кроме того, оба эти протокола должны быть стандартными, что упростит производителям автомобильной

электроники создание унифицированных модулей, пригодных для использования в автомобилях разных производителей. В качестве первого де-факто выступает скоростной промышленный высоконадёжный протокол CAN. Он спроектирован таким образом, чтобы обеспечить надёжную передачу данных от одного узла другому при любых обстоятельствах. Для низкоскоростной электроники до недавнего времени никаких стандартов не было, и каждый производитель был вынужден придумывать свои собственные системы. И вот совсем недавно был утверждён стандарт LIN.» [27]

1.4.3.1 CAN шина

CAN-шина — это интерфейс, или система цифровой связи управления электрическими устройствами транспортного средства. Главной целью использования сети контроллеров является сбор, анализ и контроль данных, полученных со всех устройств, установленных на автомобиле. CAN-шина была изобретена в 80х годах прошлого столетия известной немецкой компанией Robert Bosch GmbH. Использование CAN-шины — одно из лучших решений для современного бизнеса, деятельность которого тесно взаимосвязана с использованием коммерческого транспорта: грузовых автомобилей, автобусов, сельскохозяйственной техники и т.д. С помощью единой системы управления электрическими устройствами транспортного средства можно полноценно контролировать его состояние и оперативно предпринимать все необходимые меры по устранению выявленных неполадок. Дополнительным преимуществом технологии можно назвать подключение к CAN-шине бортовые ГЛОНАСС/GPS контроллеров и датчиков уровня топлива. GPS-мониторинг транспорта с применением CAN-шины — это эффективный метод получения всех параметров эксплуатации автомобиля.

Чтобы понять, как работает CAN-шина, можно представить эту технологию в виде единой сети, объединяющей датчики и прочие исполнительные элементы конкретного автомобиля. Сама шина представлена витой парой, имеющей 2 отдельные линии — CAN-high, CAN-low. По шине от одного к другому блоку бортового компьютера передаются данные со скоростью 1

Мбит в секунду. Напряжение к каждому элементу передается от бортовой сети. Однако от стандартной электропроводки шина отличается тем, что она соединяет элементы параллельно. Это значительно упрощает прокладку проводки и позволяет обойтись меньшим количеством проводов. За счет этого единая система мониторинга показателей характеризуется высокой надежностью.

Контроллер фиксирует все ошибки и неисправности. Они обрабатываются, а узел, в котором были идентифицированы ошибки по умолчанию, отключается от общего соединения.

Если анализировать ключевые характеристики современных CAN-шин, можно выделить следующие:

- тип провода: витая пара проводов и шлейф считаются бюджетными вариантами, которые демонстрируют низкую скорость передачи данных. Что касается проводов из оптоволокна, они обеспечивают максимальную скорость передачи данных. К другим преимуществам варианта можно отнести высокую надежность и большой, если сравнивать с витой парой и шлейфом, срок эксплуатации;
- тип идентификатора: условно все CAN-шины по типу идентификатора можно разделить на CAN2 0A и CAN2 0B. Маркировку CAN2 0A имеют шины, функционирующие в формате 11 бит. Однако такая система не может выявить ошибки на сигналы от модулей, которые работают с 29 бит. CAN2 0B, в отличие от предыдущего варианта, все данные о выявленных ошибках могут передаваться на микропроцессорные устройства при обнаружении идентификатора на 29 бит;

Вид шины также является важной характеристикой, в соответствии с которой интерфейсы классифицируются следующим образом:

- комфорт: цифровой интерфейс предназначен для соединения всех устройств, в том числе и дополнительных, например, подогрева сидений, электрорегулировки зеркал и прочее;

- для силового агрегата: подключается к транспортному средству для обеспечения быстрой связи между управляющими системами по дополнительному каналу;
- информационно-командные интерфейсы: используются для обеспечения бесперебойной связи между узлами, которые задействованы в обслуживании транспортного средства.

1.4.3.1.1 Плюсы и минусы CAN-шин

У интерфейса есть свои преимущества, и недостатки. Плюсы CAN-шины:

- вы можете самостоятельно выбрать важные показатели и настроить их контроль;
- простая установка;
- быстрый обмен информацией;
- защита от несанкционированного доступа;
- возможные минусы CAN-шин;
- бывают ограничения объемов передаваемых данных;
- если используется протокол высшего уровня, возможно возникновение проблем, связанных с отсутствием стандартизации кодировки передаваемых данных.

1.4.3.2 LIN шина

«LIN – это сокращение от Local Interconnect Network (локальная коммутируемая сеть). Local Interconnect означает, что все блоки управления находятся в пределах одного ограниченного модуля (напр., крыши). Она может обозначаться ещё и как "локальная подсистема".» [4]

«Обмен данными между отдельными системами шин LIN одного автомобиля осуществляется через соответствующий блок управления по шине данных CAN. Говоря о шине LIN, речь идет об однопроводной шине. Фоновый цвет изоляции фиолетовый с цветной маркировкой. Площадь поперечного сечения провода составляет 0,35 мм². Экранирование не является необходимым.

Система позволяет осуществлять обмен данными между одним «мастер» блоком управления LIN и до 16 подчинённых (slave) блоков управления LIN.» [7]

«В основу LIN положена концепция "single-master/multi-slave", обеспечивающая дешёвое исполнение, основанное на обычных последовательных интерфейсах UART/SCI; как программная, так и аппаратная возможность реализации, самосинхронизирующаяся тактирующая система, работающая от RC-генератора и не требующая кварцевого резонатора для Slave-устройств; гарантированное время ожидания для передаваемого сигнала; дешёвое однопроводное исполнение и скорость до 20 Кбит/с. Возможен перевод шины в режим микропотребления "Sleep", когда она выключается с целью уменьшения потребляемого тока, но любой узел на шине при необходимости может включить её вновь. Основное отличие протокола LIN от шины CAN заключается в низкой стоимости за счёт пониженной эффективности. Структура шины представляет собой нечто среднее между I2C и RS232. Шина подтягивается вверх к источнику питания через резистор в каждом узле и вниз через открытый коллекторный переход приёмопередатчика, как в I2C. Но вместо стробирующей линии, каждый передаваемый байт обрамляется стартовым и стоповым битами и передаётся асинхронно, как в RS-232.» [7]

Критический анализ системы электроснабжения автомобиля показал, что система электроснабжения автомобиля — это сложная система, управляющаяся при помощи контроллера КСУД, который получает показания датчиков входящие в систему электроснабжения и не только, анализирует показания и отправляет сигналы управления, а также оповещает водителя о неисправностях в автомобиле. Общение между контроллером, датчиками и элементами управления происходят при помощи CAN и LIN шин. Главные элементы системы — это аккумуляторная батарея и генераторная установка.

В процессе эксплуатации аккумуляторные батареи требуют технического обслуживания: контроля степени заряженности, заряда, контрольно-тренировочного цикла, доливки воды и очистки. По трудоемкости технического

обслуживания аккумуляторные батареи занимают первое место среди приборов электрооборудования. Готовность аккумуляторной батареи к пуску двигателя и срок ее службы в значительной мере определяются точностью регулирования степени ее заряда. Погрешность настройки порядка десятых долей вольта существующих регуляторов напряжения не обеспечивает максимального срока службы аккумуляторной батареи и готовности ее к пуску. Очевидна необходимость применения адаптивной системы электроснабжения, которую следует использовать для улучшения эксплуатационных характеристик батарей.

Для того, чтобы достигнуть поставленной цели нам нужно решить проблему с точностью измерений данных аккумуляторной батареи и разработать адаптивную систему управления генераторной установкой, которая будет поддерживать оптимальны заряд аккумуляторной батареи тем самым повышая ее эксплуатационных характеристики.

2 Стратегия управлением уровнем напряжения генератора на борту автомобиля с помощью датчика тока

Перед тем как разработать адаптивную систему управления генераторной установкой нам нужно решить проблему с точностью регулирования степени заряда на аккумуляторной батарее. Для того чтобы получать точные данные показания аккумуляторной батареи требуется внедрить датчик, который будет производить точные измерения показаний аккумуляторной батареи.

2.1 Анализ датчика тока

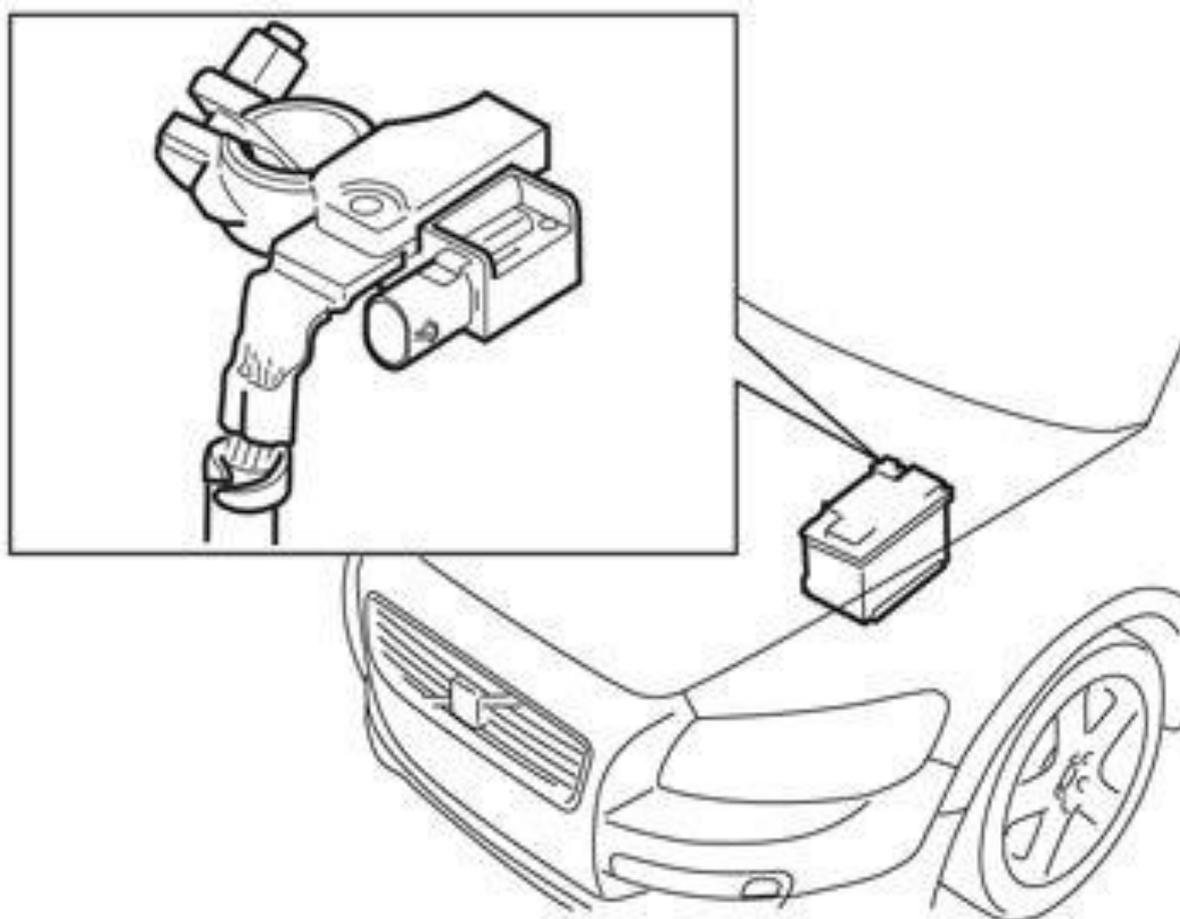


Рисунок 9 – Расположение датчика тока в автомобиле

Датчик контроля аккумулятора — это комплексная измерительная система для управления свинцово-кислотными аккумуляторами. Эти компоненты измеряют ток заряда или разряда, протекающий через батарею, напряжение на клеммах батареи, а также температуру батареи за счет теплопроводности между стойкой батареи и самим блоком IBS.

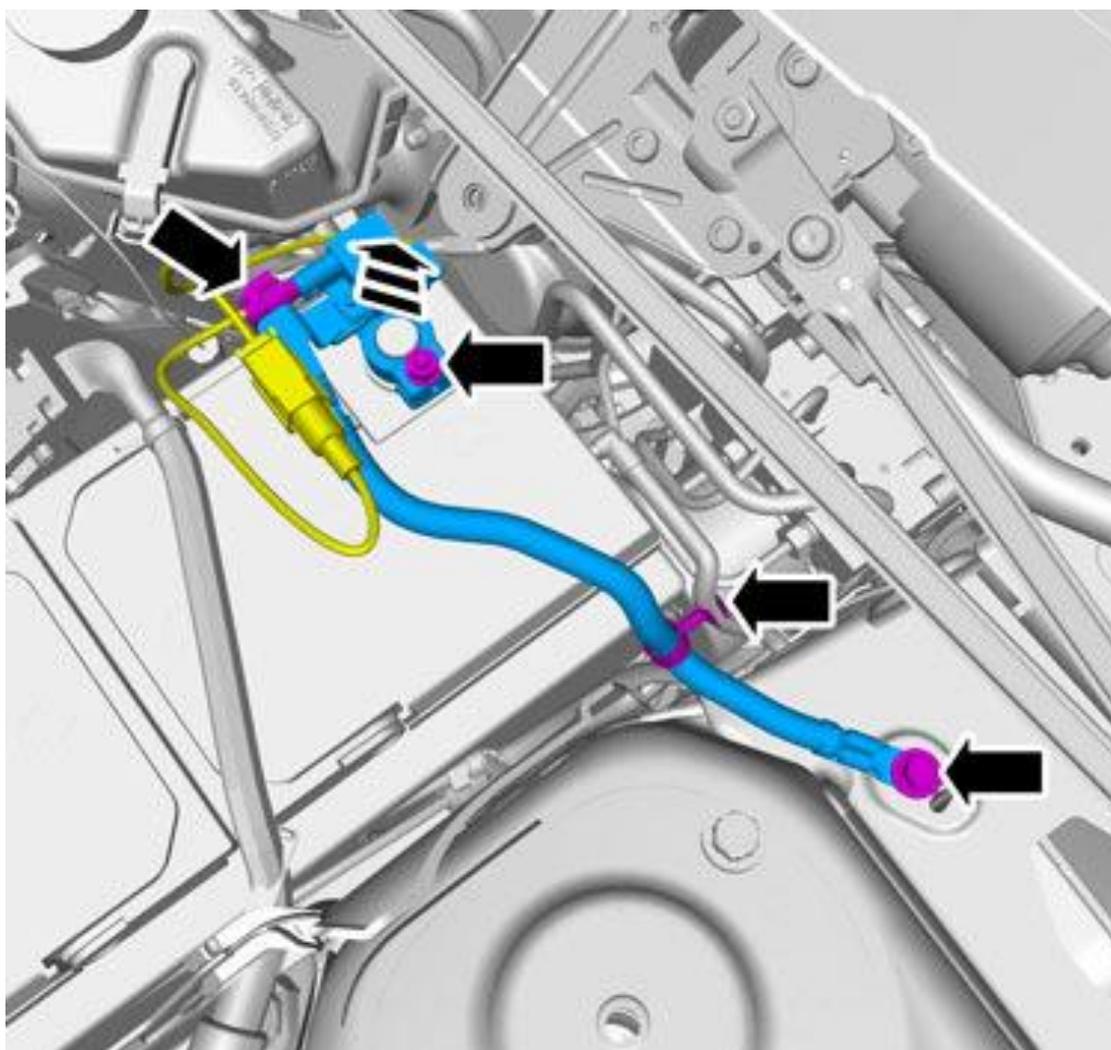


Рисунок 10 – Подключение датчика тока к АКБ

Все три измерения выполняются почти одновременно, чтобы обеспечить точность измерений даже во время быстро меняющихся условий. Датчик контроля аккумулятора коммуницирует через линию последовательной коммуникации (LIN) с центральным электронным модулем (КСУД) и установлен на отрицательном полюсе аккумулятора, представлено на рисунках 9–10.

2.1.1 Конструкция датчика тока

Датчик тока состоит внутри из:

- процессора с коммуникацией LIN,
- шунтирующего сопротивления для определения тока.

В основе датчика тока лежит шунт, специально разработанный для измерения токов аккумуляторной батареи. Прецизионная внутренняя электроника датчика тока должна быть достаточно прочной, чтобы работать в условиях под капотом современных транспортных средств и сохранять точность при измерении падения напряжения на шунте. Датчик тока и встроенная электроника должны обрабатывать все автомобильные пусковые токи 12 В, ограничивая при этом погрешность максимум 0,5 % (± 30 мА) во всем диапазоне измерения и температуры батареи.

2.1.2 Измерения датчика тока

Датчик непрерывно измеряет и рассчитывает:

- напряжение на аккумуляторной батарее;
- входящий и соответственно выходящий ток аккумуляторной батареей;
- температура отрицательного полюса аккумуляторной батареей. Для расчета верной емкости аккумуляторной батареей, а также для регулировки верного зарядного напряжения для расчета внутренней температуры аккумуляторной батареей;
- ток и напряжение, полученные во время запуска двигателя автомобиля на аккумуляторной батарее (во время работы стартера). Для определения способности аккумулятора поставлять высокий ток, например, при запуске двигателя, используется внутреннее сопротивление аккумуляторной батареей полученное благодаря расчету с использованием тока и напряжения;
- ток потока, который потребляет автомобиль;
- для расчета степени заряда аккумулятора, когда автомобиль находится в положении покоя (sleep mode). Измеряется напряжение покоя у аккумуляторной батареей.

2.1.3 Обмен данными между датчиком и КСУД

Контроллер системы управления двигателем (КСУД) получает всю эту информацию и рассчитывает, при каких условиях эксплуатации наиболее экономично заряжать аккумулятор и как необходимо регулировать генератор для оптимальной зарядки аккумулятора (рисунок 11). При торможении двигателем в основном аккумуляторная батарея больше всего заряжается.

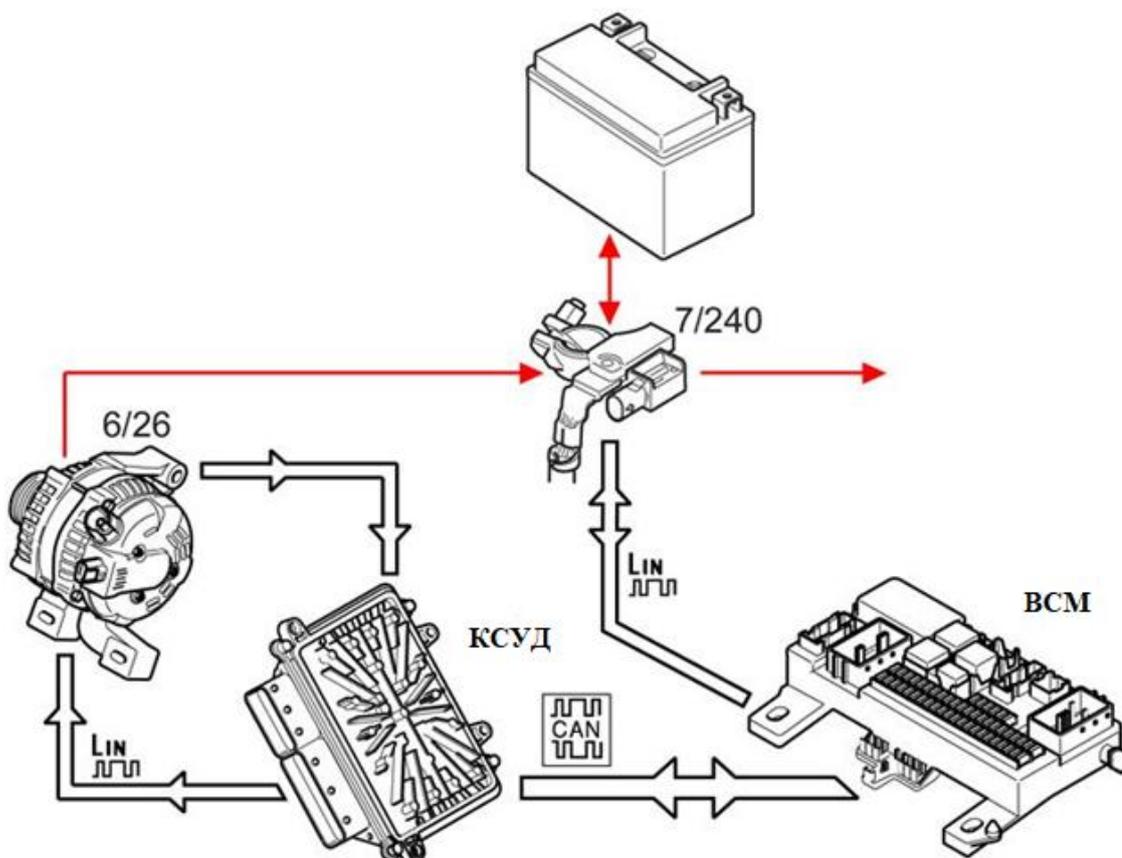


Рисунок 11 – Система управления генераторной установкой с помощью датчика тока

В систему управления генераторной установкой с датчиком тока входят:

- датчик тока;
- центральный электронный модуль (BCM) на основании сигналов от датчика тока рассчитывает режим зарядки аккумуляторной батареи;
- контроллер системы управления двигателем (КСУД), который рассчитывает эффективность двигателя (момент, необходимый для пере-

дачи усилия). КСУД направляет информацию о необходимом для зарядки напряжении от генератора на модуль управления генераторной установки;

— модуль управления генераторной установки (АСМ) с регулятором зарядки. Модуль управляется с помощью контроллера системы управления двигателем (КСУД);

— аккумуляторная батарея.

2.1.4 Преимущества в использовании датчика тока

Дополнительным преимуществом датчика тока, помимо способности измерения тока, является то, что датчик температуры аккумуляторной батареи и датчик напряжения находятся в одном устройстве. Так, например, предположим, что измерение напряжения датчика тока обеспечивает точность ± 50 мВ в диапазоне от 4 В до 18 В во всем диапазоне температур батареи, в то время как датчик температуры батареи имеет максимум погрешность 3°C на внешних границах всего диапазона. Температура АКБ при движении автомобиля может сильно отличаться от температуры регулятора напряжения (по которому сейчас происходит регулирование) и от температуры окружающего воздуха. Эта разница температур вызывает неоптимальный уровень напряжения для батареи и может приводить её к хроническому недозаряду и уменьшению срока её службы. Верхний температурный диапазон для свинцово-кислотных аккумуляторов обычно составляет 60°C , а практический нижний предел составляет не менее 0°C для движущегося транспортного средства. В пределах этих практических диапазонов температурная погрешность нашего примера датчика тока составляет не более 1°C (более подробная информация представлена на рисунке 12). Этого достаточно для установки предупреждений об отключении и определения предельных значений тока для батареи во всех рабочих условиях. Наличие всех этих датчиков в одном устройстве устраняет необходимость в дополнительных датчиках или других дорогостоящих системах для получения этой информации.

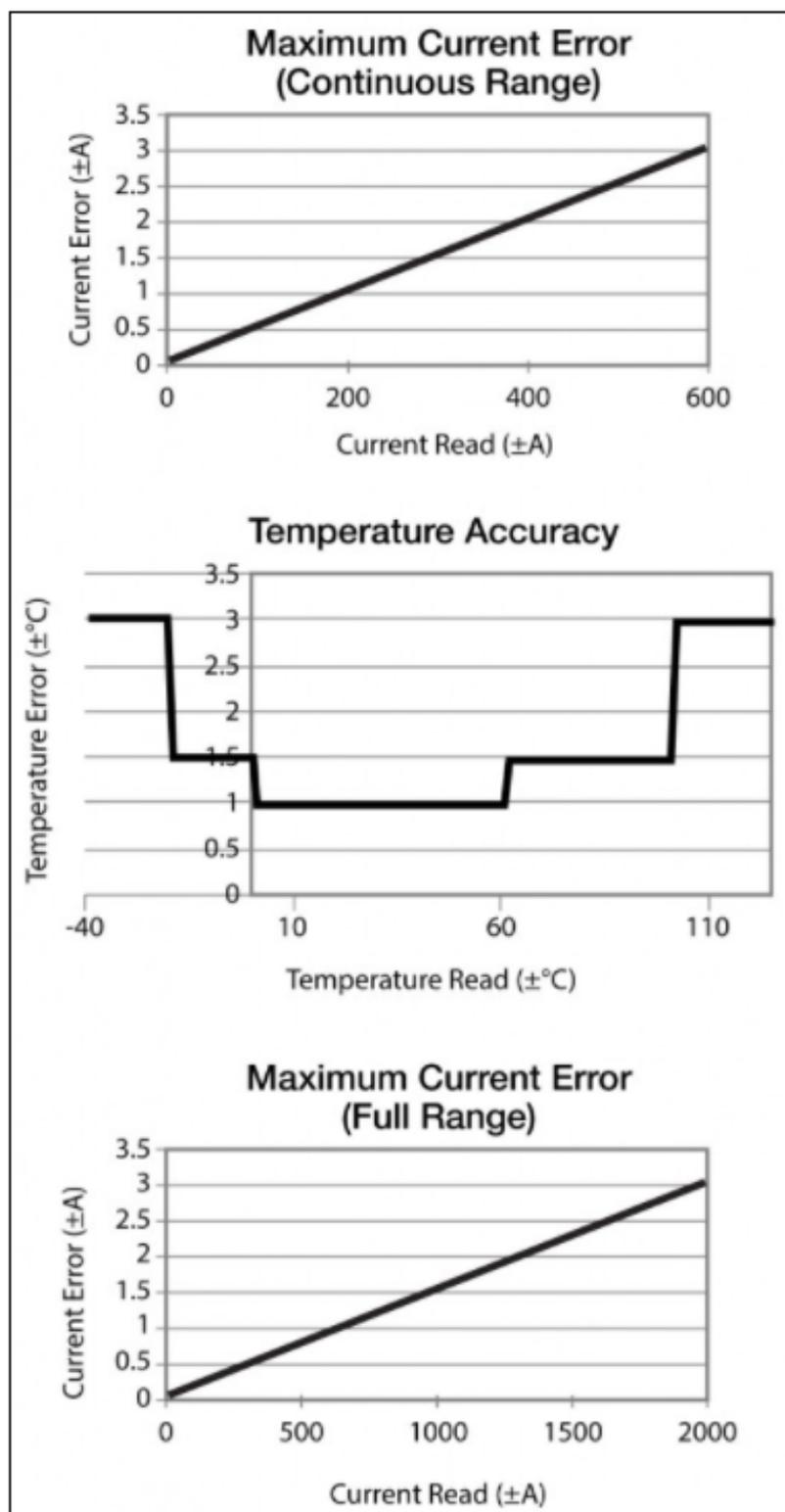


Рисунок 12 – Специфика датчика тока

Все три измеренных значения возвращаются в одном пакете данных по шине LIN, гарантируя, что датчик тока обеспечивает точные, скоррелированные измерения всех параметров батареи в реальном времени.

2.1.4.1 Защита стартера от режима «короткого замыкания»

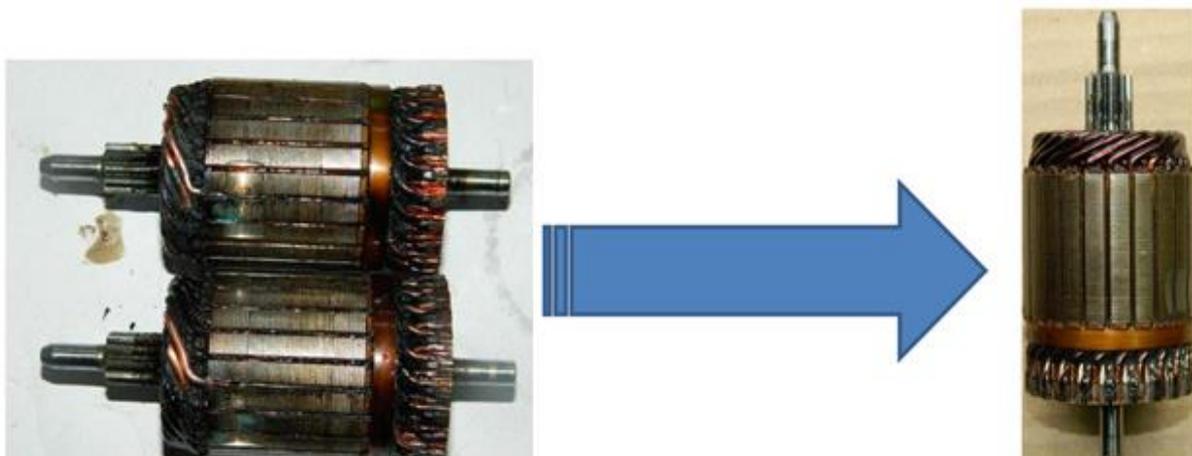


Рисунок 13 – Стартер после короткого замыкания

В случае чрезмерной нагрузки стартера или его внутреннего замыкания появится возможность отключать стартер при превышении предельных значений тока (например, 350 А). Эта функция позволит сохранить стартер и предотвратить возможные последствия короткого замыкания для автомобиля и сохранить стартер как показано на рисунке 13.

2.1.5 Недостатки использования датчика тока

Наиболее распространенная проблема — это попадание грязи, влаги или кислоты из аккумулятора в датчик и его повреждение или короткое замыкание. Например, в некоторых автомобилях BMW аккумулятор находится в боковом отсеке багажника, и утечка воды на аккумулятор может привести к повреждению датчика. BMW называет это интеллектуальным датчиком батареи или датчиком тока. Известно, что отказавший датчик тока вызывает множество электрических проблем, в том числе отсутствие запуска. Датчик тока является хрупким устройством и также может быть поврежден при обслуживании или снятии батареи.

2.1.6 Экономическая составляющая

Датчик тока стоит 9,15 €*. • Дополнительно требуется в жгут добавить пару проводов с колодкой для коммутации датчика тока.

2.1.7 Наблюдение в реальном времени

Тест вождения в реальных условиях города был проведен с использованием датчика тока, который был прикреплен к отрицательному выводу аккумуляторной батареи, как это было бы в любом автомобильном приложении для контроля аккумуляторной батареи. Таким же образом были проведены два отдельных теста. Выбранный маршрут проходил вокруг городских кварталов. Этот маршрут был выбран, чтобы приблизиться к стандартной утренней поездке на работу, не прерывая поток транспорта и не прерывая тест другими водителями. Первым из двух испытаний был тест с имитацией старт-стоп. Это было смоделировано с полной остановкой транспортного средства в заранее определенных местах (шесть остановок в тесте с 12 городскими кварталами) и отключением транспортного средства, как только все движение вперед прекратилось. Остановка была рассчитана по времени, и после 15-секундного интервала остановки двигатель включался и движение вперед возобновлялось. Второй тест был сделан, чтобы максимально точно имитировать первый, за одним исключением: автомобиль никогда не выключался. Продолжительность остановки была сохранена на том же 15-секундном периоде. Маршрут, максимальная скорость и ускорение контролировались, чтобы максимально точно отразить первый тест. Сравнение результатов этих тестов показывает, насколько система «стоп-старт» требует от аккумуляторной батареи большей нагрузки по сравнению со стандартной автомобильной системой, используемой сегодня в большинстве легковых и грузовых автомобилей. Результаты испытаний с остановкой и запуском также показывают эффективность датчика в качестве автомобильной сенсорной системы в настоящей автомобильной среде. Результаты обоих тестов вождения в реальных условиях показаны на рисунках 14 и 15.

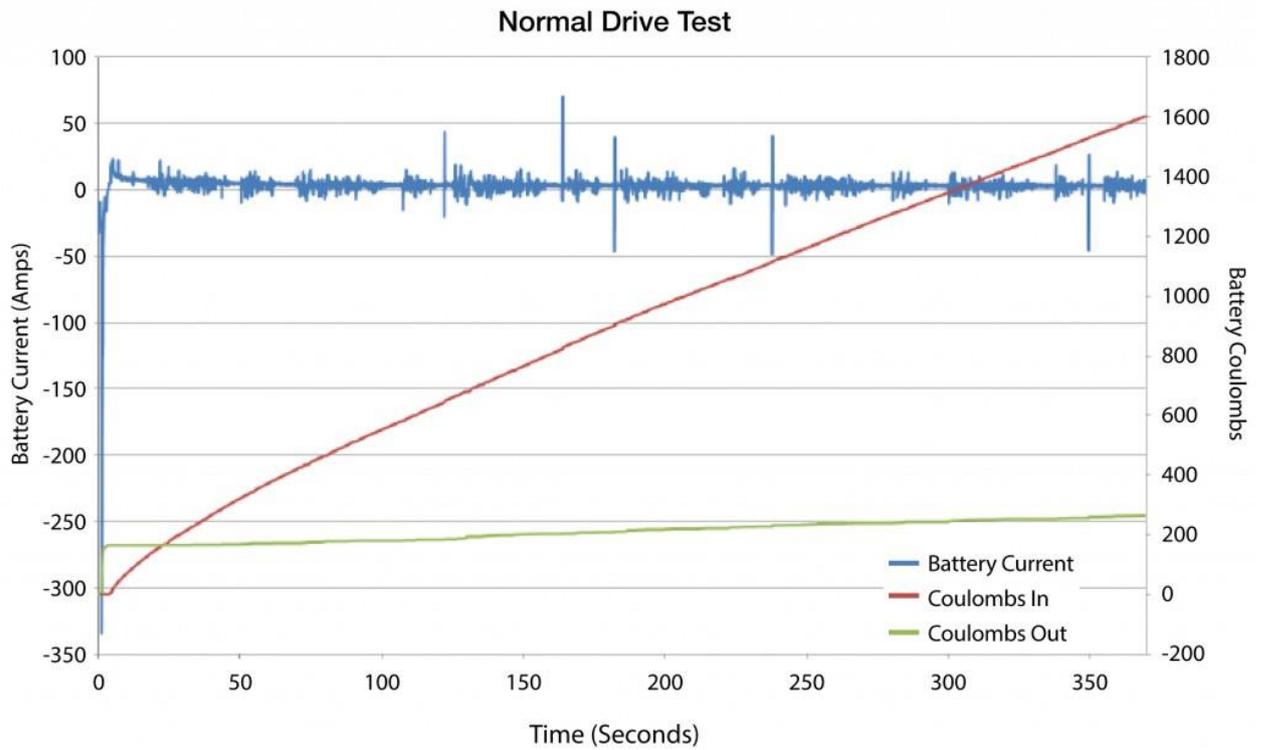


Рисунок 14 – Использование экзамена по вождению в реальных условиях с датчиком тока

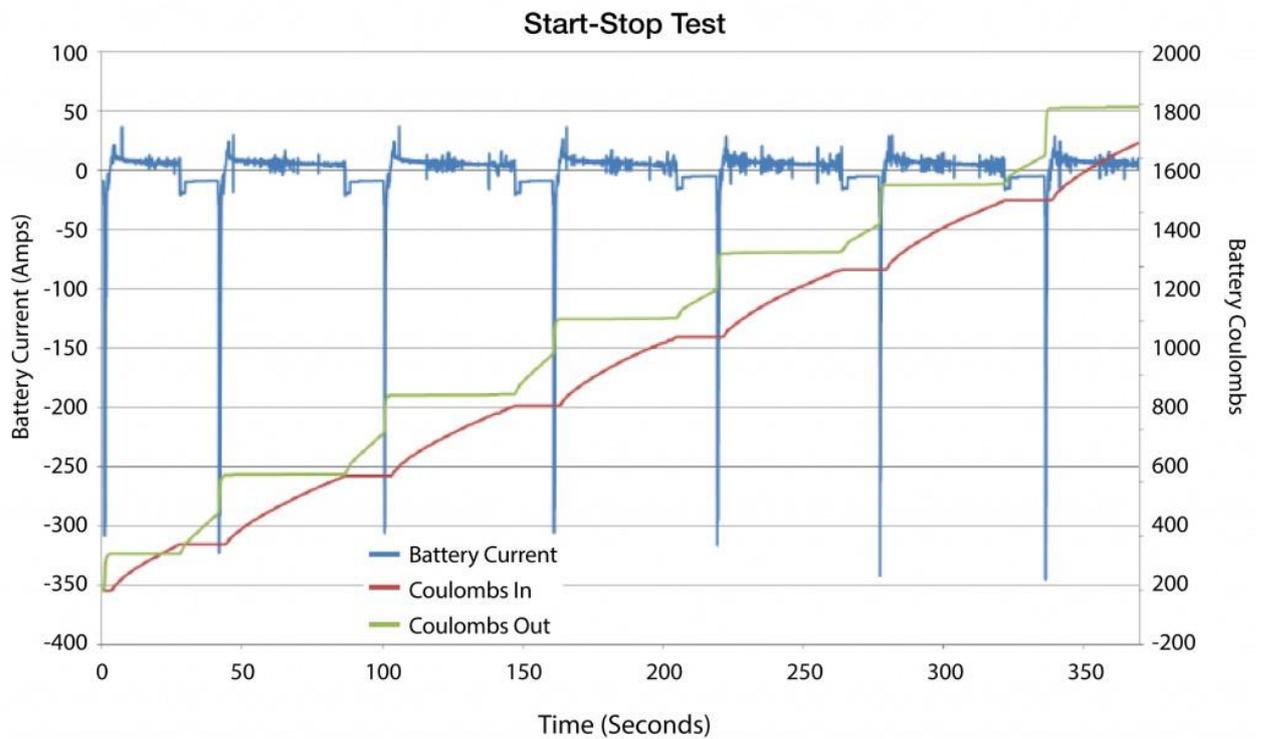


Рисунок 15 – Тестирование с остановкой и пуском в реальном мире с использованием датчика тока

Этот простой тест демонстрирует необходимость надежной и точной системы мониторинга аккумуляторной батареи. Каждый тест длился чуть более шести минут и имел шесть 15-секундных остановок. Повторные пуски в тесте «стоп-старт», связанные с этими шестью остановками, потребовали от аккумулятора на 1528 кулонов больше заряда, чем при обычном тесте на вождение. Тест стоп-старт закончился даже чистым снижением заряда батареи (135 Кл) по сравнению с началом теста. Показан начальный запуск стандартного теста вождения, но после последующей потери заряда к аккумулятору прикладывается чистый заряд, что объясняет неэффективность аккумулятора.

После тщательного анализа датчика тока было выяснено, что управление аккумуляторной батареей с помощью интеллектуального датчика тока имеет жизненно важное значение для успеха будущих автомобильных разработок.

За относительно не дорогую плату и простоту интегрирования в систему электроснабжения автомобиля с помощью подключения по шине LIN к контроллеру BSM, мы получаем огромный ряд преимуществ, такие как:

- высокая надежность запуска двигателя,
- увеличенный срок службы батареи,
- контроль уровня заряда АкБ,
- возможность регулировки уровня напряжения генератора в зависимости от температуры АкБ,
- возможность реализации функции защиты стартера от режима короткого замыкания,
- возможность увеличить срок гарантии на АкБ,
- увеличивается надежность запуска двигателя в холодное время года,
- предупреждение водителя о необходимости скорой замене АкБ.

Таким образом мы решаем проблему с точностью измерений показаний данных аккумуляторной батареи, которая позволит нам разработать адаптивную систему управления генераторной установкой

2.2 Анализ стратегии управления напряжением заряда АКБ фирмой Renault

При анализе датчика тока для аккумуляторной батареи было выяснено, что данный датчик позволяет решить поставленную нами проблему о точности измерений данных аккумуляторной батареи, что позволяет приступить к следующему этапу это анализу стратегии управлением зарядом аккумуляторной батареи фирмой Renault.

2.2.1 Определение «нормального уровня» заряда аккумулятора

Перед анализом адаптивной системы управления генераторной установкой нам требуется определить нормальный уровень заряда аккумуляторной батареи.

Степень заряженности аккумулятора, подразумевающую количество энергии, которое может выдавать аккумуляторная батарея на протяжении определённого времени. Именно поэтому замеряется заряд АКБ в Ампер-Часах. Для получения максимально грамотных показаний стоит проводить несколько замеров: без нагрузки или с ней.

Если он полностью заряжен, или на автомобиле не ездили более недели, напряжение не сильно упадет. В противном случае, если батарея машины разряжена - напряжение будет падать быстро

Что такое «нормальный уровень» заряда АКБ?

- начальный уровень заряда (Initial State of Charge);
- нормальный уровень заряда - выше 75%;
- для систем «Старт-стоп» – необходим уровень заряда выше 80% (для готовности к множественным запускам).

Мы имеем прямую зависимость степени заряда аккумуляторной батареи к ее напряжению (Рисунок 16). То есть чем ниже уровень заряда аккумуляторной батареи, тем меньше напряжение и наоборот.

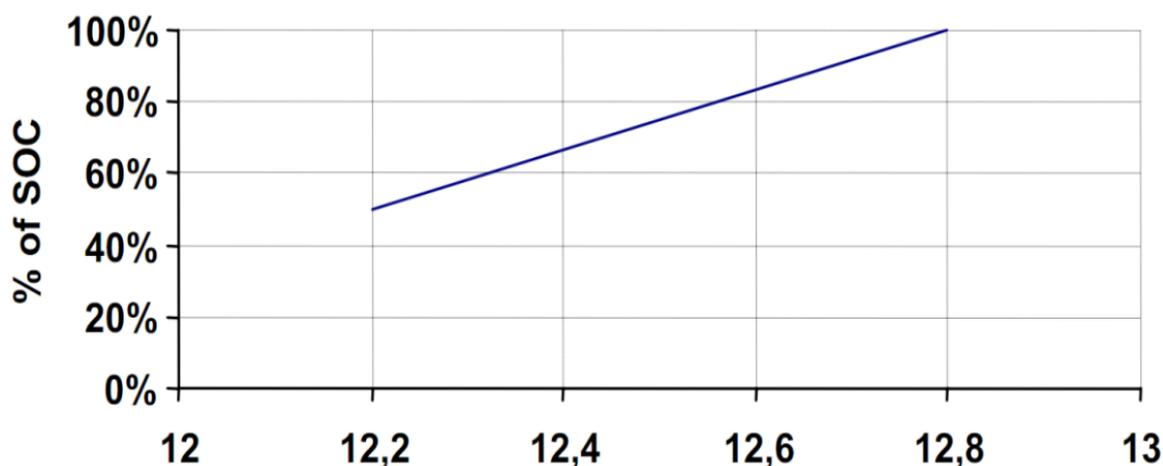


Рисунок 16 – График напряжения при различных уровнях заряда

От чего же зависит необходимый уровень напряжения заряда?

- от степени заряженности АкБ (SOC),
- от температуры АкБ.

Как изменяется плотность электролита при разряде аккумулятора.

Под плотностью следует понимать соотношение дистиллированной воды и серной кислоты (65% к 35% соответственно), являющееся максимально оптимальным для автомобильных источников электрического питания и обеспечивающее накопление заряда электричества. Чем ниже плотность электролита, тем ниже напряжение аккумулятора автомобиля и уровень его заряда. При увеличении плотности ухудшается работоспособность АКБ.

Определённая степень разряда батареи характеризуется активным поглощением серной кислоты и её оседанием на пластинах. Сульфация металлических элементов становится причиной увеличения их жёсткости и неспособности участвовать в химическом процессе. Так как серная кислота тратится, меняется соотношение компонентов — жидкость становится менее плотной, что сказывается на способности аккумулятора в машине держать заряд.

Наглядно увидеть зависимость уровень заряда аккумулятора от плотности электролита можно на рисунке 17 и в таблице 1.

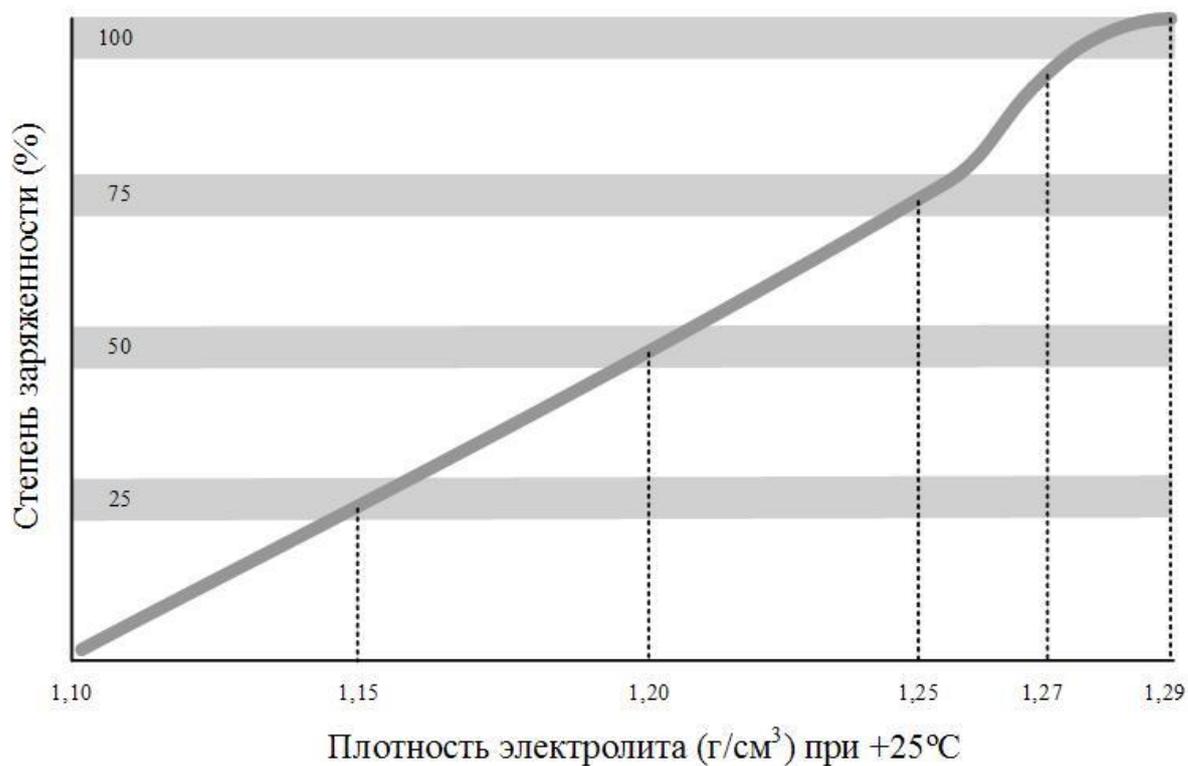


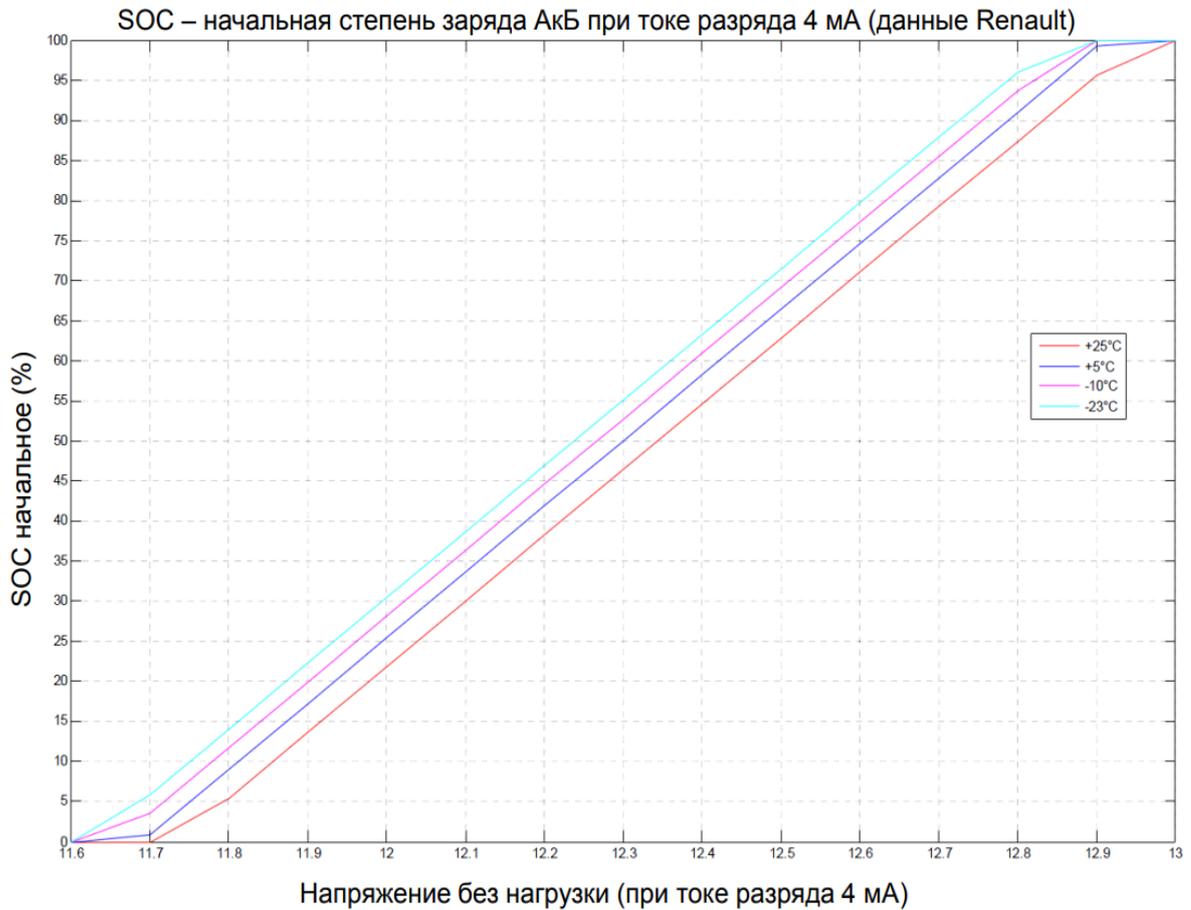
Рисунок 17 – График изменения плотности относительно степени заряженности аккумуляторной батареи

Таблица 1 – Степень заряда аккумулятора по плотности.

Уровень заряда АКБ	Значение плотности электролита
100%	1,249—1,297
75%	1,209—1,257
50%	1,174—1,222
25%	1,139—1,187
0%	1,104—1,152

Как определить начальный уровень заряда (SOC) АКБ?

На рисунке 18 мы можем увидеть график зависимости начального уровня заряда аккумуляторной батареи к ее напряжению без нагрузки при токе разряда 4 мА для различных температур. Такие данные возможно определить при выключенном зажигании через 3 часа после выключения автомобиля.



- 1 зависимость уровня заряда к напряжению при температуре +25°C,
- 2 зависимость уровня заряда к напряжению при температуре +5°C,
- 3 зависимость уровня заряда к напряжению при температуре –10°C,
- 4 зависимость уровня заряда к напряжению при температуре –23°C,

Рисунок 18 – График начального уровня заряда при различных температурах

Для каждой температуры мы имеем разные показания отношения начального значения степени заряда аккумуляторной батареи к ее напряжению. На рисунке 19 можно заметить зависимость, что чем выше температура аккумуляторной батареи, тем меньше напряжение для начального уровня заряда.

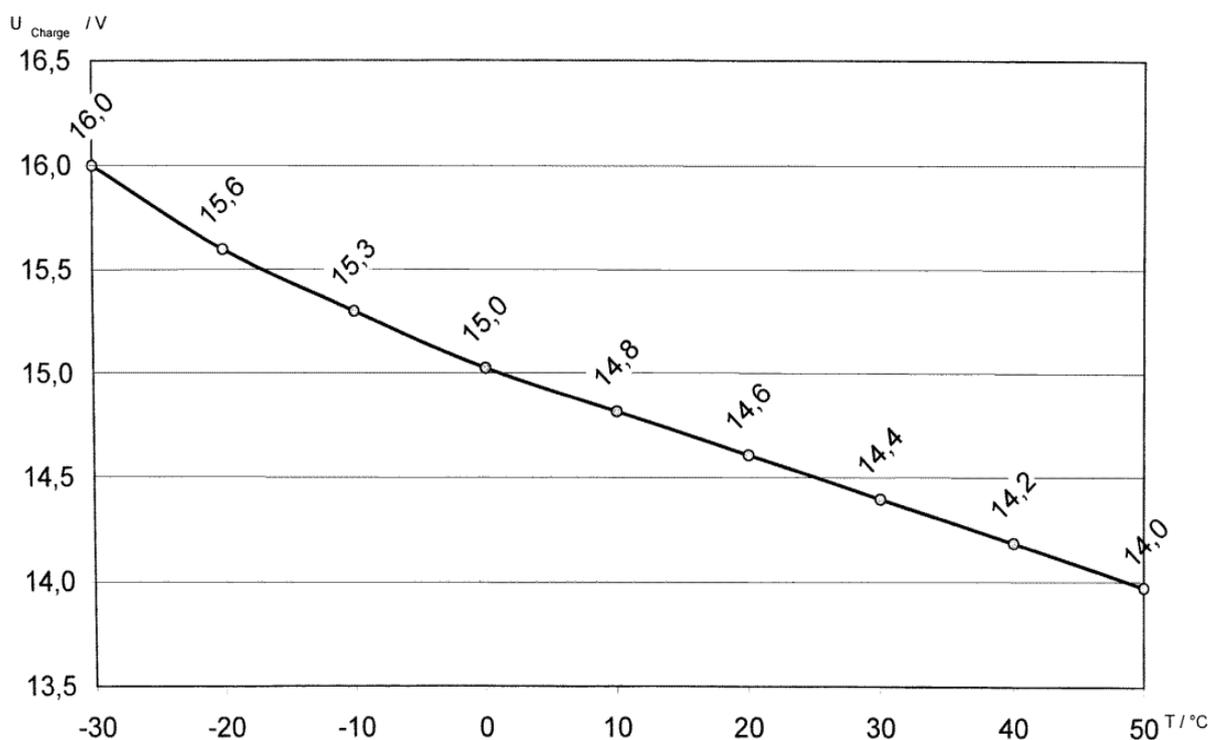


Рисунок 19 – Рекомендуемое напряжение заряда при температуре окружающей среды

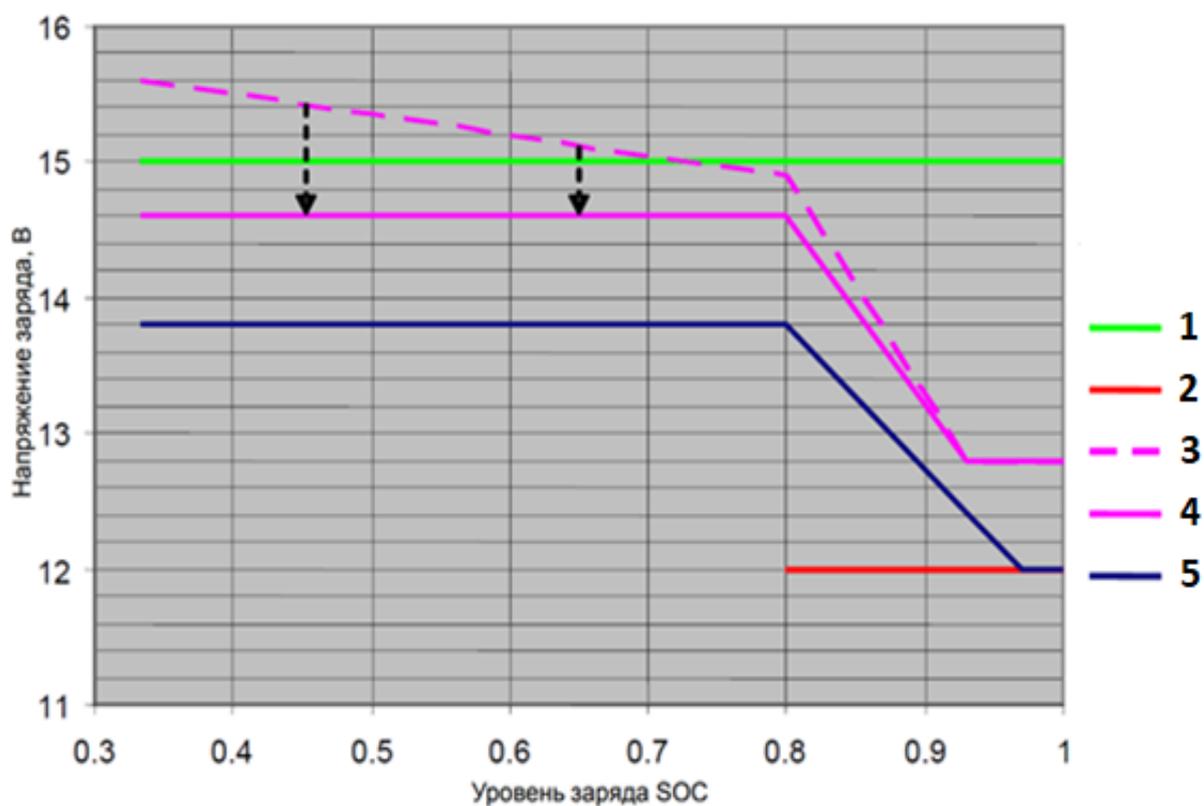
На графике показан оптимальный уровень напряжения для разряженной аккумуляторной батареи типа Ca/Ca до уровня состояния заряда (SOC) = 80% для различных температур окружающей среды.

2.2.2 Стратегии управления напряжением заряда АКБ фирмой Renault

У компании РЕНО существует стратегия управления зарядом аккумуляторной батареи, которая называется Energy Smart Management (ESM). При ESM возможно увеличить эксплуатационные характеристики системы электроснабжения, а также целью стратегии является снижение эмиссии CO_2 .

С точки зрения механической энергии стратегия Energy Smart Management заключается в том, чтобы улучшить затраты на производство электроэнергии генераторной установкой, которая вырабатывается с помощью двигателя, и хранение батарей. А с точки зрения электроэнергии задается уровень напряжения для выполнения потребительских требований

На рисунке 20 можно увидеть зависимость напряжения аккумуляторной батареи к уровню заряда при различных нагрузках.



- 1 - Квазисвободная энергия,
- 2 - Высокая стоимость энергии,
- 3 - Макс во время перехода,
- 4 - Постоянный макс.,
- 5 - Постоянный мин.

Рисунок 20 – График поддержания напряжения от уровня заряда аккумуляторной батареи.

Из графика видно, что, если заряд аккумуляторной батареи находится на уровне ближе к максимуму при различных нагрузках, напряжение будет находиться на разных уровнях. Допустим у нас будет максимальное количество включённых устройств в автомобиле, то система будет поддерживать напряжение на уровне 12 В на промежутке заряженности аккумуляторной батареи от 100% до 80%. Ниже этого порога будут отключаться устройства по мере их важности, чтобы уменьшить нагрузку на аккумуляторную батарею.

Омологация — усовершенствование объекта, улучшение технических характеристик с целью соответствия товара каким-либо стандартам или требованиям страны-потребителя товара, получения согласования от официальной организации

Наглядный пример экономии топлива (снижения эмиссии) при прохождении омологационного заезда по новому европейскому ездовому циклу можно наблюдать на рисунке 21 и 22, на которых ясно заметна разница при использовании стратегии и ее отсутствии.

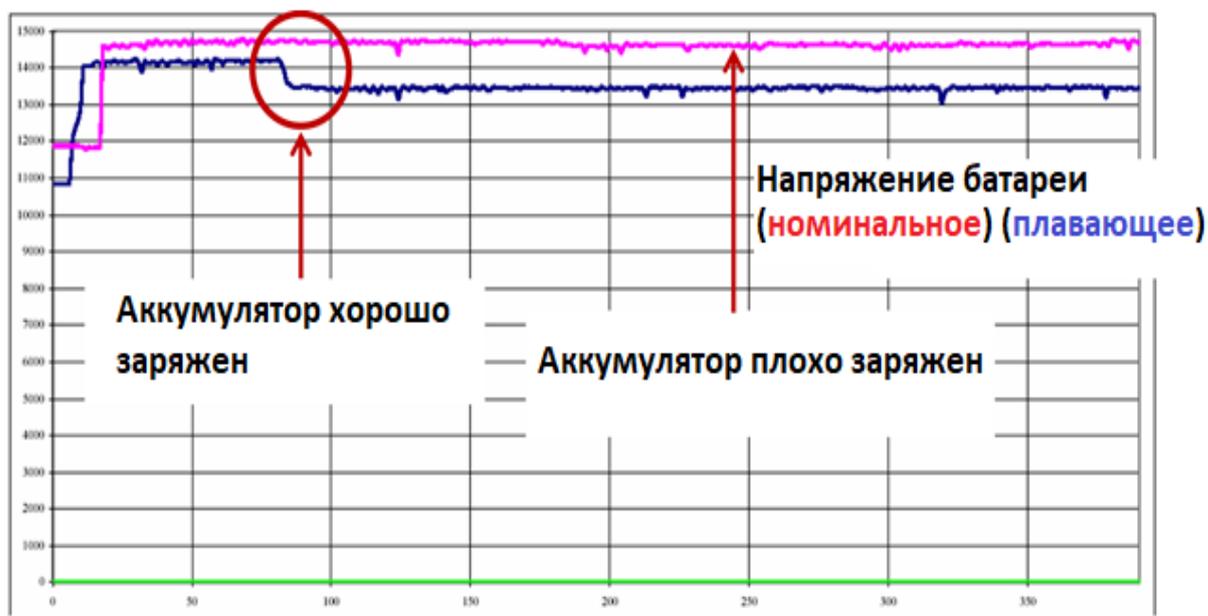


Рисунок 21 – График оборотов двигателя

На графике показаны обороты двигателя при использовании ESM и без. Как видно при использовании ESM мы получаем хорошо заряженную аккумуляторную батарею тем самым нагрузка на двигатель снижается, и мы тратим меньше топлива. В обратном случае заряд аккумуляторной батареи не поддерживается при помощи ESM и нагрузка на двигатель больше чем может быть и двигателю требуется поддерживать больше оборотов тем самым тратя больше топлива.

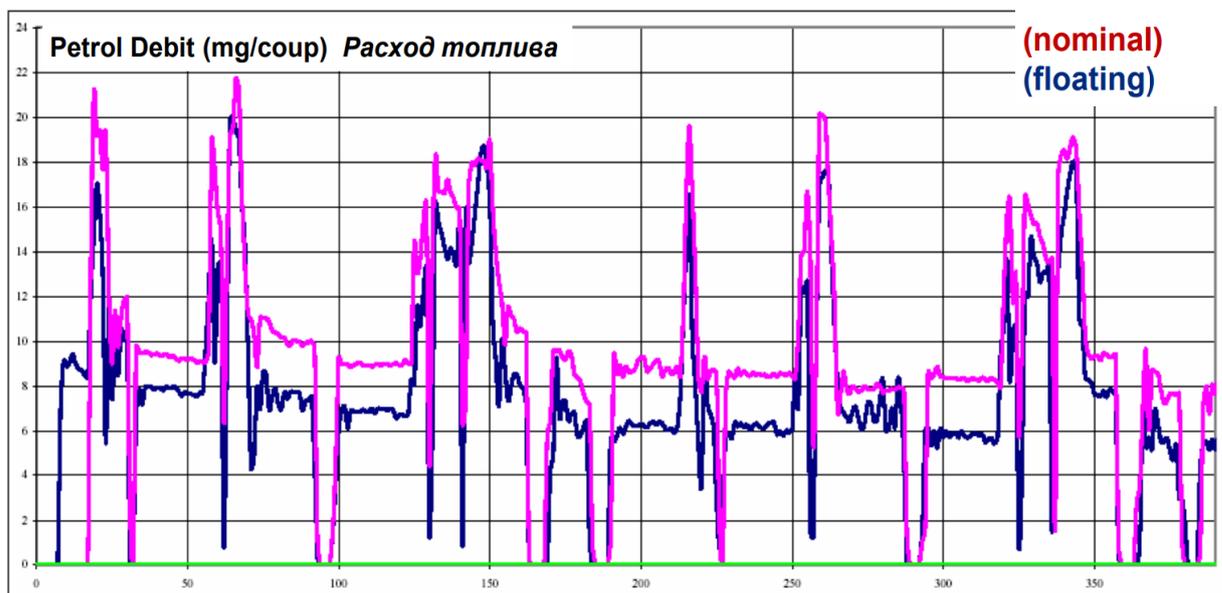


Рисунок 22 – Диаграмма расхода топлива

При использовании ESM мы получаем уменьшенное потребление топлива так как уровень заряда аккумуляторной батареи поддерживается на достаточном уровне и не увеличивает нагрузку на двигатель со временем. Что не скажешь об обратном, при классической подзарядке аккумуляторной батареи видно, что автомобиль расходует больше топлива из-за низкого уровня заряда аккумуляторной батареи.

Выводы по анализу стратегии ESM

Можно сделать вывод, что использование ESM в автомобиле LADA приведет к уменьшению нагрузки на двигатель автомобиля тем самым уменьшая расход топлива и улучшая характеристики системы электроснабжения автомобиля.

Важное замечание: Имеющаяся в нашем распоряжении стратегия управления напряжением заряда АКБ фирмы Renault не учитывает законодательные требования ЕЭК ООН (правило 48–08) по ограничению напряжения на лампах приборов внешнего освещения и световой сигнализации. Возможно, в то время это было еще не актуально, или они выбрали отличное от нас техническое решение по ограничению напряжения на лампах. В связи с тем, что ОАО «АВТОВАЗ» принял решение о выполнении данного правила с помощью

уставки напряжения генератора, нам необходима стратегия управления электрической энергией.

2.3 Алгоритм системы поддержания уровня напряжения бортовой сети на Audi A-3

Для того чтобы наша система могла поддерживать ранее предположенную стратегию управления напряжением аккумуляторной батареи, нам нужно разработать алгоритм, благодаря которому контроллер КСУД будет управлять системой электроснабжения автомобиля опираясь на данные с датчика тока и т. д.

Для разработки оригинального алгоритма управления поддержания уровня напряжения бортовой сети давайте проанализируем часть реализации алгоритма на примере автомобиля Audi A-3 (Рисунок 23)

2.3.1 Управление нагрузкой

К падению напряжения аккумуляторной батареи или генераторной установки ниже допустимого значения могут привести большое количество включенных электроприборов и это может вызвать угрозу полной работоспособности важных систем автомобиля таких как, например, электромеханическое управление или система ABS. За счет отключения потребителей высокоамперного тока и увеличения оборотов холостого хода блок управления бортовой сети J519 имеет способность увеличивать бортовое напряжение сети до нужного значения, вмешательство в управление нагрузкой исключается за счет того, что генераторная установка рассчитана для такого.

2.3.2 Определение состояния нагрузки

Нагрузка бортовой сети определяется благодаря сравнению текущего напряжения бортовой сети с допустимой минимальной границей напряжения бортовой сети. Нагрузка бортовой сети определяется из информации о включенном потребителе высокоамперного тока с короткой продолжительностью включения, сигнала DF (степени нагрузки генератора) и величин напряжения

батареи.

Далее в блоке управления бортовой сети определяются потребители, которые были включены водителем. Степень нагрузки определяется из этим величин.

2.3.3 Мероприятия по регулированию нагрузки

В данном случае при работе мотора происходит увеличение (2-ступенчатое) числа оборотов на холостом ходу, которое требует блок управления двигателем по шине CAN. Если не достигается достаточного уровня нагрузки бортовой сети, то электрические потребители выключаются. При включении зажигания и выключении двигателя в равной последовательности отключаются электропотребители.

2.3.4 Отключение потребителей системы комфорта

При включенном зажигании (с работающим и выключенном двигателе) потребители отключаются в перечисленной последовательности:

- дополнительный воздушный отопитель на 75%,
- нагревательный элемент заднего стекла,
- дополнительный воздушный отопитель на 50%,
- обогреваемые сиденья,
- дополнительный воздушный отопитель на 25%,
- обогреваемые наружные зеркала,
- дополнительный воздушный отопитель на 0% 8 Освещение,
- освещение в зоне ног, внутренняя подсветка рукоятки двери, освещение выхода, косвенное освещение,
- climatronic.

Отключение продолжается до тех пор, пока не будет достигнут достаточный уровень нагрузки бортовой сети. Если уровень нагрузки будет улучшаться, то потребители начнут включаться в обратной последовательности. Далее во время торможения с использованием системы ABS или при больших электрических затратах электромеханического управления на короткое время отключаются

- нагревательный элемент заднего стекла,
- дополнительный воздушный отопитель,
- обогреваемые сиденья.

При отключенном зажигании отключаются освещение зоны ног, внутренняя подсветка рукояток дверей, освещение выхода, внутреннее освещение, а также функция Leaving-Home. При столкновении (сигнал от блока управления подушек безопасности по шине CAN передается на блок управления бортовой сети) от блока управления бортовой сети отключаются следующие потребители:

- нагревательный элемент заднего стекла,
- обогреваемые сиденья,
- обогреваемые наружные зеркала,
- дополнительный воздушный отопитель,
- climatronic.



Рисунок 23 – Пример алгоритма системы поддержания уровня напряжения бортовой сети на Audi A-3

Подводя итоги анализа алгоритма.

Контроль напряжения с учетом правила ЕЭК ООН 48-04 п.5.27.

Суть правила сводится к тому, что напряжение на клеммах ламп наружного освещения и световой сигнализации не должно превышать 13,5 В +3%

(что в итоге дает 13,9 В).

Реализация данного правила с помощью функции регулирования напряжения на генераторе существенно ограничивает возможности поддержания нормального заряда батареи, что в холодное время года может привести к разряду АКБ, ограничению работы системы «Старт-стоп», и, в итоге, - к отказу электростартерной системы.

Поэтому при падении уровня заряда АКБ ниже 80% считаем аварийным режимом и заряд батареи производим без учета данного ограничения напряжения.

Выводы по разделу

В этом разделе произведен анализ датчика тока аккумуляторной батареи, который позволяет решить одну из проблем системы электроснабжения с точностью вычисления данных для аккумуляторной батареи. Так же рассмотрены стратегии управления напряжением заряда АКБ фирмой Renault, которая позволит в дальнейшей разработке оригинальной стратегии управления напряжением. Был проанализирован алгоритм системы поддержания уровня напряжения бортовой сети на Audi A-3 для разработки алгоритмов управления генераторной установкой.

3 Предлагаемая стратегия управления напряжением заряда АКБ для автомобилей ВАЗ при различной температуре аккумуляторной батареи в зависимости от SOC

После того, как мы смогли решить препятствующие разработке оригинальной стратегии управления напряжением заряда аккумуляторной батареи проблемы, мы можем приступить к самой разработке стратегии.

За основу мы возьмем стратегию EMS от компании Рено. Как мы помним в стратегии существуют 2 составляющие:

- механическая энергия, чтобы улучшить затраты на производство электроэнергии генераторной установкой;
- электроэнергия, задается уровень напряжения для выполнения потребительских требований;

Для начала начнем разработку с электроэнергетической составляющей. И первым разработаем стратегию поддержания напряжения от уровня заряда аккумуляторной батареи.

На рисунке 24 показан график как будет поддерживаться уровень напряжения аккумуляторной батареи при ее различных уровнях зарядки.

Для более чувствительной регулировки напряжения мы сделали 11 режимов поддержания напряжения для различных температур. Напряжение будет поддерживаться на одном уровне до уровня заряда аккумуляторной батареи равной 80%, при уровне заряда выше 80% напряжение будет уменьшаться относительно уровню заряда. КСУД будет обрабатывать данные о температуре, уровне заряда и напряжении аккумуляторной батареи и управлять генераторной установкой для поддержания уровня напряжения как показано на графике.

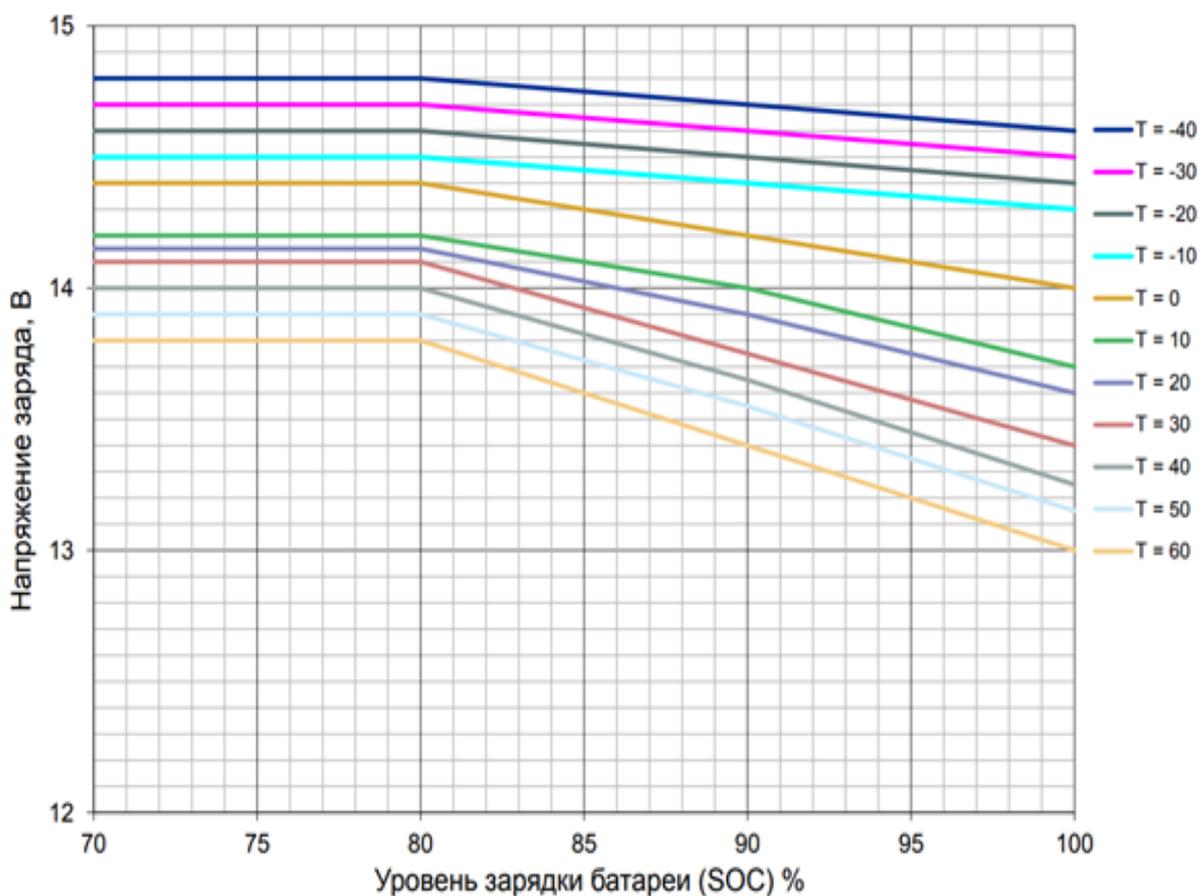


Рисунок 24 – Предлагаемая стратегия управления напряжением заряда АКБ для автомобилей ВАЗ при различной температуре аккумуляторной батареи в зависимости от SOC

Далее разработаем стратегию управления напряжением заряда аккумуляторной батареи в зависимости от ее температуры.

На рисунке 25 показана предлагаемая стратегия управления напряжением заряда аккумуляторной батареи автомобилей ВАЗ при различном уровне заряда в зависимости от ее температуры. Согласно этому графику КСУД должен будет управлять генераторной установкой для того, чтобы поддерживать уровень напряжения заряда аккумуляторной батареи при различных температурах.

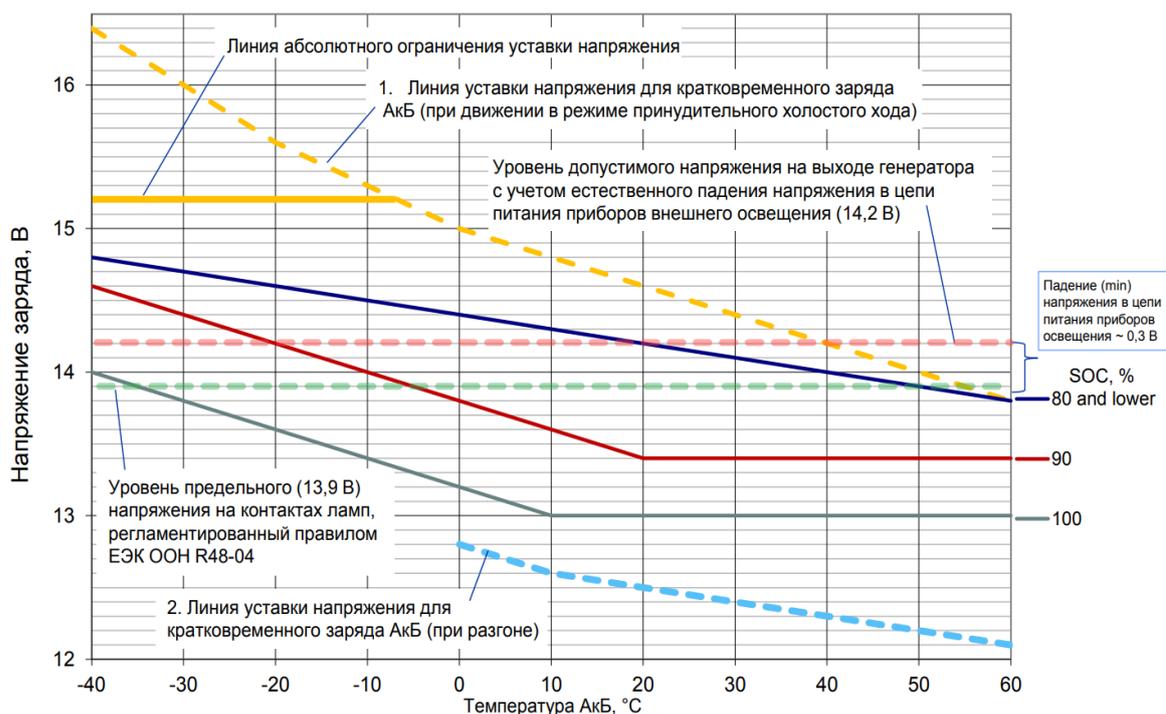


Рисунок 25 – Предлагаемая стратегия управления напряжением заряда АКБ для автомобилей ВАЗ при различном уровне заряда АКБ в зависимости от ее температуры

Линия абсолютного ограничения ставки напряжения показывает, как будет поддерживаться напряжение для отрицательных температур. Линия уставки напряжения для кратковременного заряда аккумуляторной батареи при движении в режиме принудительного холостого хода показывает уровень напряжения для различных температур при уровне заряда равный 80%. Уровень допустимого напряжения на выходе генераторной установки с учетом естественного падения напряжения в цепи питания приборов внешнего освещения всегда статичен и равен 14.2 В. Падение минимального напряжения в цепи питания приборов освещения может быть не больше 0.3 В. Уровень предельного (13.9 В) напряжения на контактах ламп, регламентированный правилом ЕЭК ООН R48-04 показывает, что напряжение на контактах ламп должно поддерживаться всегда на одном уровне вне зависимости от температуры. Линия уставки напряжения для кратковременного заряда аккумуляторной установки при разгоне показывает, что кратковременный заряд аккумуляторной батареи разрешен только для положительной температуры.

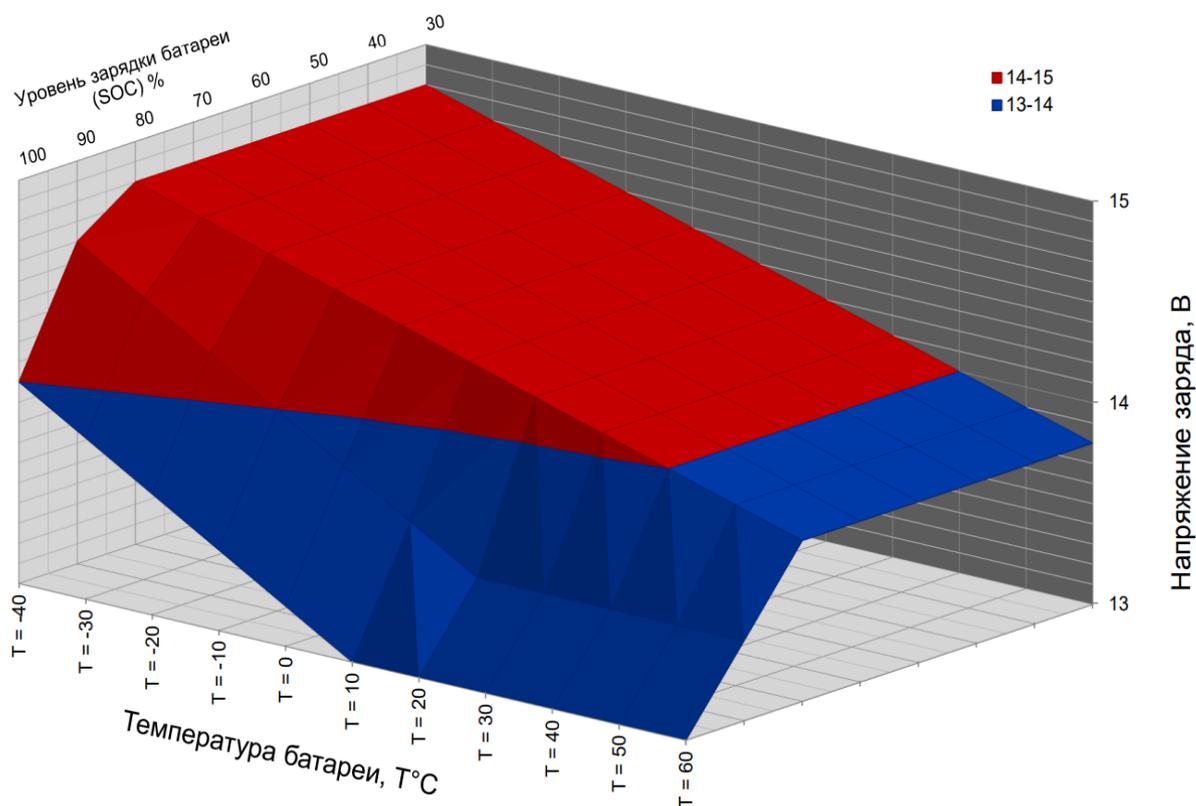


Рисунок 26 – Объемное представление зависимости напряжения заряда от температуры и SOC батареи

Для удобного иллюстрирования нашей стратегии поддержания напряжения для автомобилей ВАЗ на рисунке 26 было показано объемное представление, согласно которому КСУД будет управлять системой электроснабжения автомобиля для поддержания напряжения аккумуляторной батареи при различных ее температурах и при различных уровнях заряда аккумуляторной батареи.

3.1 Стратегия управления генераторной установкой

После разработки стратегии электроэнергетической составляющей мы можем приступить в механической составляющей.

Как говорилось ранее стратегия Energy Smart Management с точки зрения механической энергии заключается в том, чтобы улучшить затраты на производство электроэнергии генераторной установкой, которая вырабатывается с

помощью двигателя, и хранение батарейей.

Для того чтобы разработать механическую составляющую стратегии нам потребуется ранее рассмотренный датчик тока.

Как мы выяснили в 1 главе генераторная установка не управляется извне, только благодаря регуляторам напряжения, которые внедрены внутри установки.

Но начиная с проекта автомобиля LADA VESTA АВТОВАЗ использует генератор с функцией управления и диагностики по шине LIN и теперь мы имеем возможность управлять генераторной установкой через контроллер КСУД (Рисунок 27).

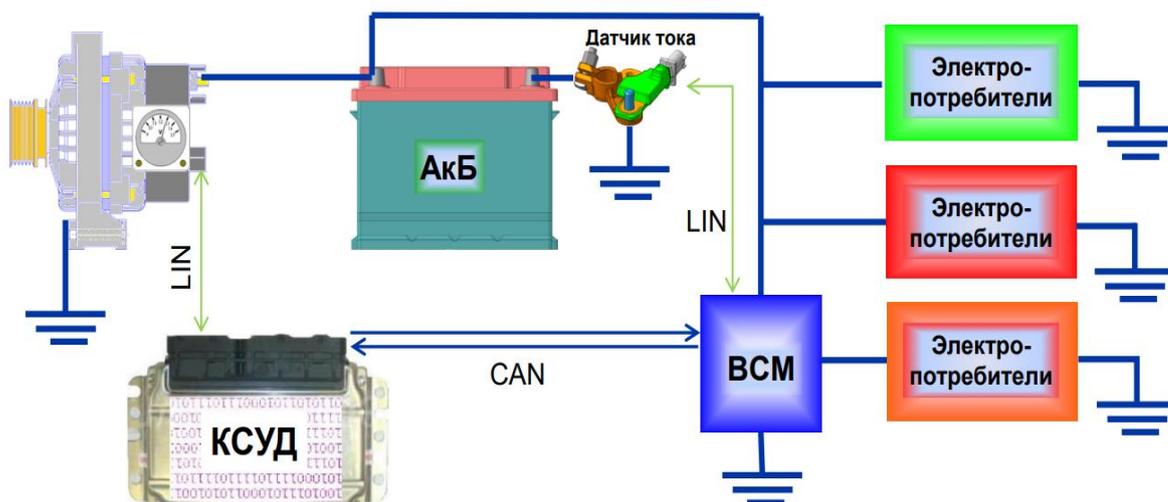


Рисунок 27 – Управление генераторной установкой через LIN шину

Основные возможности:

- Уставка точного уровня напряжения бортовой сети по запросу от КСУД;
- Задание скорости изменения тока возбуждения ротора для снижения механических нагрузок и оптимизации заряда аккумуляторной батареи;
- Расширение диагностических данных, получаемых от генератора (напряжение, ток возбуждения, температура регулятора, нагрузка (%DF), обороты и т. д.).

3.1.1 Функция рекуперации при торможении автомобиля

Благодаря данной схеме появляется возможно внедрить систему регенерации энергии торможения, которая позволит использовать энергию движения более эффективного.

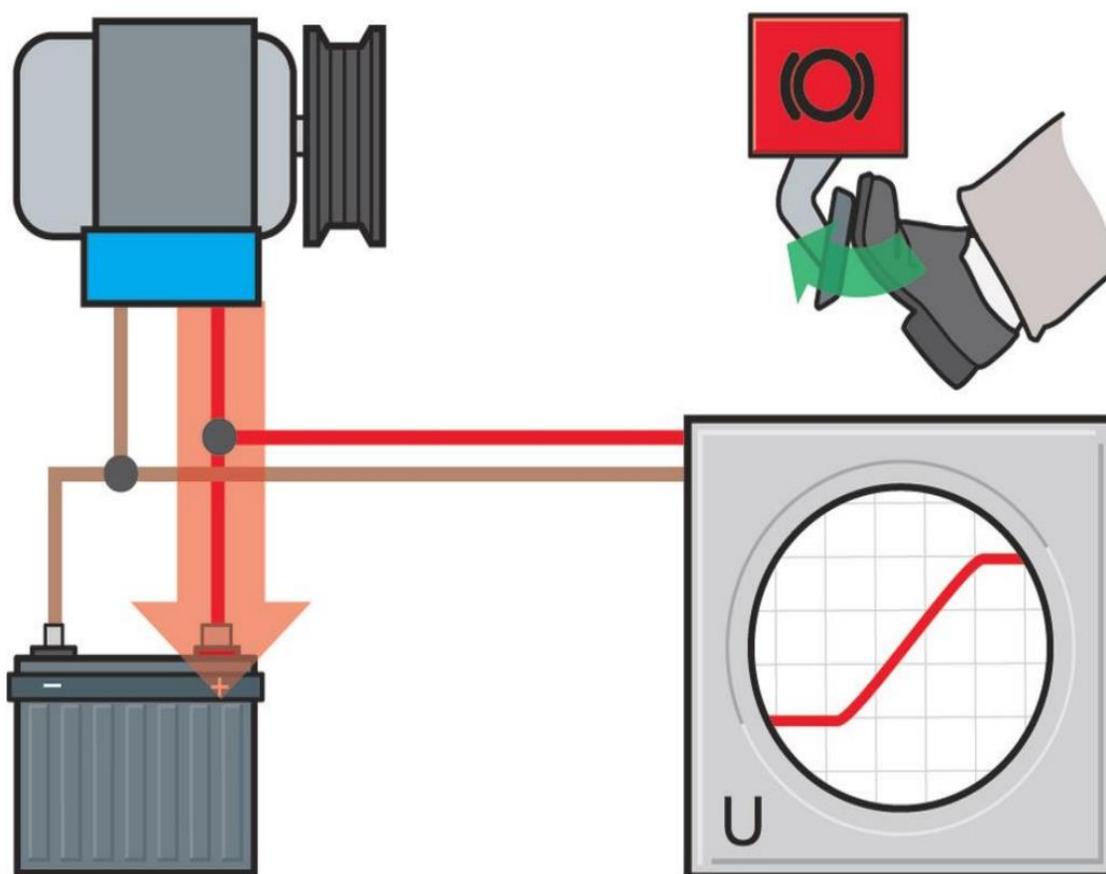


Рисунок 28 – Функции рекуперации при торможении

Когда водитель снимает ногу с педали газа и автомобиль движется накатом (на передаче и без нажатой педали акселератора) тормозя автомобиль двигателем, появляется возможность поднимать уровень регулируемого напряжения генератора до максимально возможного (например, 15 В) для ускоренной подзарядки батареи, когда это необходимо, тем самым помогая двигателю остановить автомобиль (Рисунок 28). При этом момент сопротивления вращения ротора генератора увеличится, однако кинетическая энергия автомобиля во много раз больше той, которую потребляет генератор. Поэтому для генератора энергия получается практически «дармовой». Однако реализация данной

функция возможна только при наличии точной информации о степени заряженности батареи, которую можно получить только с помощью датчика тока АКБ. «Усиленный» заряд АКБ имеет смысл проводить, только если в ней есть резерв для принятия дополнительной энергии, то есть текущий уровень заряда не должен превышать 90% ёмкости.

3.1.2 Режим «Kick down»

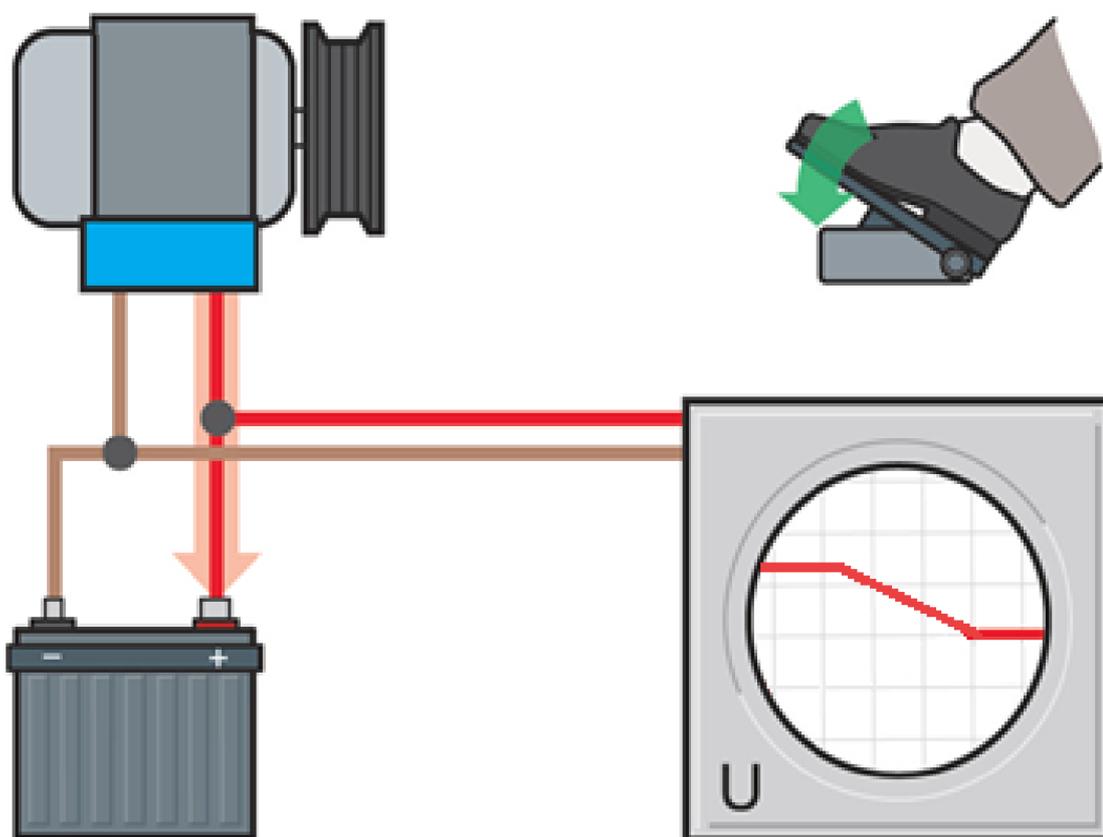


Рисунок 29 – Функции временного «отключения» генератора

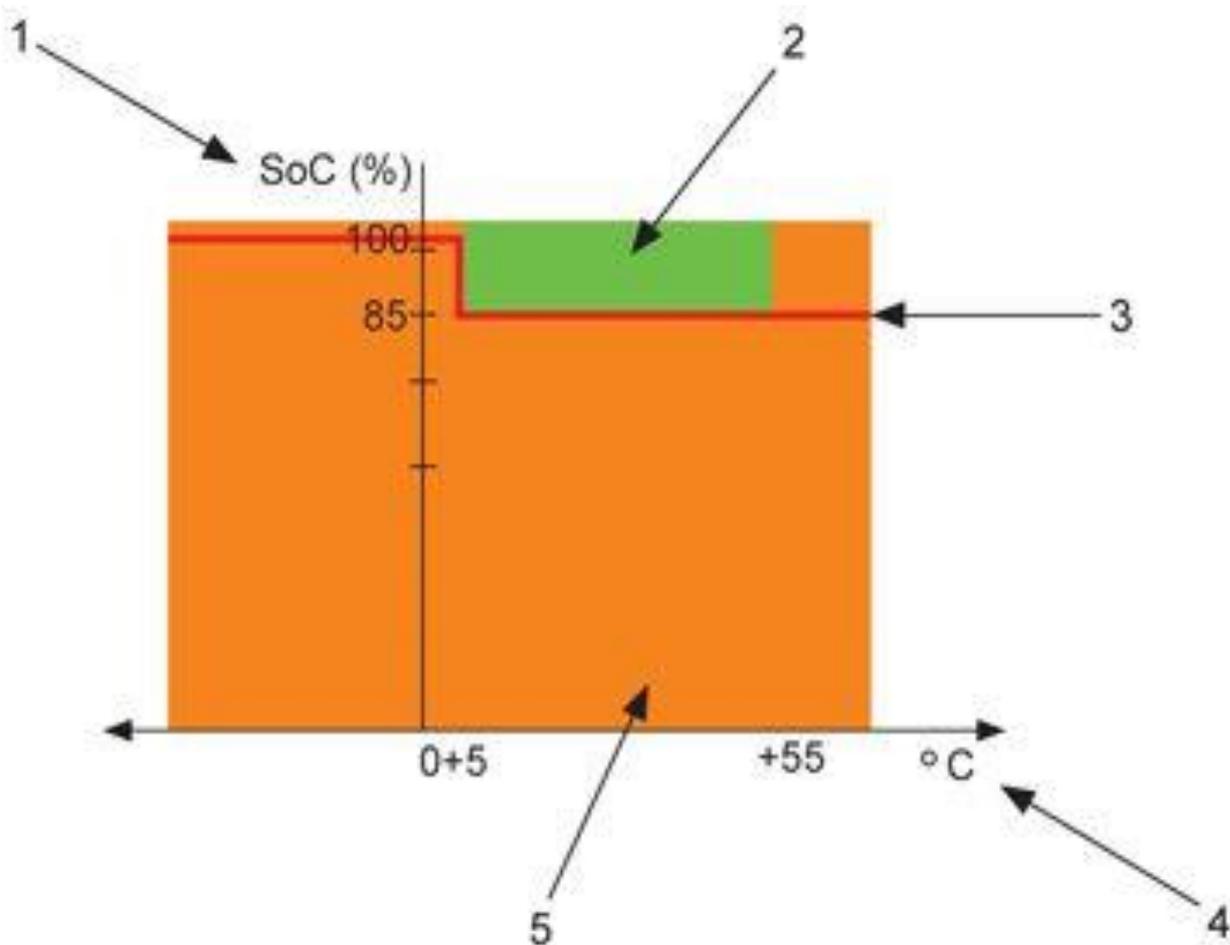
Для улучшения динамики автомобиля при необходимости резкого ускорения в дорожном потоке (например, при обгоне) можно временно «отключить» генератор снизив ток в обмотке возбуждения ротора. Это позволит снизить момент сопротивления на шкиве генератора и «добавить» двигателю до 3 кВт (в зависимости от текущей нагрузки генератора) дополнительной мощности (Рисунок 29). Однако ввести данную функцию возможно только при наличии информации о достаточной степени заряженности АКБ (не менее 60%),

чтобы предотвратить её чрезмерный разряд. Точную информацию о степени заряда АКБ можно получить только также с помощью датчика тока.

3.1.3 Условия для применения дополнительных режимов генераторной установки

При температурах выше или ниже интервала от +5 до +55 °C система будет применять обычную зарядку так как в регенерация энергии торможения в данном случае не разрешается. В обратном случае аккумуляторная батарея будет достаточно восприимчивой к зарядке для этих функций.

На рисунке 30 показано, при какой температуре и степени заряда разрешены функции регенерации энергии торможения и временного «отключения» генераторной установки, а также, как будет поддерживаться степень заряда аккумулятора системой.



1. SoC - State of Charge (степень заряда аккумулятора);

2. разрешённая зона для использования функций регенерации энергии торможения и временного «отключения»;
3. предельное значение степени заряда аккумуляторной батареи (SoC), которое будет стремиться поддерживать система при разных температурах. Чтобы избежать кипения, то необходимо чтобы зарядка аккумулятора не происходила при значении выше 55 °С;
4. температура аккумуляторной батареи;
5. зона обычного заряда аккумуляторной батареи.

Рисунок 30 – График поддержания заряда

После определения условий для применения дополнительных режимов генераторной установки перейдем к управлению.

3.1.4 Управления генераторной установкой

Работа генераторной установки и зарядка от него аккумуляторной батареи контролируется по сигналам от датчика контроля статуса аккумуляторной батареи контроллером системы управления двигателя (КСУД). Датчик тока проводит постоянный контроль и точный расчет статуса аккумуляторной батареи. от центрального электронного модуля (СЕМ) поступает запрос на контроллер системы управления двигателем (КСУД) на зарядку аккумуляторной батареи, который затем управляет работой генераторной установки.

Эффективность двигателя (момент, необходимый для передачи усилия) рассчитывает контроллер системы управления двигателем (КСУД). Независимо от запроса напряжения на генератор от центрального электронного модуля (СЕМ), контроллер системы управления двигателем (КСУД) переводит на себя управление генераторной установки, если требуется слабый момент. Это происходит, например, при торможении двигателем, когда зарядка аккумулятора может осуществляться от энергии движения автомобиля. Информацию о том, какое напряжение зарядки должен поддерживать генераторная установка принимает модуль управления генератора (АСМ) от контроллера системы управления двигателем (КСУД).

Статус отдачи двигателя контроллер системы управления двигателем (КСУД) сообщает на центральный электронный модуль (СЕМ). Центральный

электронный модуль (СЕМ) берет на себя управление генераторной установкой и рассчитывает режим управления работы генераторной установки так, чтобы снизить нагрузку на двигатель, если отдача двигателя низкая, т. е. когда момент двигателя требуется для движения автомобиля.

Генераторная установка будет управляться в зависимости от эффективности двигателя, потребления тока в автомобиле и статуса Аккумуляторной батареи следующим образом:

- обычный заряд аккумуляторной батареи (рисунок 31),
- восстановление аккумуляторной батареи,
- идентификация аккумуляторной батареи,
- регенерация энергии аккумуляторной батареи при помощи торможения. Регенерация может происходить медленно, быстро или медленно без разряжения.

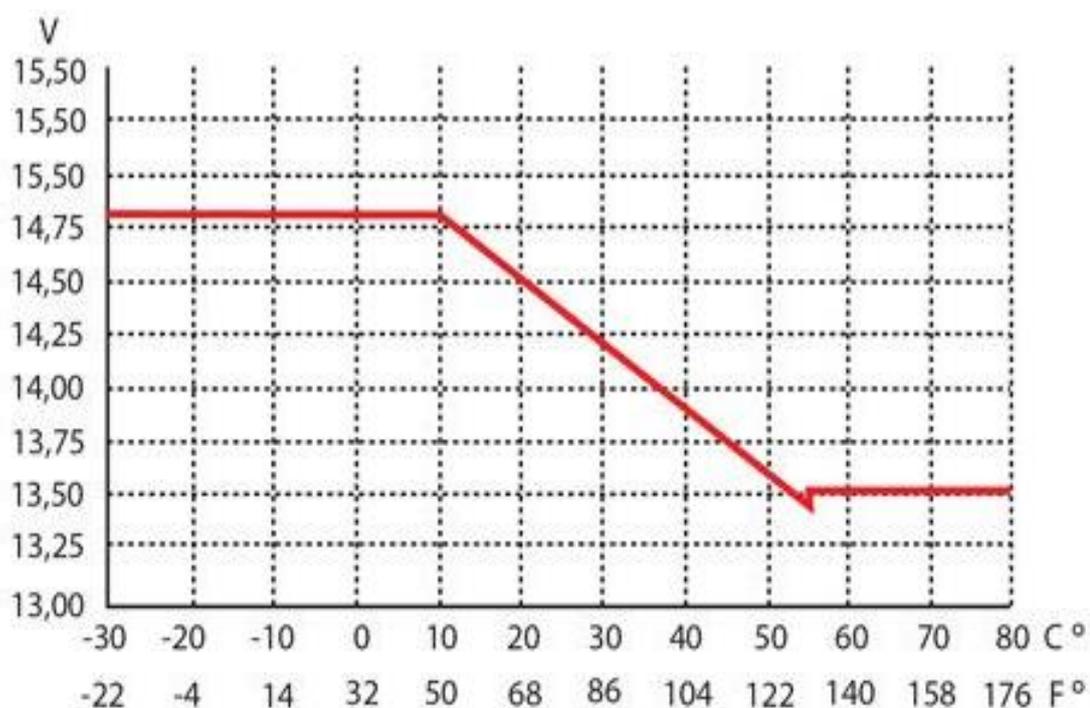


Рисунок 31 – График обычного заряда аккумулятора

Для того чтобы оптимально зарядить аккумуляторную батарею нужно рассчитать выходное напряжение генераторной установки на основании расчетов температуры аккумуляторной батареи, которые пришли от датчика тока.

Регулятор зарядки (модуль управление генераторной установки) регулирует выходное напряжение как показано на рисунке 32 в зависимости от того, как требуется центральному электронному модулю. Аккумуляторная батарея будет всегда подзаряжаться до 100% степени заряда посредством традиционной зарядки.

Пока уровень заряда аккумуляторной батареи не достигнет около 85% функция регенерации торможения подзарядка аккумуляторной батареи будет проходить обычным способом

Учитывая сезонность и климатические факторы.

Эффективность приема заряда уменьшается вместе с температурой АКБ показано на рисунке 32.

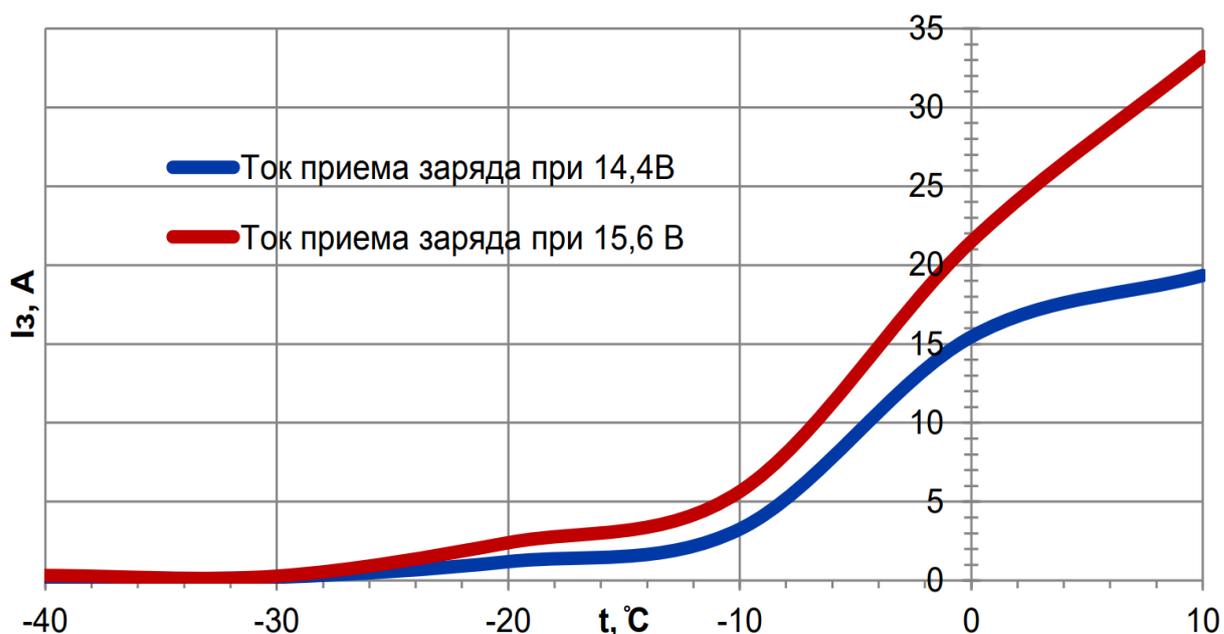


Рисунок 32 – Характеристика приема зарядного тока батареи 62 Ач АКОМ (Ca/Ca) на 10 минуте при SOC = 50%

Примечание: Характеристики приема заряда специальной батареи для системы «Старт-стоп» типа EFB будут несколько отличаться (в лучшую сторону) от приведенных здесь данных, однако принципиально на алгоритм заряда это не повлияет

При температуре ниже 0°C резко падает возможность заряда АКБ, а при

температурах ниже 20°C практически сводится к нулю. Это значит, что в холодное время года любой разряд батареи на автомобиле (например после холодного пуска) не будет скомпенсирован во время работы генератора при движении автомобиля. Отсюда следует вывод что при отрицательных температурах (ниже минус 10°C) зарядное напряжение при любых режимах движения автомобиля (в том числе и на холостом ходу) не должно опускаться ниже напряжения ЭДС батареи (13 В). При повышенном энергопотреблении на холостом ходу этого можно достичь двумя путями:

- увеличением оборотов двигателя,
- отключением второстепенных нагрузок, не влияющих на безопасность движения. При движении автомобиля поддержание ЭДС АКБ возможно только вторым способом.

3.1.5 Дополнительные функции LIN регулятора

К дополнительным функциям LIN регулятора можно отнести выбор скорости наращивания мощности (рисунок 33).

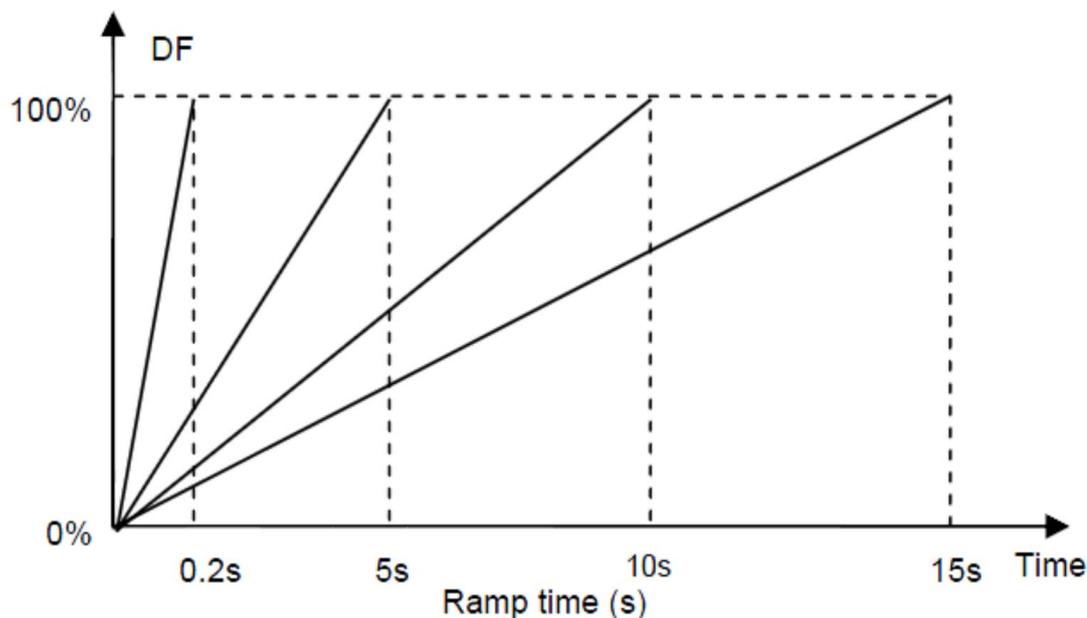


Рисунок 33 – График скорости наращивания мощности

Как видно на графике LIN регулятор может выбирать различные скорости наращивания мощности фактически это скорость наращивания тока в обмотку возбуждения при различных условиях состояния автомобиля.

Далее была произведена диагностика отклонения напряжения аккумуляторной батареи (рисунок 34).

time	Not in drive mode														Drive mode				Drive mode engine running (during cranking or autonomous)							
	Abnormal		Diconnection or BDU1 open (*)		Normal		Engine off		Normal (not often)		Normal ESM (often)		Normal floating often		Normal nominal charging (often)											
	min [V]	max [V]	[V]	min [V]	max [V]	min [V]	max [V]	min [V]	max [V]	min [V]	max [V]	min [V]	max [V]	min [V]	max [V]											
100µs									4,7																	
15ms		35								25		18		18												
100ms																										
200ms																										
400ms	-14	35 24			13,5		13,5		6,7		7		7		7											
500ms																										
1s																										
1,1s		24					11,3																			
10s									6,7 10,5		16		10,5		10,5											
1mn	-14 0	24 18							10,5 12				11,5 12		11,5 13,8											
10mn																										
30mn					13		13																			
1H	0	18							12				12		12,8											
10H													14,6		13,5											

Рисунок 34 – Диагностика отклонения напряжения АКБ

После разработки стратегии управления напряжением заряда аккумуляторной батареи приступим к разработке алгоритма управления.

3.2 Алгоритм системы поддержания уровня напряжения бортовой сети для автомобилей AVTOVAZ

После анализа примера алгоритма поддержания уровня напряжения бортовой сети для автомобиля Audi-A3 был разработан оригинальный алгоритм управления напряжением бортовой сети, который учитывает правило ЕЭК ООН (правило 48–08) по ограничению напряжения на лампах приборов внешнего освещения и световой сигнализации (рисунок 35).

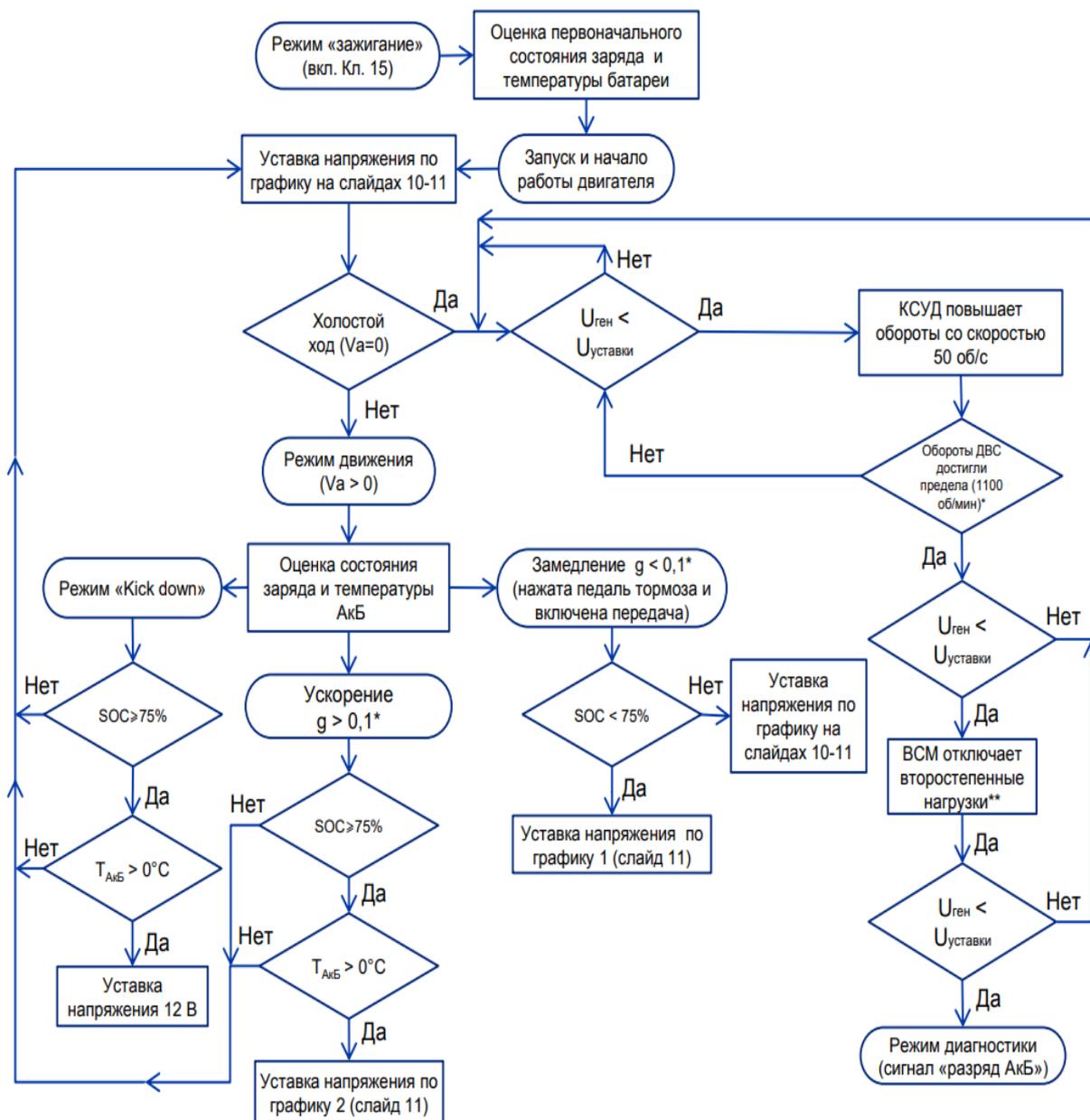


Рисунок 35 – Алгоритм регулирования напряжения.

В ходе разработки были учтены все условия для стратегии управления системой электроснабжения для поддержания уровня напряжения при различных температурах аккумуляторной батареи и условиях загруженности бортовой сети.

3.2.1 Описание алгоритма регулирования напряжения

* Калибруемый параметр

** реализуется при технической возможности по отдельному алгоритму

Примечание:

- если уровень заряда батареи (SOC) опустился ниже 60% более чем на 1 минуту – КСУД направляет в комбинацию приборов диагностический сигнал «АкБ разряжена»;
- если во время движения напряжение генератора $U_{ген}$ будет в течении 10^* секунд ниже напряжения уставки $U_{уставки}$ более чем на $0,5^*$ В – КСУД направляет в комбинацию приборов диагностический сигнал «разряд АкБ»;

Описание алгоритма регулирования напряжения.

- при включении зажигания КСУД запрашивает у ВСМ уровень заряда (SOC) и температуру АкБ;
- после запуска двигателя КСУД задает уставку напряжения по графикам;
- на холостом ходу при недостаточной мощности генератора (заданное напряжение ниже напряжения уставки), КСУД повышает обороты двигателя со скоростью 50^* об/с до уровня достижения заданного напряжения уставки (но не более 1100^* об/мин);
- если мощности генератора при реализации п. 3 все-равно не хватает, ВСМ отключает второстепенные электропотребители по отдельному алгоритму (при технической возможности реализации);
- при движении автомобиля КСУД задает уставку напряжения по графикам;
- если при движении автомобиля мощности генератора недостаточно, ВСМ отключает второстепенные электропотребители по отдельному алгоритму (при технической возможности реализации);
- в режиме ускорения ($g > 0,1^*$) если температура АкБ > 0 и уровень ее заряда $SOC > 75\%$, КСУД задает уставку напряжения по графику;
- в режиме «Kick down» если температура АкБ > 0 и уровень ее заряда $SOC > 75\%$, КСУД задает уставку напряжения 12 В;
- в режиме торможения (при включенной передаче) при уровне заряда АкБ $< 75\%$ КСУД задает уставку напряжения по графику.

В заключении разработки стратегии управления напряжением можно сделать вывод, что внедрение датчика тока и функции управления напряжением генератора на автомобилях ВАЗ позволяет получать более точные показания данных с аккумуляторной батареи, которые, позволят реализовывать гибкие алгоритмы поддержания заряда аккумулятора. Предотвращение разряда аккумуляторной батареи позволит уменьшить количество проблем с холодным запуском в зимний период эксплуатации автомобиля, увеличит срок службы батареи, позволит контролировать уровень заряда аккумуляторной батареи. Предлагаемая стратегия управлением уровнем напряжения в бортовой сети автомобиля и заряда аккумуляторной батареи позволит улучшить эксплуатационные характеристики аккумуляторной батареей, а также снизить расходы топлива и эмиссии CO₂ (по данным Renault).

Заключение

В заключение проделанной работе были достигнуты следующие результаты:

- было проанализировано и смоделировано общее состояние всей системы электроснабжения автомобиля, в которой погрешность настройки порядка десятых долей вольта существующих регуляторов напряжения не обеспечивает максимального срока службы аккумуляторной батареи и готовности ее к пуску. И поставлены проблемы, которые требуется решить для получения повышенных ее эксплуатационных характеристик;
- проанализирован датчик контроля тока аккумуляторной батареи, который позволяет за относительно не дорогую плату и простоту интегрирования в систему электроснабжения автомобиля с помощью подключения по шине LIN к контроллеру BSM, мы получаем огромный ряд преимуществ и позволяет решить первую проблему системы электроснабжения автомобиля;
- произведен анализ стратегии управления напряжением Energy Smart Management от компании РЕНО, позволяющая эффективно управлять генераторной установкой и получить повышенные эксплуатационных характеристик системы электроснабжения и снижение эмиссии CO_2 ;
- разработана оригинальная стратегия управления напряжением автомобилей AVTOVAZ, позволяющая увеличить эксплуатационных характеристик системы электроснабжения и снижение эмиссии CO_2 . А также был разработан оригинальный алгоритм управления системой электроснабжения автомобиля, позволяющий использовать стратегию управления напряжением автомобиля;

Магистерская диссертация состоит из введения, трех разделов, заключения и списка используемых источников. Работа изложена на 71 странице основного текста, содержит 35 рисунков, 1 таблицу. Список используемых источников включает 32 наименований.

Список используемой литературы

- 1 Алиев, И.И. Электротехника и электрооборудование. Справочник. / И.И. Алиев. - М.: Высшая школа, 2010. - 1199 с.
- 2 Анчарова, Т.В. Электроснабжение и электрооборудование.: Учебник / Т.В. Анчарова, М.А. Рашевская, Е.Д. Стебунова. - М.: Форум, 2015. - 48 с.
- 3 В.А. Барановский «Автомобиль. 1001 совет» 2007;
- 4 Вахламов В.К. Автомобили: Эксплуатационные свойства: Учебник для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Академия, 2005.
- 5 Вершигорев В.А. Устройство и ремонт автомобиля / В.А. Вершигорев – М: Колос, 1988, с. 344
- 6 Данов, Б.А. Электрооборудование автомобилей / Б.А. Данов. - М.: ГЛТ, 2005. - 206 с.
- 7 И.Д.Ландсберг Л.З. Соколин В.Н. Каманин, Ремонт электрооборудования автомобилей / И.Д. Ландсберг Л.З. Соколин В.Н. Каманин В.Н.- М.:Транспорт.1981.-317 с., ил.
- 8 Карунин, А.Л. Конструкция автомобиля. Т.4. Электрооборудование. Системы диагностики / А.Л. Карунин. - М.: ГЛТ, 2005. - 480 с.
- 9 Коломиец, А.П. Электропривод и электрооборудование: учебник для ВУЗов / А.П. Коломиец, Н.П. Кондратьева и др. - М.: КолосС, 2007. - 328 с.
- 10 Масина М.А. и др. Автомобильный материалы: Справочник инженера-механика. - М.: Транспорт, 1979.
- 11 Набоких, В.А. Электрооборудование автомобилей и тракторов. Учебник / В.А. Набоких. - М.: Academia, 2018. - 44 с.
- 12 Островцев А.Н. Основы проектирования автомобилей. - М.: Машиностроение, 1968.
- 13 Правила устройств электроустановок (ПУЭ). –7-е изд. с изм. и доп. – М. : КНОРУС, 2007. - 488 с.
- 14 Резник А.М. Электрооборудование автомобилей: Учебник для автотранспортных техникумов. – М.: Транспорт, 1990. – 256с.,ил.,табл.

- 15 Рунец М.А. Справочник автомобильного механика / М.А. Рунец, А.Г. Пузанков – М: Транспорт, 1976, с. 1117
- 16 С.Ф. Зеленин, В.М. Молоков «Учебник по устройству автомобиля» Русь автокнига 2000;
- 17 Сафиуллин, Р.Н. Электротехника и электрооборудование транспортных средств: Учебное пособие / Р.Н. Сафиуллин, В.В. Резниченко, М.А. Керимов. - СПб.: Лань, 2019. - 400 с.
- 18 Туревский, И.С. Электрооборудование автомобилей: Учебное пособие / И.С. Туревский. - М.: Форум, 2018. - 256 с
- 19 Хазаров А.М. Диагностическое обеспечение технического обслуживания и ремонта автомобилей. – М.: Высшая школа, 1990.
- 20 Чижков, Ю.П. Электрооборудование автомобилей и тракторов / Ю.П. Чижков. - М.: Машиностроение, 2007. - 656 с.
- 21 Шестопапов, С.К. Устройство легковых автомобилей: В 2 ч. Ч. 1. Классификация и общее устройство автомобилей, двигатель, электрооборудование. Учебник / С.К. Шестопапов. - М.: Academia, 2015. - 448 с.
- 22 Юнг Р.А. Электрооборудование автомобиля / Р.А. Юнг, А.М. Шотт – М: За рулем, 1999, с. 114
- 23 Ютт, В.Е. Электрооборудование автомобилей: Учебник для вузов / В.Е. Ютт. - М.: Горячая линия -Телеком , 2016. - 440 с.
- 24 Ayst, J. Voltage control current switch with short circuit protection / J. Ayst // Electron. World. - 2005. - V.111. - №1833. - P. 52-53.
- 25 Francois, F. Use of opposition method in the test of high power electronic converters / F. Francois, J.J. Huselstein, S. Faucher, M. Elghazouani, P. Ladoux, T.A. Meynard, F. Richardeu, C. Turpin // IEEE Trans. Ind. Electron. - 2006. - V.53. - №2. - P. 530-541.
- 26 Hainfret-Ariijtila, J. Low supply voltage high- performance CMOS- current mirror with low input and output voltage requirements /J. HainfretAriijtila, R.G. Carpnjal, A. Tarralba//IEEE Trans. Circuits and Syst. (Sec.) 2. - 2004. -V. 51. - № 3 - P. 124-129.

27 Hidall, A. L. Factors relating to the development, selection and servicing of automotive storage batteries / A.L. Hidall // SAE, Journal. - 1967. - N 5. - p. 56-58.

28 Jang, Y. A new soft switched PFC boost rectifier with integrated flyback converter for stand-by power / Y. Jang, D.L. Dillman, M.M. Jovanovic // IEEE Trans. Power Electron. - 2006. - V.21. - № 1. - P. 66-72.

29 Little, Daily R. Storage batteries performance of low temperatures/ Daily R. Little// SAE, Journal, - 2008. - N 6. . - p. 37-54.

30 Mostov, P. M. Optimum capacitor charging efficiency for space systems / P.M. Mostov, I.I. Neuringer, D.S. Rigney // Proceeding of the IRE. – 2001. - v.49. - №5, - p. 941-948

31 Prodic, A. Dead-zone digital controllers for improved dynamic response of two harmonic rectifiers / A. Prodic, D. Maksimovic, E.R. Erickson // IEEE Trans. Power Electron. - 2006. - V.21. - № 1. - P.173-181.

32 Xiao, S. Design and analysis of an optimal controller for parallel multi-inverter systems / S. Xiao, W. Lik-Kin, L. Yim-Shu, X. Dehong // IEEE Trans. Circuits and Syst. (Sec.) 2. - 2006. - V. 53. - № 1 - P. 56-61.