

Периодический рецензируемый научно-технический журнал «Электроника и электрооборудование транспорта», коллективный член Академии электротехнических наук РФ.

Выпускается Научно-производственным предприятием «Томилинский электронный завод».

Включен в перечень изданий, рекомендованных ВАК для апробации диссертаций.

В связи со сменой учредителя получено новое свидетельство о регистрации СМИ ПИ №ФС 77-29963 от 17 октября 2007 г.

Главный редактор:
А. Г. Бабак, к.т.н.

Заместитель главного редактора:
В. Г. Никонов.

Редакционный совет:
В. В. Викулов, к.т.н.,
Н. А. Володина, д.т.н., профессор,
С. Г. Драгомиров, д.т.н., профессор,
Ю. М. Иньков, д.т.н., профессор,
В. К. Лозенко, д.т.н., профессор,
В. А. Нестерин, д.т.н., профессор,
Д. И. Панфилов, д.т.н., профессор,
И. Б. Пешков, д.т.н., профессор.

Технический редактор:
Г.П. Милова.

Редакция:
Тел./факс: (495) 500-40-20,
(495) 557-23-95
E-mail: npptez@mail.ru
Сайт: www.npptez.ru

Отпечатано:
ООО
«АБЕЛИЯ Издательский дом»

Формат 62Х94/16,
бумага мелованная,
объем 6 п. л.,
тираж 1000 экз.

Тел.: (495) 685-92-04
Сайт: www.abelia.ru

СОДЕРЖАНИЕ

Сидоров Б.Н., Евдокимов В.Г.

Электрические характеристики и результаты испытаний системы зажигания для силовых установок специальных автомобилей 2

Набоких В.А., Подволоцкий А.В., Висков М.Г.

Особенности аппаратов зажигания для двигателей с непосредственным впрыскиванием бензина в цилиндр двигателя 7

Иньков Ю.М., Худогонов А.М., Смирнов В.П.

Мониторинг и управление вентиляцией электровозов переменного тока 10

Феоктистов В.П., Иньков Ю.М., Самойлов Ю.О.

Повышение эффективности рекуперативного торможения на электровозах постоянного тока 13

Алексеев А.С.

Улучшение показателей качества системы автоматического регулирования тока электровоза с коллекторными тяговыми двигателями 15

Бабак А.Г., Мишакин Н.И., Кожитов А.В., Кондратенко Т.Т., Курбатов А.В., Силаев И.В., Блиев А.П.

Силовые диоды на основе монокристаллов кремния цилиндрической (трубчатой) формы 19

Драгомиров С.Г., Драгомиров М.С., Моханнад Аль-Равашдех

Основные результаты исследования подсистемы холостого хода автомобильного двигателя с впрыском бензина 24

Суровцев В.Н., Константинов Е.П., Краснов Д.В.

Электропривод железнодорожной стрелки с вентильным двигателем 29

Ермаков В.В., Козловский В.Н.

Выбор ключевых входных параметров типовых конструкций автомобильных электростартерных установок на основе расчета коэффициентов влияния 32

Козловский В.Н., Евдокимов В.Г.

Проблемы повышения качества генераторной установки с использованием дискретной или полиномиальной моделей 35

Степанов Ю.И.

Задачи и функции предприятий вторых поставщиков, аккредитованных в Системе сертификации «Военэлектронсерв» 38

Николаев П.А.

Обзор отказов автомобильного электрооборудования при воздействии на него внешнего электромагнитного поля 41

О Международном авиационно-космическом салоне 44

«ИНТЕРАВТО» и «Мотор Шоу» 2007. 46

Электрические характеристики и результаты испытаний системы зажигания для силовых установок специальных автомобилей

Сидоров Б.Н., д.т.н.,
МАДИ (ГТУ), г. Москва

Евдокимов В.Г., к.т.н.,
Дальневосточный военный институт,
г. Благовещенск

Теоретическими исследованиями была обоснована возможность создания резервного коммутатора для силовых установок специальных автомобилей, который способен обеспечивать работу штатной системы зажигания в диапазоне внешних воздействий, перекрывающих установленные требования, и обладает высокой сохраняемостью.

Разработанные математические зависимости позволили создать ряд экспериментальных моделей коммутатора, в качестве коммутирующего элемента которых использованы герметичные магнитоуправляемые контакты с ртутным наполнением.

На рис. 1 представлен подвергнутый исследованиям вариант системы зажигания с предлагаемым коммутатором.

Предлагаемый вариант резервного коммутатора обеспечивает функционирование системы зажигания в двух режимах - синхронном и непрерывного искрообразования. В случае отказа только транзисторного коммутатора возможна коммутация цепи низкого напряжения в синхронном режиме. Так как сигнал, поступающий от датчика импульсов, имеет недостаточную мощность, то для повышения чувствительности контакт-деталей к управляющему воздействию необходимо использовать подмагничивающую обмотку. Для этой цели в данной схеме использованы обмотки L2 и L2', подключенные встречно. Магнито-движущие

силы (МДС), образованные токами, проходящими по обеим обмоткам, вычитаются, при этом результирующая МДС недостаточна для размыкания контакт-деталей. При вращении и коленчатого вала двигателя стартером, ток, вырабатываемый датчиком импульсов, проходит по обмотке L1. Под действием этого тока наводится МДС, направленная в ту же сторону, что и суммарная подмагничивающая МДС. Под действием результирующей МДС контакт-детали размыкаются, коммутируя ток первичной цепи. В случае выхода из строя датчика импульсов переключателем S3 обмотки L1 и L2' подключаются последовательно друг другу. МДС, образованные токами обеих обмоток, складываются, и значение результирующей МДС достаточно для коммутации контакт-деталей. При включении переключателя S1 в цепи низкого напряжения появляется ток. При достижении МДС, образованной токами обеих обмоток, значения, достаточного для срабатывания контакт-деталей,

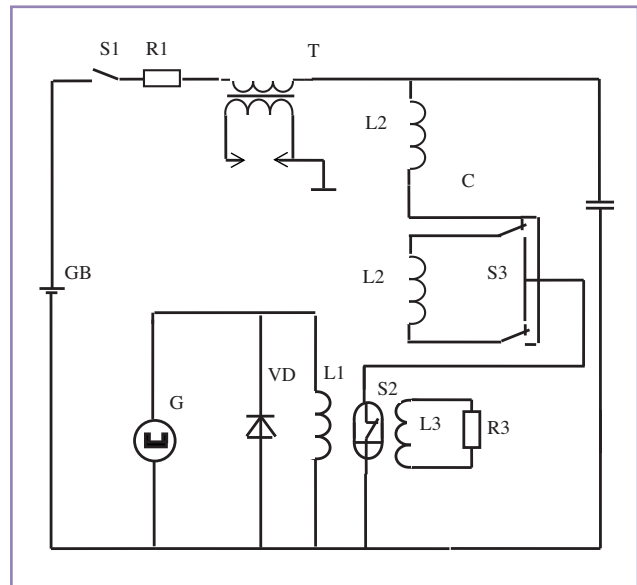


Рис. 1. Схема электрическая принципиальная экспериментального коммутатора.

последние размыкаются, обрывая ток цепи низкого напряжения. Одновременно во вторичной цепи генерируется импульс высокого напряжения. Под действием сил упругости контакт-детали замыкаются и процесс повторяется.

Для обеспечения максимальной мощности управления, омическое сопротивление управляющей об-

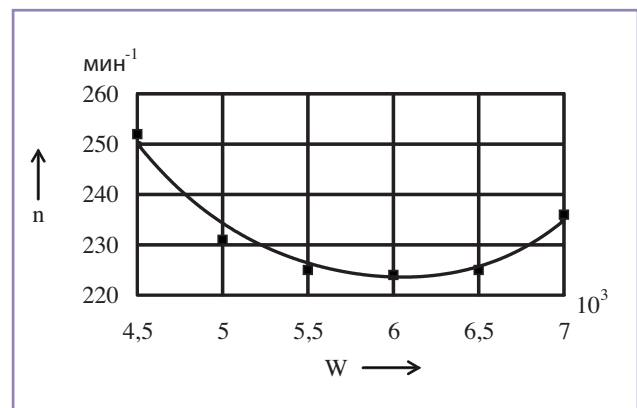


Рис. 2. Зависимость частоты вращения ротора датчика импульсов от количества витков управляющей обмотки.

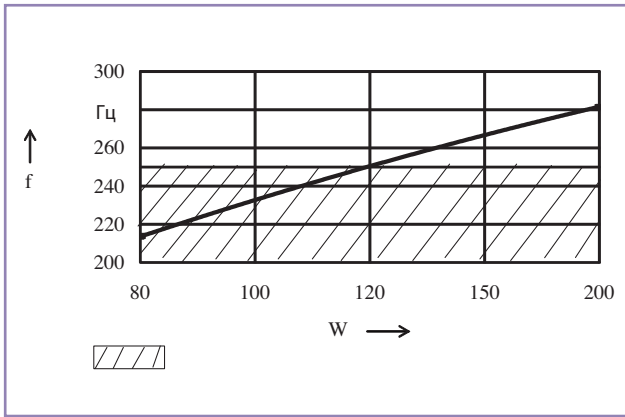


Рис. 3. Зависимость частоты коммутации первичного тока от количества витков управляющей обмотки.

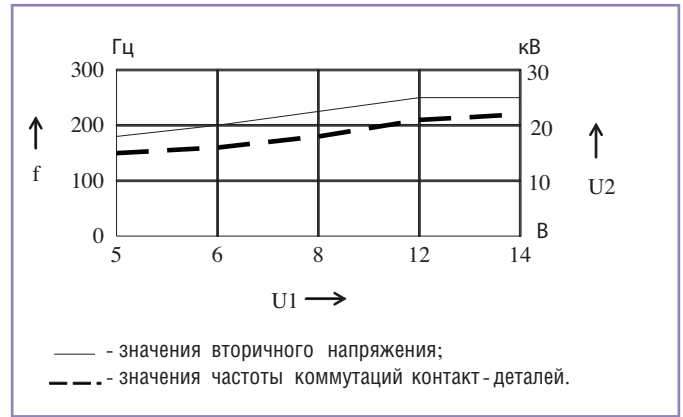


Рис. 4. Зависимость вторичного напряжения и частоты коммутаций от напряжения питающей сети.

мотки должно быть равно внутреннему сопротивлению генератора импульсов. Однако управляющая обмотка при одном и том же сопротивлении может иметь различное количество витков, и, следовательно, различную конфигурацию магнитной цепи. Анализ полученных экспериментальным путем зависимостей свидетельствует о том, что с увеличением количества витков управляющей обмотки частота вращения датчика ротора импульсов, при которой происходит срабатывание, уменьшается, что связано с возрастанием магнитодвижущей силы внутри обмотки (рис. 2). После достижения минимального значения, при дальнейшем увеличении количества витков управляющей обмотки, частота вращения ротора датчика, при которой наблюдается стабильная коммутация контакт-деталей, возрастает, вследствие увеличения внутреннего сопротивления управляющей цепи.

С целью обеспечения надежного искрообразования на пусковых частотах, количество витков управляющей обмотки должно обеспечивать стабильную коммутацию при минимальной частоте вращения датчика ротора импульсов. Для данной системы рациональное количество витков управляющей обмотки составило 5500, т.к. при меньшем или большем количестве витков увеличивается частота вращения ротора генератора, при которой наблюдается устойчивое искрообразование.

Количество витков управляющей обмотки, подключенной последовательно для обеспечения режима непрерывного искрообразования, определено из соображения достижения максимальной частоты коммутации контактов, при которой обеспечивается значение вторичного напряжения, гарантирующее воспламенение рабочей смеси в цилиндрах двигателя, с одной стороны, и функционирование контактов в

поле благоприятных режимов, с другой (рис. 3). По результатам исследования определено, что рациональным может считаться количество витков управляющей обмотки, при котором частота искрообразования равна 250 Гц. Именно в этом случае контакт-детали работают в диапазоне частот, рекомендованном заводом-изготовителем, а максимальное значение вторичного напряжения достигает 23 кВ, что гарантирует воспламенение рабочей смеси на всех режимах работы. В то же время на пусковых частотах наблюдается дополнительная многократная генерация искрового разряда, улучшающая условия пуска двигателя.

При функционировании системы зажигания напряжение питающей сети может колебаться в широком диапазоне, а на пусковых режимах снижаться до 6В. Поэтому было исследовано влияние частоты искрообразования и значения вто-

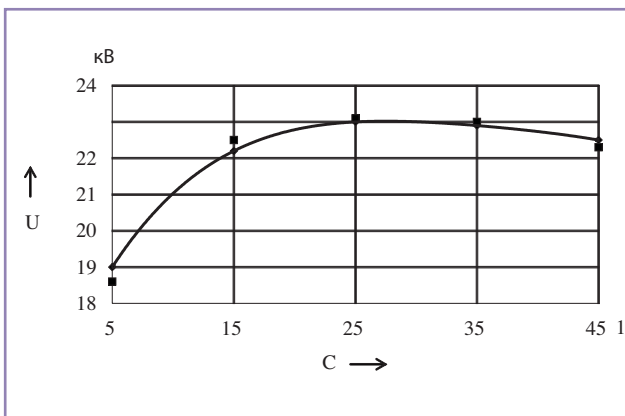


Рис. 5. Зависимость вторичного напряжения от емкости искрогасительного конденсатора.

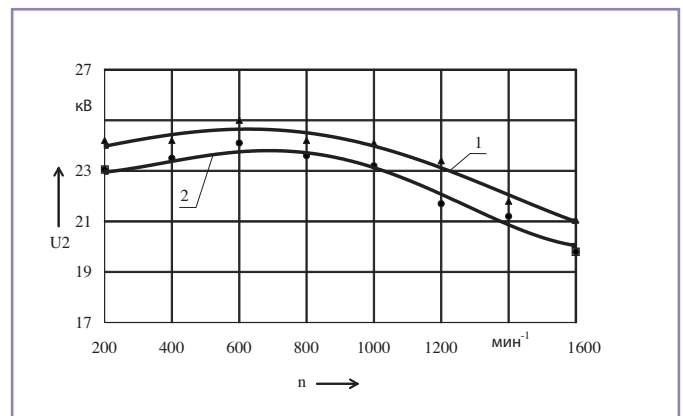


Рис. 6. Рабочие характеристики систем зажигания.

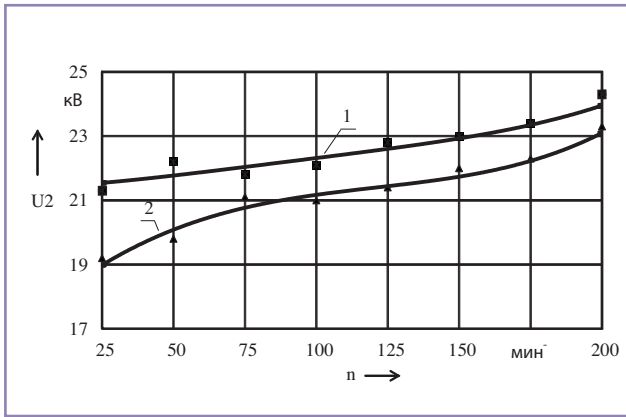


Рис. 7. Пусковые характеристики систем зажигания.

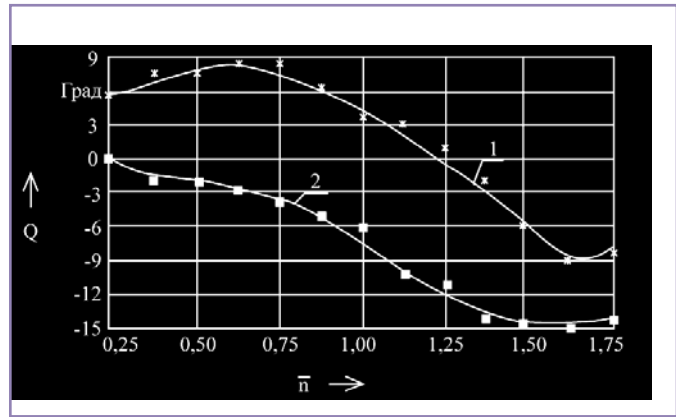


Рис. 8. Зависимость углов опережения зажигания от относительной частоты вращения коленчатого вала двигателя.

ричного напряжения в автоколебательном режиме от значения напряжения питающей цепи (рис. 4.).

С изменением напряжения питающей цепи, изменение частоты коммутаций незначительно, а уменьшение вторичного напряжения в зависимости от напряжения питающей цепи происходит по экспоненте, ввиду того, что с уменьшением частоты искрообразования возрастает время, в течение которого происходит накопление энергии в катушке зажигания. Для уменьшения искрообразования первоначально, параллельно контактирующим парам, устанавливался искрогасительный конденсатор. При таком включении, для обеспечения минимального искрообразования, емкость конденсатора должна равняться 2 мкФ. Однако во время коммутаций, при замыкании контактирующих пар, разрядный ток не ограничивался, вследствие чего плотность тока в месте контакта была значительной, что существенно понижало ресурс и приводило к залипанию контакт-деталей. В связи с вышеизложенным, конденсатор С1 был подключен параллельно последовательно соединенным обмотке управления и контакт-деталю. При таком подключении ток разряда конденсатора ограничивался сопротивлением управляющей обмотки, а емкость конденсатора, обеспечивающая наименьшее искрообразование, снизилась до 0,25 мкФ. Исследование зависимости вторичного напряжения от емкости искрогасительного конденсатора подтвердило, что при ука-

занном значении емкости искрогасительного конденсатора напряжение вторичной цепи максимально (рис. 5).

Значения вторичного напряжения, приведенные на рис. 5, получены при частоте вращения ротора генератора 1,5·10³ мин⁻¹. Первоначальное повышение вторичного напряжения с увеличением емкости искрогасительного конденсатора объясняется увеличением скорости убывания тока первичной цепи и уменьшением потерь энергии на искрообразование при размыкании контактов. Последующее снижение вторичного напряжения, при повышении емкости конденсатора, вызвано увеличением времени заряда, в течение которого вторичное напряжение успевает снизиться.

Исследование электрических характеристик резервной системы зажигания имело целью определить зависимость вторичного напряжения, вырабатываемого системой зажигания в поле рабочих частот вращения коленчатого вала. Измерение вторичного напряжения системы зажигания с предлагаемым коммутатором проводилось во всем диапазоне частот вращения ротора датчика импульсов, в сравнении с вторичным напряжением, вырабатываемым штатной системой зажигания. На рис. 6 представлены рабочие характеристики систем зажигания при работе с резервным коммутатором и в штатном режиме. Анализ рабочих характеристик показывает, что система зажигания с резервным коммутатором во всем диапазоне рабочих частот враще-

ния ротора датчика импульсов обеспечивает вторичное напряжение, сравнимое с вторичным напряжением бесконтактной системы зажигания, и существенно превышает значение пробивного напряжения (12-14 кВ). А вторичное напряжение системы зажигания с резервным коммутирующим устройством во всех точках рабочей характеристики изменяется аналогично вторичному напряжению бесконтактной системы зажигания.

На рис. 7 представлены пусковые характеристики системы зажигания в штатном режиме и с резервным коммутатором. Вторичное напряжение системы зажигания с резервным коммутатором несколько ниже вторичного напряжения бесконтактной системы зажигания, что объясняется увеличением искрения между контакт-деталью при низкой частоте коммутации как за счет увеличения тока разрыва, так и за счет уменьшения скорости движения подвижного электрода, а также несколько большим сопротивлением цепи тока низкого напряжения. С увеличением частоты вращения ротора датчика импульсов возрастает вторичное напряжение, вырабатываемое резервной системой зажигания, что вызвано увеличением МДС, воздействующей на контакт-детали, повышением скорости отхода контактирующих поверхностей и, как следствие, приводит к снижению потерь энергии в искровом зазоре.

Характеристики углов опережения зажигания определялись на стенде СПЗ-8М при его работе в

режиме измерения угла искрообразования.

Как видно из полученных характеристик, при управлении коммутацией от датчика импульса происходит запаздывание угла опережения, при работе с резервным регулятором, относительно угла опережения бесконтактной системы во всем диапазоне частот вращения датчика импульсов (рис. 8).

Момент коммутации определяется положительным импульсом датчика после максимума напряжения импульса, что объясняется задержкой магнитного поля управляющей катушки относительно напряжения датчика и конечной скоростью движения электродов.

В любом случае, при работе системы зажигания с резервным коммутатором в синхронном режиме требуется корректировка установочного угла опережения зажигания. Эффективные показатели двигателя при работе с резервной системой на синхронном режиме сравнивались с эффективными показателями двигателя при работе со штатной системой зажигания и режимом непрерывного искрообразования.

Переключение системы зажигания с транзисторного коммутатора на резервный осуществлялось при помощи тумблера, что обеспечивало идентичное состояние силовой установки при работе с различными системами. Анализ полученных скоростных характеристик позволяет сделать следующие выводы: расхождение значений крутящего момента (M_k), эффективной мощности (N_e), часового расхода топлива (G_T) и удельного расхода топлива (g_e) при работе двигателя со штатной системой зажигания с резервным коммутатором в режиме синхронного искрообразования (кривые 1 и 2) незначимы и находятся в пределах точности измерений, т.е. эффективные показатели двигателя на указанных режимах одинаковы (рис. 9).

При работе двигателя с резервной системой зажигания, обеспечивающей искрообразование в автоколебательном режиме, эффективные показатели снижаются в среднем на 10 – 20 %, что связано со

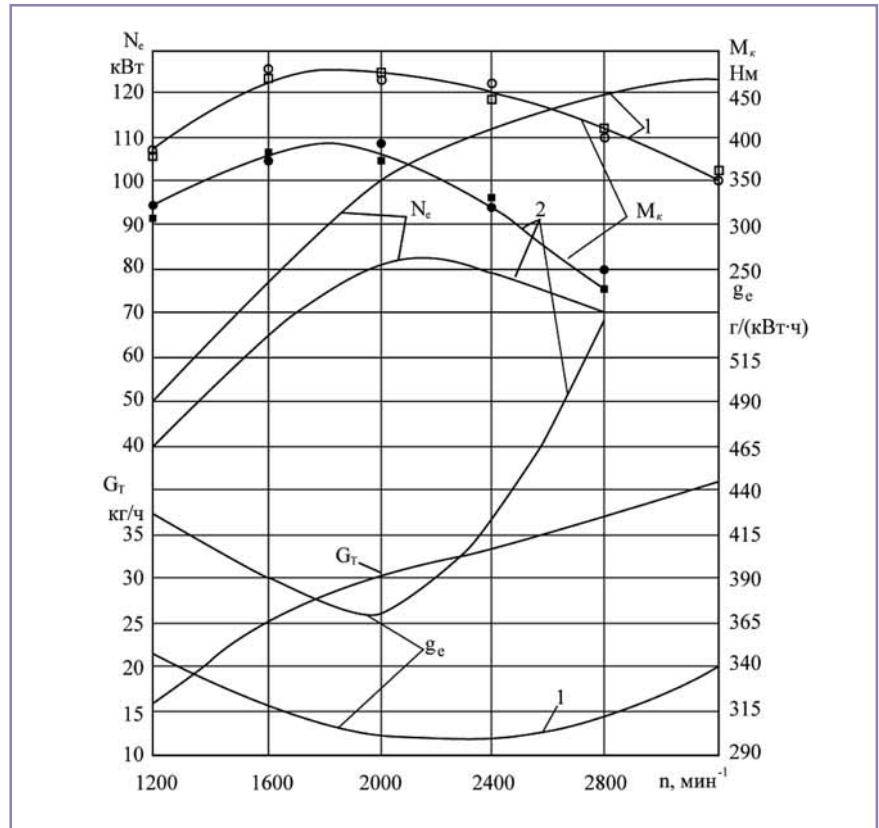


Рис. 9. Скоростные характеристики при работе двигателя с различными системами зажигания.

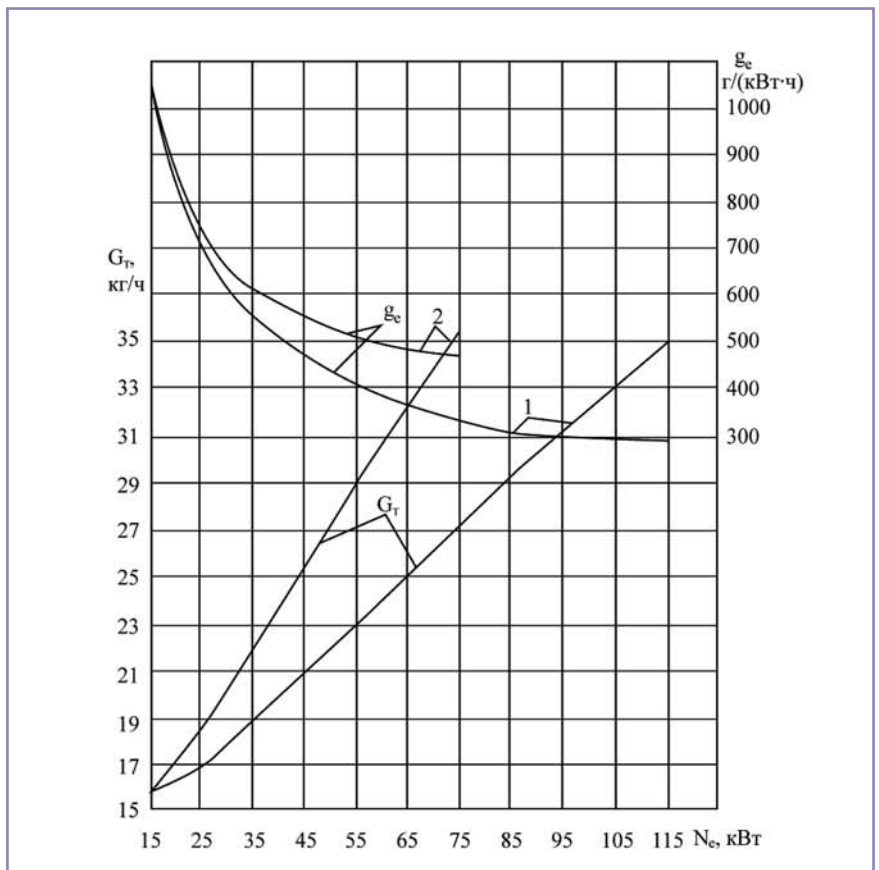


Рис. 10. Нагрузочные характеристики при работе двигателя с различными системами зажигания

случайным характером генерации искры в цилиндрах независимо от установленного момента зажигания.

Анализ нагрузочных характеристик двигателя при его работе с исследуемой системой зажигания коленчатого вала показывает, что эффективные показатели двигателя при работе со штатной и предлагаемой системой зажигания, в случае работы последней в синхронном режиме, практически не отличаются (отличаются в пределах ошибки измерения) во всем диапазоне частот вращения коленчатого вала (рис.10). При работе предлагаемой системы зажигания в режиме непрерывного искрообразования эффективные показатели силовой установки существенно снижается, т.к. наблюдаются пропуски в работе цилиндров в связи с несвоевременным воспламенением или отсутствием воспламенения в цилиндрах двигателя. В таком режиме, в зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя, крутящий момент снижается на 6 – 20 %, мощность – на 18 – 20 %, удельный расход топлива повышается на 8 – 30 %. Таким образом, показатели силовых установок с резервной системой зажигания соответствуют аналогичным показателям со штатной системой зажигания. При работе резервной системы зажигания в автоколебательном режиме показатели силовой установки превышают аналогичные показатели штатной системы зажигания во время работы со штатным аварийным вибратором на 5% вследствие увеличения частоты искрообразования и возрастания верности пробоя искрового промежутка в требуемый момент времени.

Необходимость испытания системы зажигания с резервным коммутатором при воздействии низких температур вызвано тем, что температура застывания ртути соответствует 390С (234 К), а требование нормативных документов предписывают обеспечение работоспособного состоянием систем электрооборудования при температуре окружающей среды – 500С.

Исследования проводились на климатической установке «Табай».

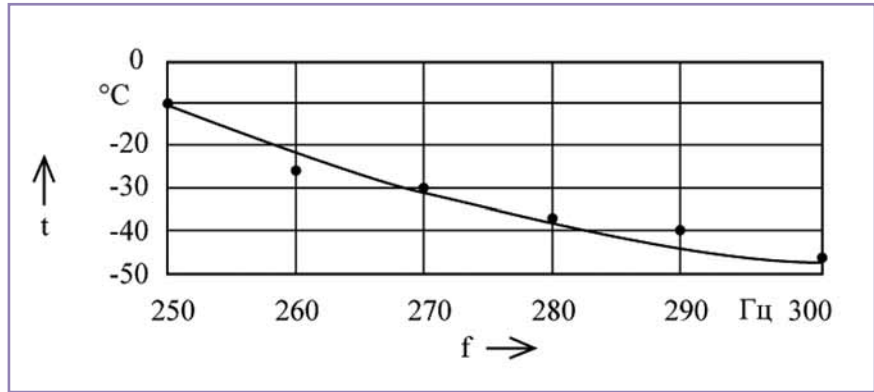


Рис. 11. Зависимость частоты коммутаций контактно-деталей от температуры.

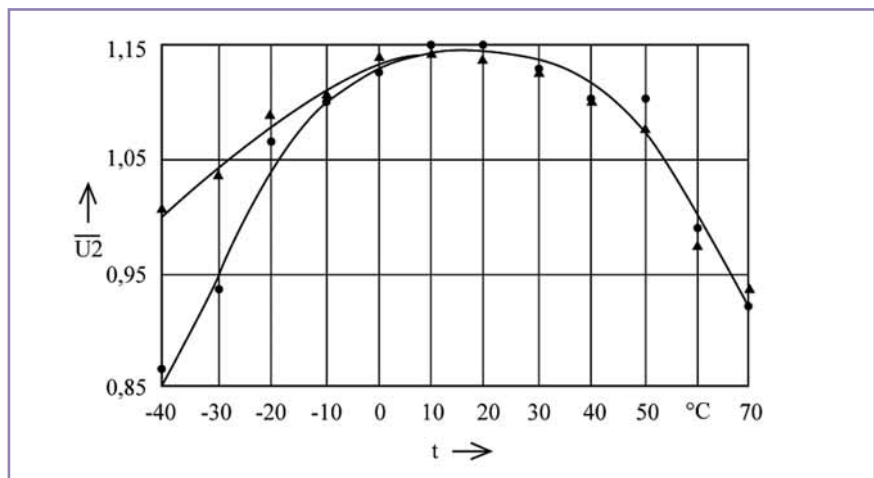


Рис. 12. Зависимость относительного значения вторичного напряжения от температуры.

Температура внутри климатической установки фиксировалась на уровне -500С. Исследуемые образцы выдерживались в течение пяти часов, после чего проверялась их способность к коммутации тока первичной цепи в синхронном режиме и режиме непрерывного искрообразования. Испытуемые образцы оказались неспособны к работе в режиме синхронного искрообразования, в указанных условиях, вследствие недостаточной мощности управляющего сигнала, поступающего от датчика импульсов при пусковых частотах, в то время как устойчивое искрообразование в автоколебательном режиме наблюдалось во всём диапазоне температурных воздействий (рис. 11).

Пуск двигателя в условиях низких температур рекомендуется осуществлять при работе системы зажигания в автоколебательном режиме, что увеличит вероятность

пуска, так как в момент сжатия обеспечит генерацию до пяти искровых разрядов. После пуска и прогрева двигателя, а, следовательно, прогрева коммутирующего элемента, для достижения двигателем номинальных показателей необходимо перейти на синхронный режим искрообразования.

Исследование зависимости вторичного напряжения на режиме пуска от воздействия температур показало, что резервная система остается работоспособной во всем требуемом интервале (рис. 12).

Таким образом, предлагаемый резервный коммутатор обеспечивает работу силовой установки во всем диапазоне возможных внешних воздействий, при поддержании требуемого уровня ее характеристик, и может быть использован для обеспечения работоспособности автомобилей в особых условиях эксплуатации.

Особенности аппаратов зажигания для двигателей с непосредственным впрыскиванием бензина в цилиндр двигателя

Набоких В.А., к.т.н., профессор,
Подволоцкий А.В., Висков М.Г.,
МГТУ «МАМИ», г. Москва

В статье рассмотрены способы зажигания топливной смеси в камере сгорания бензинового двигателя при применении процесса непосредственного впрыскивания топлива. Приведены материалы по энергетическим параметрам высокочастотных катушек зажигания и возможная конструктивная схема катушки.

Совершенствование бензиновых двигателей внутреннего сгорания определило применение непосредственного впрыскивания бензина в цилиндр двигателя. Применяется несколько способов зажигания впрыскиваемого в камеру сгорания топлива. Одним из способов является зажигание впрыскиваемого топлива в непосредственной близости от свечи зажигания, что требует очень жесткой геометрической ориентации свечи зажигания относительно топливной форсунки и точной направленности струи впрыскиваемого топлива в камеру сгорания. Другим способом является зажигание топливной смеси, движущейся к свече зажигания в виде направленного вихря. Вихрь образуется впускным каналом и камерой в поршне. Эти способы зажигания не всегда обеспечивали надежное воспламенение при применении индивидуальных катушек зажигания на свечу, не смотря на применение магнитов высоких энергий в сердечнике и коммутацию больших по величине токов в первичной обмотке катушки.

В связи с этим в последнее время проявился интерес к высокочастот-

ным аппаратам зажигания для многоцилиндровых двигателей. В этих системах зажигания применяются высокочастотные, индивидуальные катушки зажигания на свечи зажигания, которые могут обеспечивать многоискровое зажигание.

Такие высокочастотные катушки зажигания широко применялись на авиационных поршневых и реактивных двигателях. Основой высокочастотных аппаратов систем зажигания являются два взаимосвязанных колебательных контура, а источником начальной энергии — зарядный конденсатор, разряжающийся на первичную обмотку высокочастотной катушки. Высокочастотные аппараты зажигания мало чувствительны к шунтирующим сопротивлениям на свечах зажигания, так как импульсы высокого напряжения имеют крутой фронт и снижают эрозию электродов свечей зажигания.

Электрическая эквивалентная схема рабочего процесса высокочастотной системы зажигания в со-

ответствии с теорией Балагурова В. А. приведена на рис. 1. Решение дифференциальных уравнений этой схемы для первичного и вторичного контуров показывает, что максимальная величина вторичного напряжения достигается, когда вся электростатическая энергия зарядного конденсатора без потерь перейдет в электростатическую энергию вторичной цепи. Это возможно при резонансе первичного и вторичного контуров и коэффициенте связи обмоток, близком к 1.

Разрядный процесс высокочастотных аппаратов систем зажигания так же, как в батарейных системах зажигания содержит емкостную фазу и индуктивную. Емкостная фаза разряда высокочастотной катушки зажигания из-за малой величины распределенной вторичной емкости имеет длительность десятые и сотые доли микросекунды, малое значение энергии, до одного мили-джоуля (достаточное для образования канала искрового

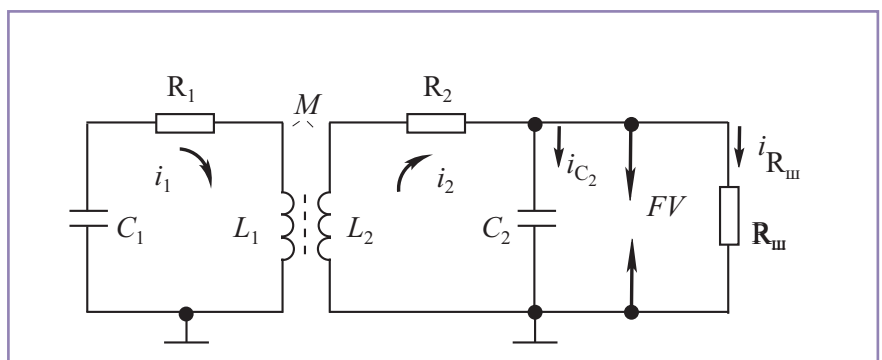


Рис. 1. Электрическая схема замещения высокочастотной катушки зажигания в период нарастания вторичного напряжения:

L_1 и L_2 — индуктивности первичной и вторичной обмоток; C_1 — емкость первичного контура; C_2 — суммарная распределенная емкость вторичного контура; R_1 и R_2 — сопротивления первичного и вторичного контуров; M — взаимная индуктивность между обмотками высокочастотной катушки; $R_{ш}$ — шунтирующее сопротивление свечи зажигания; FV — искровой промежуток

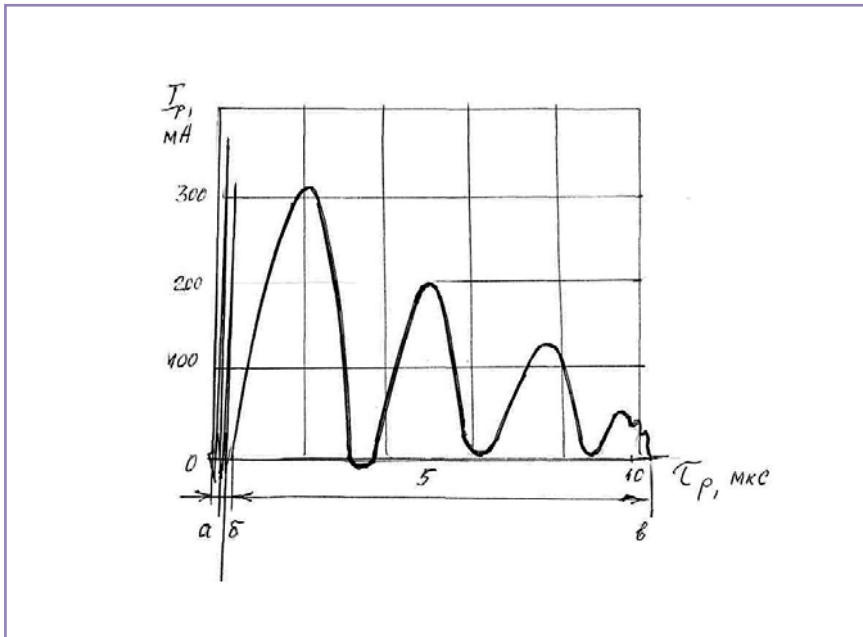


Рис. 2. Оциллограмма искрового разряда высокочастотной системы зажигания:

«а» - «б» - емкостная фаза еф;

«б» - «в» - индуктивная (дуговая) фаза иф

разряда). Емкостная фаза разряда носит колебательный характер (рис. 2 а, б).

Индуктивная фаза искрового разряда имеет продолжительность 10...25 мкс, величина тока разряда достигает 0,5 А, а величина энергии - 300...400 мДж. Следовательно, индуктивная фаза по своим характеристикам приближается к дуговому разряду. Характерной ее особенностью является то, что ток изменяет направление и, в момент исчезновения тока, дуга не гаснет, так как высокая частота колебаний не приводит к деионизации искрового промежутка свечи зажигания (рис.2 б, в).

Короткая продолжительность искрового разряда в высокочастотных многоискровых системах при приемлемой воспламеняющей способности (в этом случае воспламенение осуществляется в форкамере) позволила использовать высокочастотную катушку зажигания в качестве датчика детонации, расположенного в каждом цилиндре ДВС. После разрядного процесса к межэлектродному пространству свечи зажигания прикладывается постоянное напряжение 25...180В и изме-

ряется ток ионизации. В момент возникновения детонационного сгорания величина ионизационного тока может достигать 0.5А, что позволяет зафиксировать детонацию специальным электронным устройством электронного блока и произвести коррекцию УОЗ с помощью МП контроллера.

Конструкция автомобильной высокочастотной катушки зажигания, устанавливаемой на свечу зажигания, представлена на рис. 3. Она состоит из экрана, в котором размещена высокочастотная коаксиальная катушка в пластмассовом корпусе. В корпусе находится вторичная секционная обмотка, первичная обмотка и разомкнутый магнитопровод. Длина намотки первичной обмотки на 40% меньше каркаса вторичной обмотки, что увеличивает значение коэффициента связи обмоток.

Такая конструктивная схема высокочастотной катушки зажигания потребовала обновления расчетных методов проектирования систем зажигания и применения новых магнитных материалов. В настоящее время в МГТУ МАМИ проводится комплекс научно -

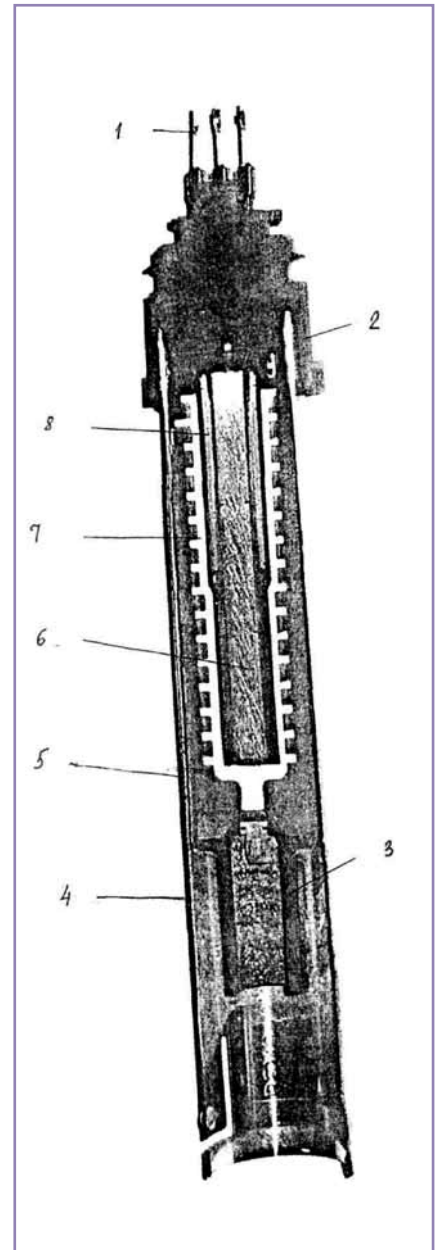


Рис.3. Конструктивная схема автомобильной высокочастотной катушки зажигания:

1 - выводы; 2 - корпус; 3 - резиновое уплотнение 4 - наружный магнитопровод; 5 - экран наружный; 6 - сердечник; 7 - вторичная обмотка; 8 - первичная обмотка

исследовательских и расчетных работ, которые позволят создать отечественный вариант высокочастотной катушки зажигания. Такая катушка зажигания позволит расширить диагностические возможности микропроцессорных систем управления бензиновых двигателей.

Особенности аппаратов зажигания для двигателей с непосредственным впрыскиванием бензина в цилиндр двигателя

**Иньков Ю.М., д.т.н., профессор,
МИИТ, г. Москва**

**Худоногов А.М., д.т.н., профессор,
Смирнов В.П., д.т.н., профессор,
Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск**

В статье рассматривается метод комплексного мониторинга и управления вентиляцией силового электрооборудования электровозов переменного тока по величине активной мощности привозных электродвигателей, обеспечивающий повышение надежности электровозов.

Анализ надежности электрического оборудования электроподвижного состава переменного тока показывает, что, с вводом в эксплуатацию электровозов ВЛ 85, ВЛ 80 Р, ВЛ 65 с плавным регулированием напряжения, на Восточно-Сибирской железной дороге (ВСЖД) наблюдается существенное снижение их надежности по сравнению с электровозами, имеющими диодные выпрямительные установки.

Установлено, что наибольшее число отказов электровозов (более 30% от общего числа поврежденных) вызвано неисправностями тяговых электродвигателей (ТЭД). Причем, около 70% из них приходятся на якорные обмотки. Значительное количество отказов электровозов связано также с нарушениями работы блоков балластных резисторов (ББР), сглаживающих реакторов (СР) и выпрямительно-инверторных преобразователей (ВИП). Наиболее опасными являются повреждения двух последних видов оборудования (СР и ВИП), так как около 90% пожаров, приводящих к значительному ущербу, а иногда и полному выго-

ранию секции электровоза, связано с возгоранием СР и ВИП.

Анализ статистических данных надежности электровозов, наблюдения за работой их электрического оборудования при проведении эксплуатационных испытаний показывают, что основными причинами выхода из строя перечисленного выше оборудования являются их резко неравномерная загрузка и неудовлетворительная вентиляция.

Результаты вентиляционных испытаний, проведенных на электровозах переменного тока ВСЖД, указывают на существенное уменьшение расхода охлаждающего воздуха электрического оборудования по сравнению с номинальным. Так, три четвертых обследованных при вентиляционных испытаниях ТЭД имели расход менее допустимого, при этом один из двигателей вентилировался охлаждающим воздухом, составляющим 25,3% от номинального значения. Средний расход воздуха при совокупности проверенных ТЭД — 67,3%. Коэффициент вариации выборки составил 32,1%.

Сокращение расхода воздуха наблюдается также и у СР. Более 82% группы реакторов, проверенных случайной выборкой, имели расход воздуха менее номинального, причем почти две третьих СР контрольной группы обдувались потоком воздуха, составляющим лишь 30–40% расчетного значения. Установлено снижение расхода воздуха индуктивных шунтов и ББР по сравнению с номинальной величиной.

Приведенные данные о состоянии вентиляции оборудования электровозов ВСЖД указывают на недостаточность объема и периодичности проверок и регулировок вентиляции, установленных инструкцией

ЦТ-814 от 10.04.01 г. по подготовке к работе и техническому обслуживанию электровозов в зимних и летних условиях. Согласно инструкции, расход воздуха ТЭД и величина противодавления в высоковольтных камерах подлежат проверке лишь один раз в году, при подготовке к работе в зимних условиях.

Опыт эксплуатации показывает, что для обеспечения стабильности характеристик сложных вентиляционных систем электровозов переменного тока требуется более частый, чем по инструкции ЦТ-814, контроль вентиляции всего охлаждаемого оборудования электровозов.

Разработан и опробован в условиях эксплуатации простой и эффективный метод комплексной проверки интенсивности охлаждения всего вентилируемого оборудования электровозов переменного тока, основанный на измерении активной мощности приводных асинхронных двигателей вентиляторов. Этот метод диагностики вентиляции наиболее подходит при переводе электровозов из зимнего режима работы на летний и наоборот.

Согласно этому методу, производительность вентиляторов определяется на тракционных путях основного депо или пункта технического обслуживания локомотивов. Перед проверкой система вентиляции электровоза, например ВЛ 85 (рис. 1), переводится на летний режим (снимаются снегозащитные шторы, закрываются окна рециркуляции, регулировочные заслонки ТЭД, СР и силового трансформатора переводятся в летнее положение). В однофазную цепь питания вспомогательных машин (шина С9) устанавливается измерительный трансформатор тока Т40 типа УТТ-5 (рис. 2). Выводы вторичной обмотки Т40 проводами ПС-1000

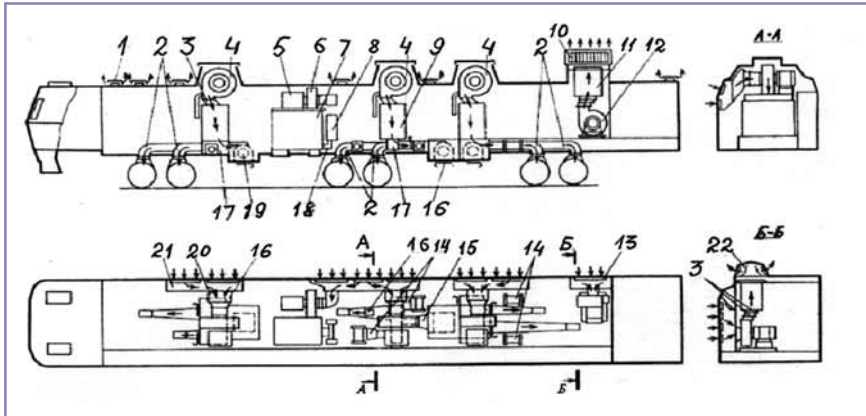


Рис. 1. Схема вентиляции электровоза ВЛ 85.

1 – дефлектор; 2 – воздухопроводы к тяговым двигателям; 3 – патрубок переходный; 4 – вентилятор ЦВВ89-15 №8,2 (МВ1, МВ2, МВ3); 5 – двигатель вентилятора; 6 – вентилятор Ц8 - 19 №6,5 (МВ4); 7 – тяговый трансформатор; 8 – выпрямительная установка возбуждения (ВУВ); 9 – преобразователь ВИП-4000; 10 – колпак ББР; 11 – блок стабилизирующих резисторов; 12 – вентилятор Ц8-19 №7,6 (МВ5); 13 – жалюзи; 14 – воздухопроводы к индуктивным шунтам; 15 – воздухопровод к сглаживающему реактору; 16 – регулировочная заслонка; 17 – воздухораспределительная камера; 18 – воздухопровод к ВУВ; 19 – реактор сглаживающий; 20 – малая форкамера; 21 – большая форкамера; 22 – снегоотбойный лист.

(сечением 1,5 мм²) соединяются с токовыми зажимами измерительного комплекса К-506, установленного в кабинете контролируемой секции. Проводами ПС-1000 шины С8, С9 (напряжение вспомогательных машин) соединяются с напряженчески-

ми зажимами комплекса К-506. Отключаются двигатель маслонасоса трансформатора контролируемой секции и все асинхронные двигатели неконтролируемой. После подъема токоприемника включается расщепитель фаз (РФ) и мотор-компрессор

(МК), по окончании работы которого производятся измерения производительности вентиляторов (табл. 1). В каждом цикле измерения, после выключения РФ в установившемся режиме работы мотор-вентилятора, выполняются измерения напряжения питания $U_{ВМ}$, активной (входной) мощности $P_{эл}$ двигателя АНЭ 225, привода вентилятора, температуры $t_{в}$ и давления воздуха В.

После окончания измерений в первой секции электровоза, выполняется монтаж измерительного оборудования и измерения во второй секции.

По зависимостям выходной механической мощности двигателя АНЭ 225 от входной (активной) мощности при разном напряжении питания находится мощность на валу двигателя при давлении B_i и температуре воздуха $t_{в,i}$ во время измерения входной мощности приводного двигателя вентилятора $P_{эл,i}$ (рис. 3). Определяется плотность воздуха

$$\gamma_{t_{в,i} B_i} = \frac{0,463 \cdot B_i}{273 + t_{в,i}}$$

при измерении производительности вентиляторов:

Таблица 1. Карта измерения производительности вентиляторов электровоза ВЛ 85.

Номер мотор-вентилятора	Этап измерения	Приводной двигатель								Измеряемые параметры			
		РФ	МВ1	МВ2	МВ3	МВ4	МВ5	МК	МН	$U_{ВМ}$, В	$P_{эл}$, кВт	В, мм.рт.ст.	$t_{в}$, °С
		Состояние двигателя											
МВ1	П	■	■										
	И		■							$U_{ВМ1}$	$P_{эл1}$	B_1	$t_{в1}$
МВ2	П	■		■									
	И			■						$U_{ВМ2}$	$P_{эл2}$	B_2	$t_{в2}$
МВ3	П	■			■								
	И				■					$U_{ВМ3}$	$P_{эл3}$	B_3	$t_{в3}$
МВ4	П	■				■							
	И					■				$U_{ВМ4}$	$P_{эл4}$	B_4	$t_{в4}$
МВ5	П	■					■						
	И						■			$U_{ВМ5}$	$P_{эл5}$	B_5	$t_{в5}$

П – подготовка к измерению
И – измерение

■ - двигатель включен
□ - двигатель отключен

Плотность воздуха при нормальных условиях:

$$\gamma_{t_{BH}, B_H} = \frac{0,463 \cdot B_H}{273 + t_{BH}} = \frac{0,463 \cdot 760}{273 + 20} = 1,201 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3},$$

где $B_H = 760$ мм.рт.ст. – давление воздуха при нормальных условиях;

$t_{BH} = + 20^\circ\text{C}$ – температура воздуха при тех же условиях.

Находится отношение плотности воздуха при нормальных условиях и в момент измерения:

$$K_i = \frac{\gamma_{t_{BH}, B_H}}{\gamma_{t_{из}, B_{из}}}$$

Выполняется пересчет мощности на валу двигателя $P_{\text{мех},i}^{B_{из}, t_{из}}$ к мощности этого же двигателя при нормальных условиях:

$$P_{\text{мех},i}^H = P_{\text{мех},i}^{B_{из}, t_{из}} \cdot K_i$$

По зависимостям подачи воздуха вентилятора Q от мощности, на валу приводного двигателя $P_{\text{мех},i}^H$ при нормальных атмосферных условиях устанавливается подача воздуха контролируемым вентилятором (рис. 4). При снижении подачи воздуха более, чем на 10% от номинального значения устанавливается причина снижения подачи и производится ее устранение. Затем выполняется повторная проверка производительности вентилятора.

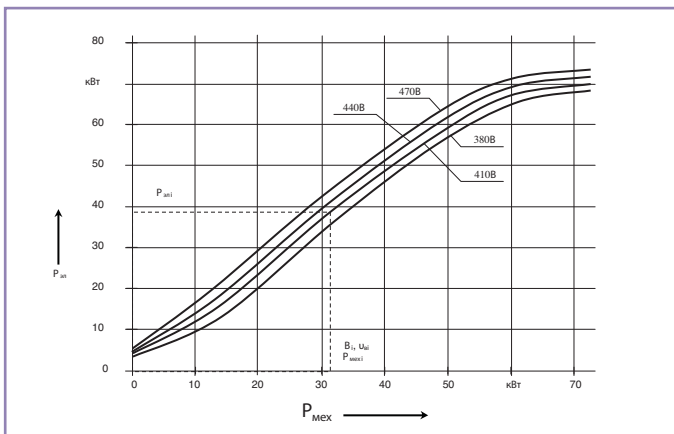


Рис. 3. Зависимость выходной мощности $P_{\text{мех}}$ двигателя АНЭ 225 от входной $P_{\text{эл}}$.

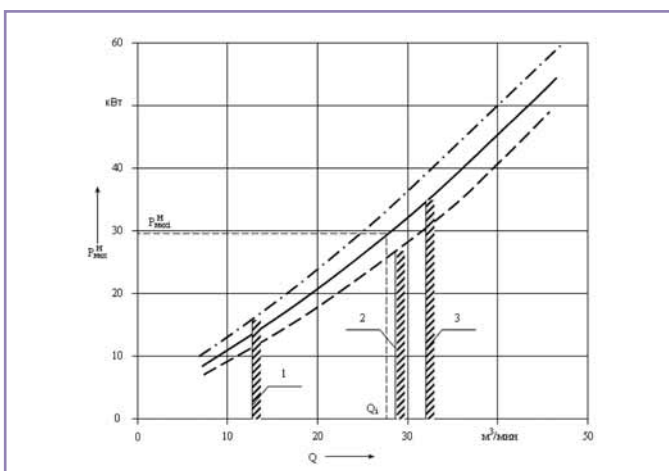


Рис. 4. Зависимость расхода воздуха Q от мощности (двигатель АНЭ 225). Номинальный расход воздуха: 1 – вентилятор 4 (МВ4); 2 – вентилятор 5 (МВ5); 3 – вентиляторы 1, 2, 3 (МВ1, МВ2, МВ3).

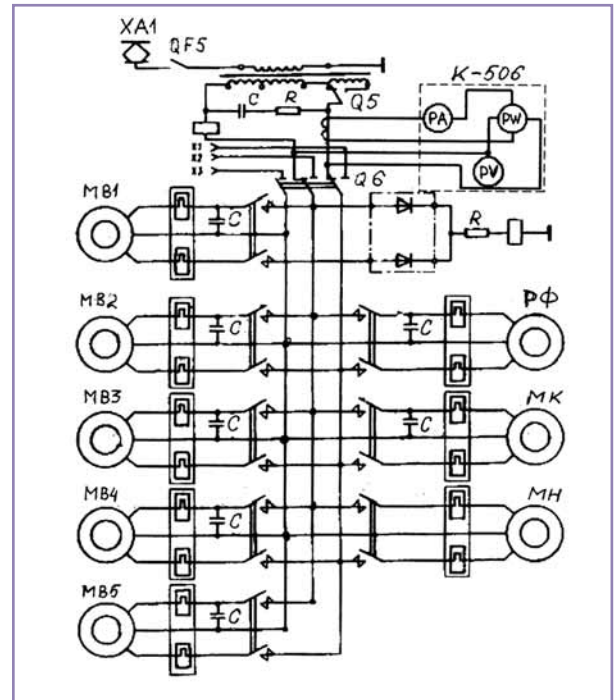


Рис. 2. Схема измерения напряжения $U_{\text{вн}}$ и входной мощности $P_{\text{эл}}$ мотор-вентиляторов электровоза ВЛ 85: МВ1, МВ2, МВ3 – мотор-вентиляторы ВИП, СР, ТЭД, индуктивных шунтов; МВ4 – тягового трансформатора и ВУВ; МВ5 – ББР; РФ – расщепитель фаз; МК – мотор-компрессор; МН – мотор-насос трансформатора.

Выводы

1. Основными причинами отказов ТЭД, СР, ВИП и ББР электровозов переменного тока ВСЖД являются повышенная токовая нагрузка и неудовлетворительная вентиляция.
2. Средний расход воздуха ТЭД и СР электровозов ВСЖД существенно ниже номинального. В эксплуатации находятся ТЭД и СР, расход воздуха которых составляет менее 30% от номинального значения.
3. Существующий объем, а также периодичность контроля и регулировок вентиляции недостаточны для обеспечения требуемого уровня надежности силового электрооборудования электровозов переменного тока на ВСЖД.
4. Предлагаемый метод комплексного мониторинга и управления вентиляцией силового электрооборудования электровоза переменного тока по величине активной мощности приводных электродвигателей прост, малотрудоемок, позволяет проводить регулярную объективную проверку и регулировку вентиляции при проведении технических обслуживаний и текущих ремонтов, обеспечивая существенное повышение надежности электровозов без увеличения времени простоя.

Повышение эффективности рекуперативного торможения на электровозах постоянного тока

**Феоктистов В.П., д.т.н., профессор,
Иньков Ю.М., д.т.н., профессор,
Самойлов Ю.О.,
МИИТ, г. Москва**

Рассмотрена система рекуперативного торможения электровоза постоянного тока, в которой одна или две тяговые электромашин выполняют функции питания обмоток возбуждения рекуперирующих электромашин. При этом существенно упрощается электрооборудование электровоза, если обеспечивается требуемые по условиям торможения регулировочные свойства в широком диапазоне скоростей.

Существенным достоинством электрической тяги является возможность электрического торможения поезда с возвратом электрической энергии в тяговую сеть. Наиболее просто этот режим реализуется на электровозах постоянного тока путем перевода тяговых электродвигателей в генераторный режим и подключения их непосредственно к тяговой сети 3 кВ, которая выполняет функции приемника энергии. Возможные варианты реализации систем рекуперации электроподвижного состава (ЭПС) постоянного тока даны на рис. 1 [1].

Наиболее широко применяют систему с независимым возбуждением тяговых электромашин при обеспечении противокомпаундирования — отрицательного обратного соотношения тока возбуждения к току якорной цепи. То есть

$K_n = dI_b / dI_a = -(0,5 \div 0,7)$, где K_n — коэффициент противокомпаундирования, dI_b — изменение тока возбуждения, dI_a — изменения тока якорной цепи. Это обеспечивает устойчивость рекуперативного режима при скачкообразных изменениях напряжения в тяговой сети и

скорости поезда. Обычно питание обмоток возбуждения осуществляется от возбуждателя рекуперации (двухколлекторный одноякорный машинный преобразователь или, реже, статический преобразователь).

Быстрый рост объемов перевозок на отечественных железных дорогах привел к увеличению мощности электровозов, в основном за счет увеличения числа осей. Переход на 12-осные электровозы ВЛ11М, ВЛ15 заставляет ограничивать тормозную силу локомотива на уровне 350-550 кН из опасности выдавливания вагонов в сжатом поезде [2]. Поэтому часть тяговых электромашин можно

Эту проблему можно решить применением специальных схем включения тяговых электромашин. Соответствующий пример для 4-осной секции электровоза дан на рис. 2. Якорные обмотки Я1-Я3 соединены последовательно и подключены под напряжение U тяговой сети посредством стабилизирующего резистора R_c (рис. 3а). Обмотка Я4 включена по схеме реостатного торможения последовательно с ОВ1-ОВ4, стабилизирующим резистором R_1 , в качестве которого используют пусковой реостат электровоза. Противокомпаундирование осуществляется за счет того, что по R_c протекает сумма токов $(I_p + I_b)$.

Системы рекуперативного торможения ЭПС постоянного тока					
С отдельным возбудителем				Без отдельного возбудителя	
Стабилизирующий резистор (ВЛ 19, ВЛ 22М)	Противовозбуждение возбудителя (ВЛ 8, ВЛ 10, ВЛ 11, ВЛ 15)	Питание ОВ от статического преобразователя	Смешанное возбуждение тяговых электромашин	Тяговая электромашин - возбудитель	Импульсное регулирование (ЭМ 2И, Яуза)

Рис. 1. Классификация систем рекуперативного торможения.

исключить из рекуперативного режима и использовать их в качестве осевых возбудителей. Тем самым отключается отдельный возбудитель, что позволяет существенно упростить вспомогательное электрооборудование электровоза. А здесь возникает проблема реализации приемлемых регулировочных и тормозных характеристик.

Подбор необходимой формы тормозной характеристики осуществляют выбором дополнительного резистора R_1 в сочетании со стабилизирующим резистором R_c .

Аналогичная схема с последовательным соединением рекуперирующих машин Я1-Я2 представлена на рис. 3б. Машины-возбудители Я3-Я4 соединены по схеме реостат-

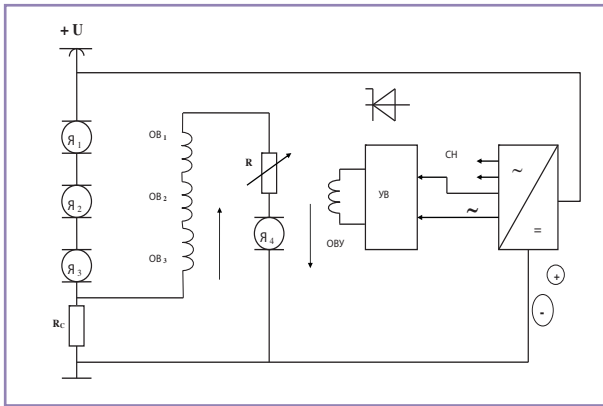


Рис. 2. Упрощенная схема без отдельного возбуждителя.

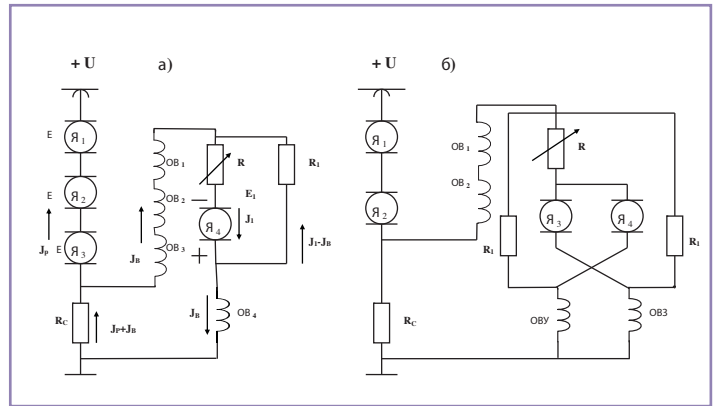


Рис. 3. Варианты подключения 4-осевой секции электровоза в режиме рекуперации с осевыми возбудителями:
а) – для трех рекуперирующих машин,
б) – для двух рекуперирующих машин.

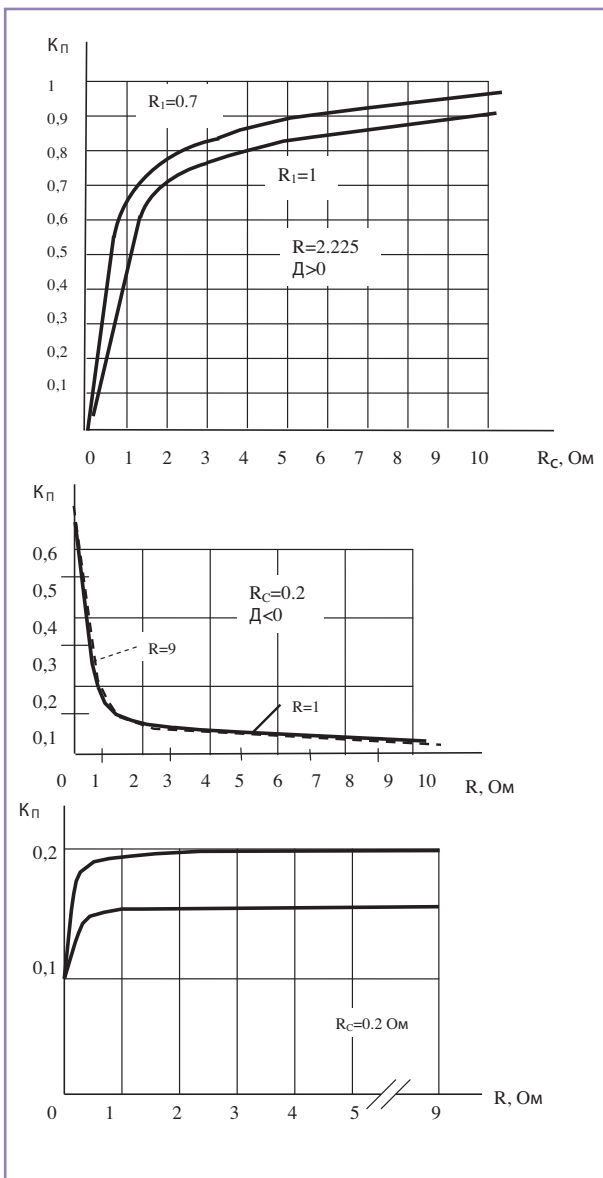


Рис. 4. Влияние резисторов R_c и R_1 на коэффициент противокомпаундирования.

ного тормоза с циклическим возбуждением. Возможно и последовательное соединение машин Я3-Я4. Выбор конкретной схемы осуществляется в зависимости от скорости поезда. При наиболее часто используемых в грузовом движении скоростях 55-65 км/ч целесообразна схема по рис. 3а.

Основным регулировочным параметром рекуперативных схем является коэффициент противокомпаундирования K_p . На рис. 4 показана его зависимость от стабилизирующего резистора R_c в указанном выше диапазоне скоростей при двух значениях дополнительного резистора R_1 . Подбором R_c легко обеспечить нужное значение $K_p = (0,5-0,7)$.

Расчет систем рекуперации с осевыми возбудителями осуществляется по методике профессора Трахтмана Л.М. с учетом нелинейной зависимости магнитного потока каждой из машин от тока возбуждения [3]. При расчете переходных процессов учитывают также и вихревые токи.

Расчет рассматриваемой электромеханической системы, ввиду нелинейности описывающих ее уравнений, целесообразно осуществлять на базе типовых пакетов прикладных программ, например Mathcad или Eltrans. При этом имеется возможность синтезировать требуемые тормозные характеристики во всем диапазоне скоростей при учете всех ограничений, действующих в классических системах рекуперации.

Литература

- Осипов С.И., Осипов С.С., Феоктистов В.П. Теория электрической тяги. М., изд-во «Маршрут», 2006, 436с.
- Ребрик Б.Н. Рекуперация энергии на электровозах. М., изд-во «Интекст», 2000, 38с.
- Трахтман Л.М. Электрическое торможение электроподвижного состава. М., изд-во «Транспорт», 1965, 204с.

Улучшение показателей качества системы автоматического регулирования тока электровоза с коллекторными тяговыми двигателями

Алексеев А.С.,
МИИТ, Москва

Предлагается новая структурная схема автоматического регулятора тока тяговых двигателей электровозов и обосновывается выбор параметров настройки регулятора. Данный регулятор, в отличие от существующих типовых, обладает тем преимуществом, что при его использовании показатели качества регулирования практически не зависят от режимов работы и внешних факторов.

Системы автоматического регулирования (САР) тока тяговых электродвигателей (т. э. д.), применяемые на современных электровозах однофазно-постоянного тока, имеют в своем составе пропорционально-интегрирующий (ПИ) регулятор. Этот тип регулятора, хотя и отвечает существующим требованиям для рассматриваемых САР, но вместе с тем имеет ряд недостатков. В частности, на показатели качества регулирования оказывают существенное влияние нелинейность и нестационарность САР, и система имеет только первый порядок астатизма, что дает большую установившуюся ошибку САР, чем при астатизме второго порядка.

В данной работе предлагается использовать регулятор тока с астатизмом второго порядка и гибкой обратной связью. Такой регулятор можно представить в виде структурной схемы, показанной на рис. 1.

В этой схеме АР — предлагаемый автоматический регулятор; ПИ — пропорционально-интегрирующая часть, соответствующая изодромному звену; разомкнутая САР — исходная неизменяемая часть системы, к которой относятся управляющий элемент, исполнительный

элемент, чувствительный элемент и объект регулирования (тяговый электродвигатель); ОС — гибкая обратная связь; ГОС — главная обратная связь.

Преимущества такого регулятора заключаются в том, что пропорционально-интегрирующая часть (два ПИ-звена) придает астатизм второго порядка, не нарушая при этом устойчивость системы. Наличие отрицательной гибкой обратной связи обеспечивает снижение влияния нелинейности и нестационарности охваченной части системы, обеспечивает качество регулирования в переходных режимах и не ухудшает условий устойчивости.

Каждое ПИ-звено описывается известными передаточной функцией или уравнением в области времени [1]:

$$W(p) = k + \frac{1}{Tp}; \quad x = k\Delta + \frac{1}{T} \int_0^t \Delta dt, \quad (1)$$

где k — коэффициент усиления звена; T — постоянная времени звена, p — оператор Лапласа; Δ — рассогласование; x — выходной сигнал регулятора; t — время.

Структурная схема гибкой обратной связи может быть представлена в виде двух последовательно включенных звеньев [1] (рис. 2), передаточные функции которых имеют вид:

$$W_{loc} = \frac{k_1(T_1 p + 1)}{T_3 p + 1}; \quad W_{2oc} = \frac{k_2(T_2 p + 1)}{T_4 p + 1}, \quad (2)$$

где k_i — коэффициенты усиления обратной связи;

T_i — постоянные времени обратной связи.

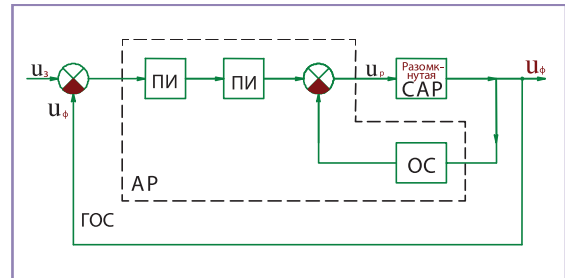


Рис. 1. Структурная схема САР с гибкой обратной связью.

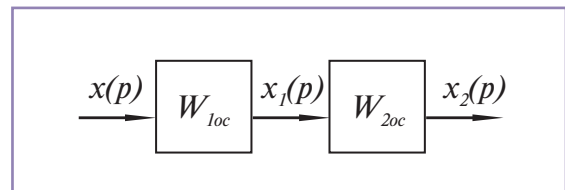


Рис. 2. Звенья гибкой обратной связи.

Эквивалентная передаточная функция гибкой обратной связи имеет вид:

$$W_{oc} = \frac{k_{12}(T_{12}p + 1)^2}{(T_3p + 1)(T_4p + 1)}, \quad (3)$$

где: $k_{12} = k_1 k_2$; $T_{12} = T_1 = T_2$.

При переходе из области оператора Лапласа в область времени получим:

$$x_2(p) = W_{oc}(p)x(p) \quad (4)$$

$$(T_3p + 1) \cdot (T_4p + 1)x_2(p) = k_{12}(T_{12}p + 1)^2 x(p)$$

$$(T_5^2 p^2 + T_6 p + 1)x_2(p) = K_{12}(T_{12}p + 1)^2 x(p)$$

$$T_5^2 = T_3 \cdot T_4; \quad T_6 = T_3 + T_4.$$

$$T_5^2 \frac{d^2 x_2}{dt^2} + T_6 \frac{dx_2}{dt} + x_2 = k_{12} \left(T_{12} \frac{dx}{dt} + x \right) \quad (5)$$

По выражениям (1) и (5) была разработана математическая модель предложенного типа регулятора, на которой выполнялись дальнейшие расчеты. В качестве неизменяемой части САР при этом была использована схема и параметры электровоза, в качестве прототипа которого был выбран ЭП1. Математическая модель была реализована в прикладном пакете MatLAB, который

позволяет моделировать аналоговые электрические схемы, а также выполнять расчет по выражениям в операторной области (т.е. по структурным схемам САР), получая при этом решения в области времени.

Вначале была выполнена настройка ПИ-составляющей регулятора. Для этого по рекомендациям, приведенным в [1], использовался метод организованного поиска. Этот метод сводится к последовательному изменению k и T . При максимальном значении T в несколько приемов увеличивают k и при каждом его новом значении рассчитывают график переходной функции $h(t)$ выходного сигнала. Для каждого графика определялись величины интегральных оценок I и II рода, т.е. площади под кривой (t) или $2(t)$, где (t) — ошибка или рассогласование (рис. 3). Значение k , соответствующее минимальной площади, фиксировалось.

Затем при фиксированном значении k уменьшали T . При этом, площадь под кривой ошибки сначала уменьшалась, а затем начала возрастать. Фиксировалось значение T , соответствующее минимуму площади под кривой (рис. 3а).

Далее, путем увеличения в несколько приемов, было достигнуто значение $k=0,447$, полученная при этом кривая ошибки показана на рис. 3б. Затем, в несколько приемов была уменьшена постоянная времени T , при этом до значения $T=2,23$ с площадь под графиком ошибки практически не изменялась, а далее, при $T<2,23$ с, процесс стал колебательным, что нежелательно (рис. 3б, в). Поскольку необходимо стремиться к увеличению быстродействия регулятора, была принята минимальная из полученных значений постоянной времени. Таким образом, для дальнейшей работы были использованы значения ПИ-составляющей $k=0,447$, $T=2,23$ с.

На следующем этапе работы была выполнена многокритериальная оптимизация [1] параметров гибкой обратной связи для достижения наилучших из возможных показателей качества регулирования САР.

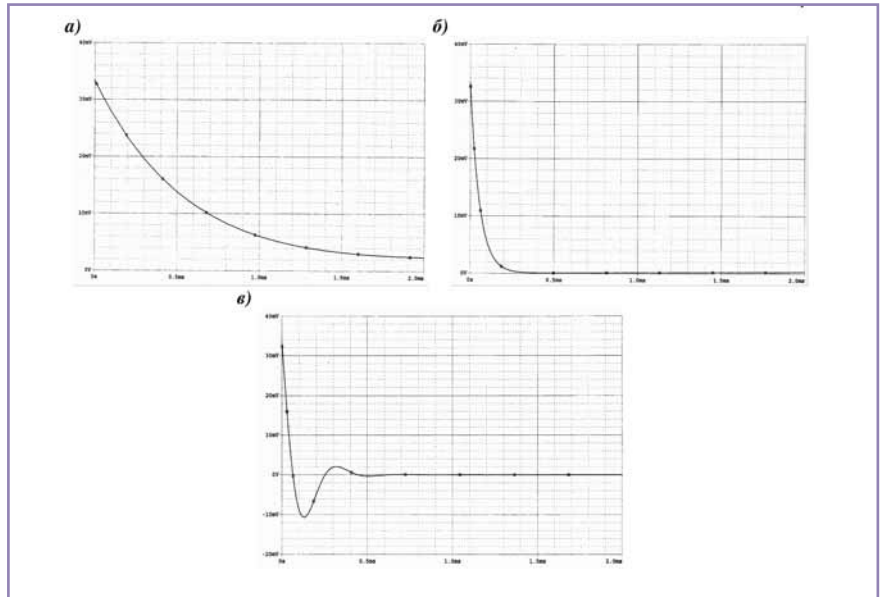


Рис. 3. Кривые ошибки при настройке ПИ-составляющей: а) при начальных параметрах регулятора; б) при $k=0,447$; в) при $T<2,23$ с

В качестве целевой функции использовалась функция суммарных допустимых потерь:

$$\ddot{O} = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \left\{ \frac{U_i - U_i^*}{U_i^{**} - U_i^*} \right\}^2}, \quad (6)$$

где: U_i^* — минимальное значение i -го критерия ($i=1,2,\dots,m$), получаемое при решении задачи однокритериальной оптимизации по

i -му критерию; U_i^{**} — максимальное значение i -го частного критерия или допустимое значение U_i ;

m — число частных критериев.

В качестве частных критериев U_i были выбраны следующие:

$U_1 = t_p$ — время регулирования;

$U_2 = \sigma$ — перерегулирование;

U_3 — крутизна переднего фронта переходной функции,

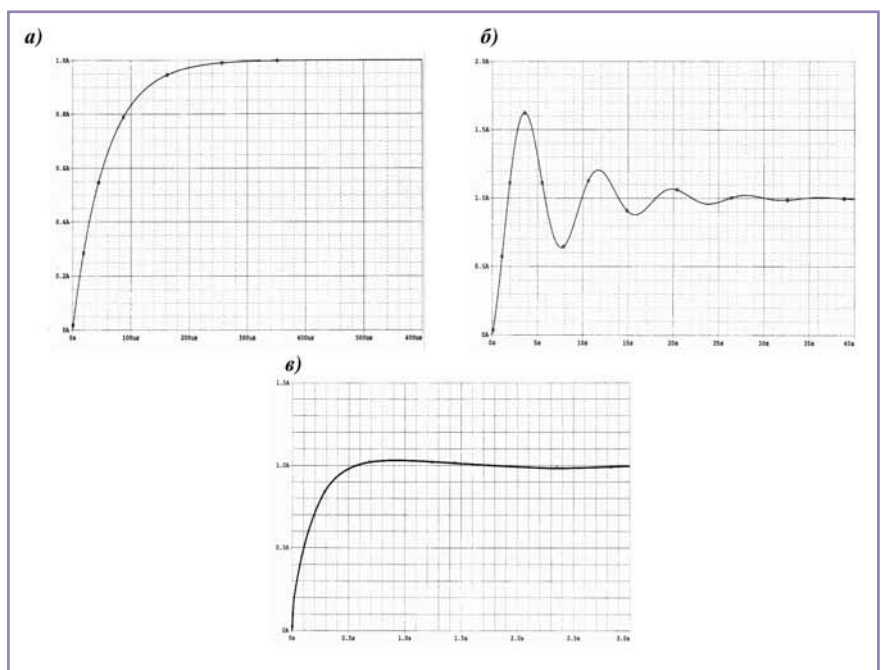


Рис. 4. Переходная функция при оптимизации параметров гибкой обратной связи: а) при оптимизации времени регулирования и перерегулирования; б) при оптимизации крутизны переднего фронта переходной функции; в) при оптимизации целевой функции.

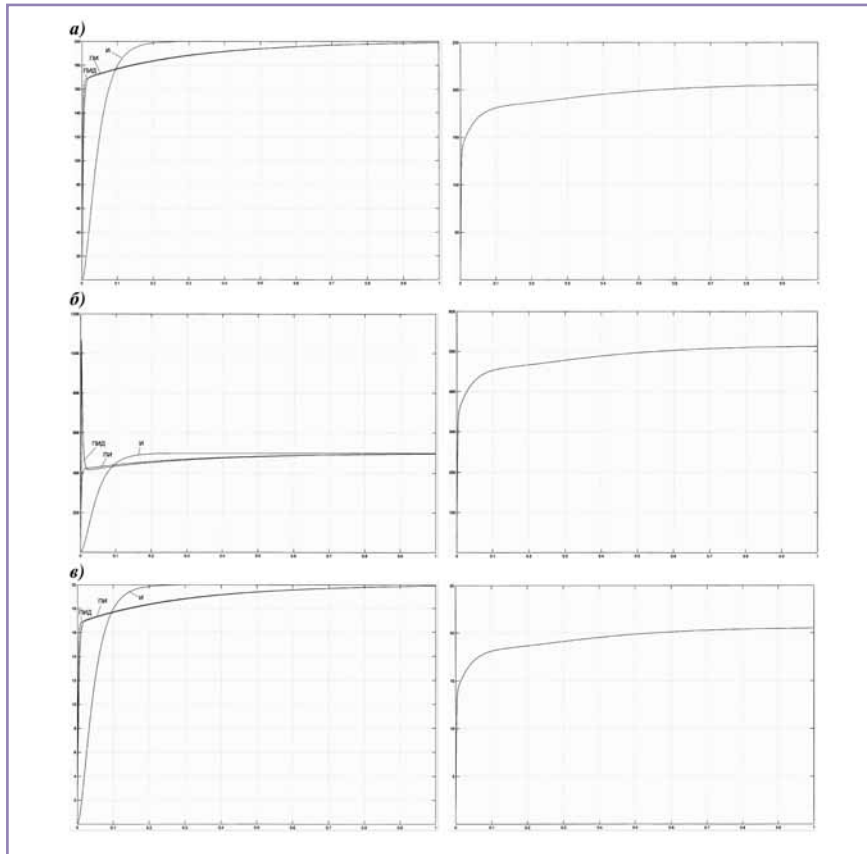


Рис. 5. Переходные функции при различных заданных значениях тока, слева — для типовых регуляторов (И, ПИ, ПИД), справа — для предлагаемого: а) при заданном токе 200 А; б) при заданном токе 500 А; в) при заданном токе 20 А.

т. е. производная от переходной функции, максимальное значение которой принималось не более 2000 А/с.

Задача оптимизации решалась непосредственно при помощи метода деформируемого многогранника «Нелдера-Мида» [2]. Переходные функции, полученные при решении задачи оптимизации, приведены на рис. 4. При оптимизации по первому частному критерию (времени регулирования, рис. 4а) были получены следующие параметры настройки ОС в соответствии с (3): $k_{12}=0,00874$; $T_{12}=5,0 \cdot 10^{-3} \text{ с}$, $T_3 = T_4=3,7 \cdot 10^{-2} \text{ с}$, а время регулирования $t_{\text{pmin}}=1,639 \cdot 10^4 \text{ с}$.

Из рис. 4а видно, что перерегулирование отсутствует и оптимизировать его отдельно нет необходимости. В качестве параметров, обеспечивающих минимальное перерегулирование, можно взять те же, что и для минимального времени регулирования.

Проведя аналогичный расчет для крутизны переднего фронта, были получены совокупности параметров настройки, из которых оптимальными являются следующие: $k_{12}=6,37 \cdot 10^{-4}$; $T_{12}=8,32 \text{ с}$, $T_3 = T_4=0,217 \text{ с}$ [2]. При этом минимальное значение крутизны переднего фронта составило 0,4238 А/с, но время регулирования достигает неприемлемо большой величины и появляется колебательность (рис. 4б).

Для нахождения компромисса между параметрами, обеспечивающими минимумы каждого из частных критериев U_i^* , в соответствии с (6), в качестве минимальных значений частных критериев использованы значения, полученные выше при их оптимизации. В качестве максимальных значений U_i^{**} были использованы допустимые значения соответствующих показателей качества [1].

В результате многокритериальной оптимизации параметры

настройки были выбраны следующими: $k_{12}=0,0124$; $T_{12}=0,582 \text{ с}$, $T_3 = T_4=0,0456 \text{ с}$.

Частные критерии при этом равны: $t_p=0,3749 \text{ с}$; $\sigma=1,5 \cdot 10^{-2}$; $dh/dt = 1034 \text{ А/с}$. График переходной функции для этих параметров приведен на рис. 4в и имеет вполне удовлетворительный вид.

Помимо перечисленных выше преимуществ, предлагаемый регулятор обладает еще одним очень существенным плюсом, по сравнению с типовыми регуляторами. За счет применения звеньев обратной связи с указанными передаточными функциями, регулятор обеспечивает практически одинаковый вид переходной функции независимо от нагрузки (т.е. звеньев, входящих в неизменяемую часть САП), а также при разных текущих скоростях движения и при разных заданных значениях тока. Такими свойствами не обладает ни один из типовых регуляторов.

В данной работе был выполнен расчет переходных функций, получаемых для разных заданных токов при использовании типовых и предлагаемого регулятора. Результаты расчетов приведены на рис. 5.

Из рис. 5 видно, что при использовании типовых регуляторов в ряде случаев вид переходных функций может качественно совпадать (рис. 5а, в), а может отличаться, причем существенно (рис. 5б). Использование же предлагаемого регулятора обеспечивает практически идентичный вид переходных функций, и, следовательно, показателей качества регулирования.

Таким образом, предложенный тип регулятора тока с полученными параметрами его настройки можно рекомендовать для внедрения на перспективном электроподвижном составе.

Литература

1. Под. ред. Савоськина А. Н. Автоматизация электроподвижного состава. М.: Транспорт, 1990. — 311 с.
2. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование. Перевод с английского. М.: Мир, 1975. — 534 с.

Силовые диоды на основе монокристаллов кремния цилиндрической (трубчатой) формы

Бабак А.Г., к.т.н., Мишакин Н.И.,
ООО «НПП ТЭЗ», Томилино,
Московская обл.,

Кожитов А.В., д.т.н.,
Кондратенко Т.Т., к.т.н.,
Курбатов А.В., МИСиС (ТУ),
г. Москва

Силаев И.В., Блиев А.П., к.т.н.,
СОГУ им. К.Л. Хетагурова,
г. Владикавказ

В статье выполнен краткий анализ преимуществ силовых выпрямительных диодов, изготовленных на основе монокристаллов кремния в виде тонкостенных полых цилиндров (труб). Приведены значения рабочих параметров экспериментальных образцов выпрямительных диодов трубчатой формы на рабочее напряжение 80 В и рабочий ток 100А.

Значительную часть в общем выпуске полупроводниковой продукции составляют дискретные приборы (диоды, транзисторы, тиристоры) для нужд силовой промышленной электроники и мощной преобразовательной техники.

По различным оценкам, для изготовления силовых полупроводниковых приборов (СПП) ежегодно расходуется от 8 до 10% всего производимого в мире монокристаллического кремния.

Рынок потребления силовых электронных устройств постоянно расширяется в результате роста мирового потребления электроэнергии в промышленности, на транспорте и в социальной сфере.

Диапазон основных параметров современных СПП составляет от 100 до 10000 В по блокируемому напряжению, от единиц ампер до 5000А (в импульсе до $3 \cdot 10^5$ А) по рабочему току, от сотен микросекунд до десятков пикосекунд по времени переключения [1].

В конструкции СПП основным элементом является плоская (планарная) пластина из монокристаллического кремния, на которой методом диффузии или эпитаксии формируют полупроводниковую структуру n^+-n , p^+-p , $p-n$, затем изготавливают плоские паяные или прижимные металлические контакты-теплоотводы [2,3]. Схемы планарных конструкций на основе многослойных структур представлены на рис. 1.

Разработка кремниевых силовых приборов (диодов, тиристоров, транзисторов) традиционной планарной конструкции направлена на увеличение прямого тока $I_{пр.}$ и обратного напряжения $U_{обр.макс}$, стремящегося к величине пробивного напряжения $U_{проб.}$, определяемого степенью легирования n - и p -слоев, а также на уменьшение прямого падения напряжения $U_{пр.}$ на приборе и обратного тока $I_{обр.}$ в соответствующих диапазонах частот. Первая задача решается за счет увеличения рабочей площади $p-n$ перехода, остальные — за счет улучшения качества пластин монокристаллического кремния и введения дополнительных элементов в полупроводниковую структуру (фасок различной геометрии, охранных колец и $p-n$ переходов). Важной

задачей является выполнение эффективного охлаждения прибора в процессе эксплуатации.

Увеличение геометрических размеров планарных монокристаллических структур (площадью свыше 200 мм²) вызывает возникновение ряда эффектов, которые отрицательно влияют на рабочие параметры и эксплуатационные свойства планарных СПП:

- использование прижимных металлических токопроводящих контактов большой площади к поверхности полупроводника приводит к увеличению контактных омических и тепловых сопротивлений, требует в процессе эксплуатации использования систем охлаждения прибора, в несколько раз превышающих его массу и габариты;
- применение вольфрамовых или молибденовых термокомпенсаторов (для снижения термоупругих механических напряжений в контакте полупроводник-металл), усложняет конструкцию и увеличивает стоимость прибора;
- формирование охранных колец p - или n -типа, охранных $p-n$ переходов, прямых и обратных фасок для снижения величины напряженности электрического поля E_s

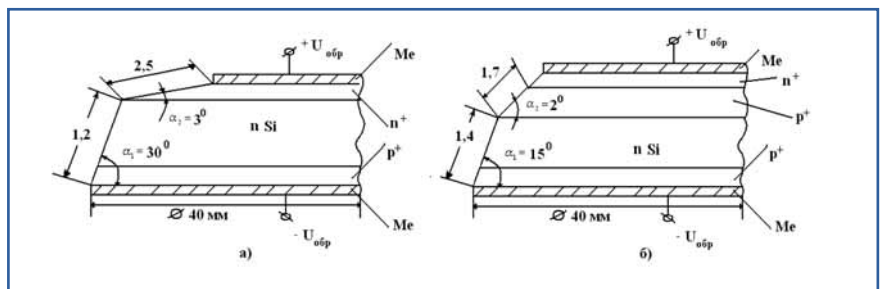


Рис. 1. Схемы конструкций плоских силовых полупроводниковых приборов: а) кремниевого кристалла с n^+pr^+ переходом на основе n -Si с $\rho=250$ Ом·см; б) кремниевого кристалла с четырехслойной структурой $n^+p^+pr^+$ для силового тиристора на основе n -Si с $\rho=30$ Ом·см. α_1, α_2 — углы прямой фаски, Me — металл контактов.

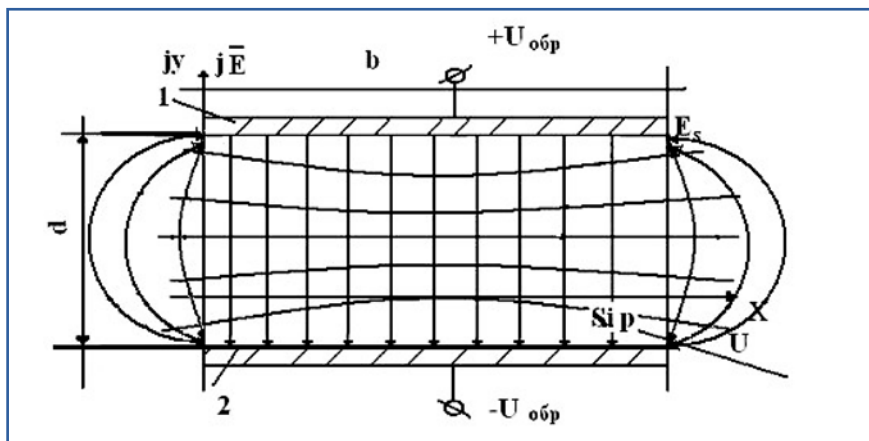


Рис. 2. Искривление линий равного потенциала электрического поля E у краев полупроводниковой структуры (конденсатора) при обратном смещении.

по центральной полости, отказаться от применения прижимных контактов и изготавливать цилиндрические паяные контакты большой площади к внешней и внутренней поверхности монокристалла; не использовать молибденовые или вольфрамовые диски-термокомпенсаторы, что позволяет снизить тепловые и омические сопротивления прибора при протекании рабочего тока.

и снижения величины тока утечки $I_{обр.}$ на поверхности границ монокристалла полупроводника в местах выхода краев p и n-слоев («краевого эффекта») приводит к расходованию полезной площади монокристалла. Из-за изготовления фасок и охранных колец силовые контакты к поверхности плоского монокристалла полупроводника имеют разную площадь, что приводит к неоднородному распределению плотности рабочего тока в объеме полупроводниковой структуры с последующей ее локальной электро-тепловой деградацией.

Незамкнутые края металлических электродов [4] обуславливают неоднородное распределение и повышение напряженности монокристалла, как показано на рис. 2.

Линии равного потенциала в плоской структуре не замыкаются внутри; поверхности равного потенциала в плоской структуре являются поверхностями второго порядка, также незамкнутыми внутри структуры, что вызывает увеличение напряженности поля E_s у краев металлических электродов.

Для оценки влияния поверхностного «краевого» поля E_s на возможность возникновения поверхностного пробоя в каком-либо локальном участке поверхности границ выхода p и n-слоев можно принять отношение:

$$E_s/E_{max} = \gamma, \text{ или } U_{Soбр.}/U_{обр.} = \gamma \quad (1)$$

где: E_s – напряженность поверхностного электрического поля на

поверхности границы полупроводника, В/м;

E_{max} – максимальная допустимая напряженность электрического поля в объеме области пространственного заряда, без влияния краевых эффектов В/м;

$U_{Soбр.}$ – напряжение пробоя на поверхности p-n перехода;

$U_{обр.}$ – напряжение пробоя в объеме p-n перехода;

γ – коэффициент отношения величин (идентификации), $0 < \gamma < 1$.

При $\gamma \rightarrow 1$ происходит поверхностный пробой по краям структуры.

Преодоление перечисленных эффектов, присущих плоским полупроводниковым структурам, при проектировании мощных планарных СПП представляет значительные трудности.

Новым направлением в конструировании мощных СПП (выпрямительных диодов) является изменение геометрической формы монокристалла полупроводника: плоскую монокристаллическую пластину в конструкции силового полупроводникового прибора заменяют на монокристаллическую структуру в виде тонкостенного полого цилиндра (трубы) [5-11]. Схема цилиндрической трубчатой (непланарной) полупроводниковой структуры представлена на рис. 3.

Трубчатый монокристалл кремния позволяет выполнять охлаждение мощного силового полупроводникового прибора (СПП) путем пропускания хладагента сквозь прибор

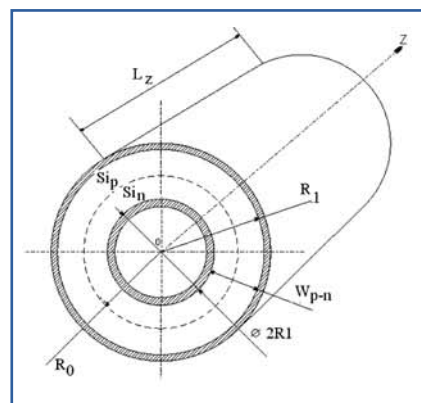


Рис. 3. Схема цилиндрической трубчатой (непланарной) полупроводниковой p-n структуры.

Анализ распределения линий поля E у торцов цилиндрической структуры выполнялся методом последовательных конформных преобразований Кристоффеля-Шварца в плоскости XY [6]. При этом потенциалы U и силовые линии электрического поля E на любой плоскости Z задавались в форме комплексного числа (рис. 4).

На основании результатов моделирования распределения линий равного потенциала и силовых линий поля E в цилиндрических диодных p-n структурах по методике [6] было сделано заключение, что на торцах цилиндрической диодной p-n структуры, у краев металлических электродов, при условии, что расстояние между электродами много меньше среднего радиуса цилиндрической структуры, неоднородность распределения силовых линий электрического поля напряженностью E_s , ответственных за проявление «краевого эффекта», выражена слабее, чем по

краям плоской структуры (особенно с контактами разной площади), поскольку линии равного потенциала U поля E в цилиндрической структуре представляют собой концентрические замкнутые окружности (поверхности) в пространстве между коаксиальными цилиндрическими электродами (рис. 5).

В соответствии с данными [6], при проектировании силового выпрямительного диода с р-п переходом цилиндрической (трубчатой) формы были выполнены следующие условия:

1. Средний радиус R_0 полый цилиндрической р-п структуры значительно превышает ширину области объемного заряда цилиндрического р-п перехода, $R_0 \gg W_{p-n}$, для исключения неоднородности поля E_s по краям торца внутреннего

3. Концентрация легирующих примесей в легированных слоях структуры однородна и постоянна по радиусу цилиндрического р-п перехода и по образующей цилиндра (оси z), т.е. $N_d(R,Z)=const$, $N_a(R,Z)=const$.

4. Цилиндрические (трубчатые) подложки по своим электрофизическим и структурным параметрам соответствуют требованиям к монокристаллическому кремнию, применяемому для изготовления современных планарно-эпитаксиальных силовых полупроводниковых приборов.

5. Область пространственного заряда замкнутого р-п перехода независимо от кристаллографического направления $\{hkl\}$, выходящего в любой произвольной точке цилиндрической

поверхности. При таких электрофизических допущениях расчетную вольт-амперную характеристику (ВАХ) элементарного цилиндрического диода непланарной (трубчатой) конфигурации (рис. 5) можно представить как [1,6]:

$$I_{цкл} = I_{обр} \left[\exp\left(\pm \frac{qU(R_0)}{kT}\right) - 1 \right] \cdot H_1^{(1)}\left(\frac{R_0}{L_{p,n}}\right) \quad (3)$$

где:

- $H_1^{(1)}$ — функция Ханкеля первого рода, первого порядка от аргумента;
- $X = R_0/L_{p,n}$; $L_{p,n}$ — диффузионная длина неосновных носителей;
- $I_{обр}$ — обратный ток обратносмещенного р-п перехода;
- K — постоянная Больцмана;
- T — рабочая температура;
- $U(R_0)$ — зависимость прямого падения напряжения на диоде от среднего радиуса R_0 цилиндрического р-п перехода;
- q — элементарный электрический заряд.

Результаты сравнения справочной вольт-амперной характеристики планарного выпрямительного диода типа Д и расчетной вольт-амперной характеристики непланарного выпрямительного диода с одинаковой площадью р-п перехода и величиной области пространственного заряда представлены на рис. 6.

При $\frac{R_0}{L_{p,n}} = 0,5$

$$H_1^{(1)}(0,5) = 1$$

По результатам сравнения расчетных вольт-амперных характеристик планарного и непланарного

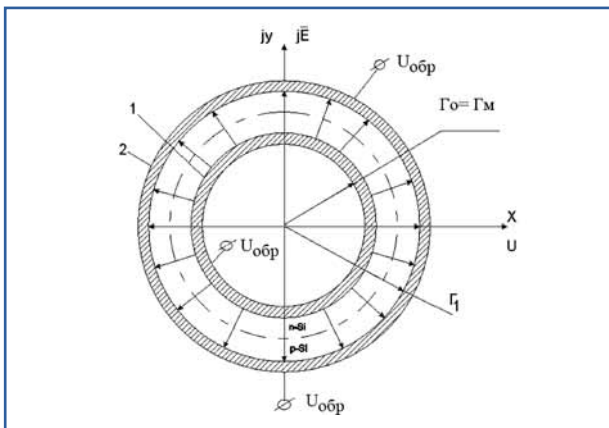


Рис. 4. Распределение силовых линий поля E между коаксиальными цилиндрическими контактами.

цилиндрического контакта. Размеры цилиндрической структуры составили: $R_{внутр.} = 4$ мм при высоте цилиндра $h=8$ мм и толщине стенок 650 мкм. Площадь р-п перехода S на внешней поверхности цилиндра 150 мм^2 .

2. Площадь р-п перехода цилиндрической формы равна площади планарно-эпитаксиального р-п перехода со стороной квадрата "а",

$$S_{экв} = S_{р-п}^{цкл} = 2\pi R_0 l_{ц} = S_{р-п}^{пл} = a^2 \quad (2)$$

где $l_{ц}$ — длина цилиндрического р-п перехода по образующей.

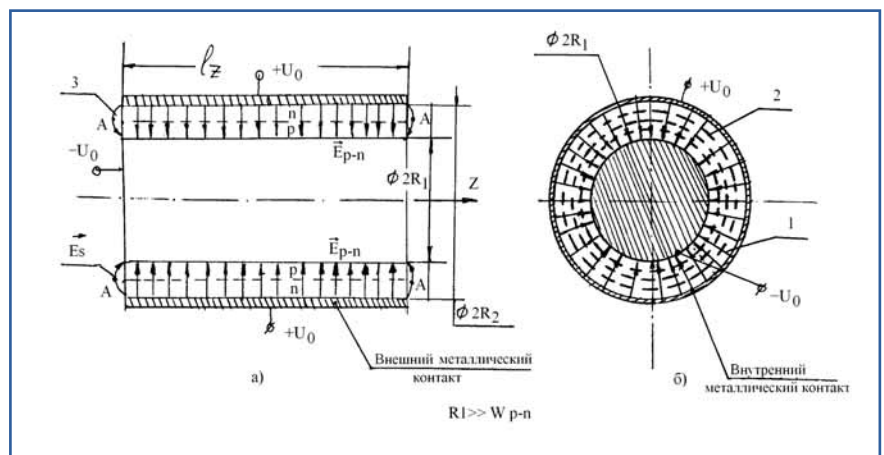


Рис. 5. а) Концентрические силовые линии поля E в пространстве между коаксиальными контактами; б) концентрические окружности (поверхности) равного потенциала в пространстве между коаксиальными контактами.

диодов следует, что расчётная ВАХ непланарного диода при $R_0/L_{p,n} = 0,5$ и $H_1^{(1)}(0,5)=1,0$ в прямом направлении мало отличается от ВАХ диода планарно-эпитаксиальной структуры с р-п переходом эквивалентной площади $S_{экв}$.

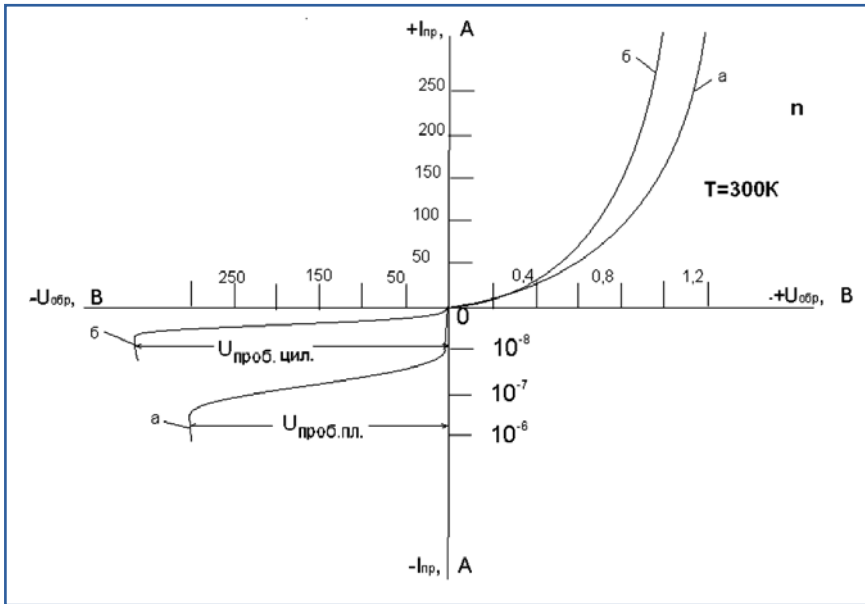


Рис. 6. Вольт-амперные характеристики:

а) плоского кремниевого ступенчатого р-п перехода диода типа Д;
 б) расчетного непланарного кремниевого ступенчатого р-п перехода с замкнутой областью пространственного заряда диода цилиндрической непланарной формы.

Зависимость обратного тока $I_{обр}$ от обратного напряжения, приложенного к цилиндрическому р-п переходу, не имеет насыщения, как и в планарно-эпитаксиальном переходе, так как с ростом обратного напряжения $U_{обр}$ обратный ток линейно возрастает вплоть до возникновения лавинного пробоя, что

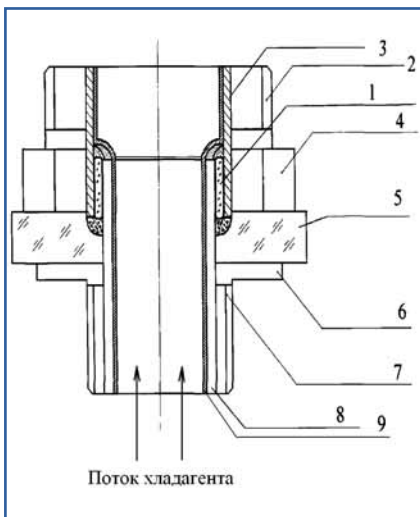


Рис. 7. Схема непланарного полупроводникового прибора (выпрямительного диода) трубчатой формы с замкнутой областью пространственного заряда. 1 - Полупроводниковая структура; 2 - Внешний контакт; 3 - Гибкий спиральный контакт; 4 - Корпус; 5 - Стеклокерамическая пластина; 6 - Внешний контакт; 7 - Резьба; 8 - Гибкий спиральный контакт; 9 - Слой диэлектрической гидроизоляции.

свойственно типичным кремниевым р-п переходам любой конфигурации.

Критерием сравнения (идентификации) прямой и обратной ветвей ВАХ планарного и непланарного выпрямительных диодов на основе р-п переходов равной площади может быть выбрано отношение величин прямого падения напряжения на приборе $U_{прямое}$ и величин обратных токов $I_{обр}$ при одинаковом обратном смещении.

$$\frac{I_{обр.цил.}}{I_{обр.пл.}} = \frac{I_{с.ген.цил}}{I_{ут.пл.}} \square 1 = \gamma \quad (4)$$

где γ – коэффициент сравнения ВАХ по обратному току.

В соответствии с расчётами и технологией [9] совместно с ФГУП «ГИРЕДМЕТ» была изготовлена опытно-промышленная партия непланарных эпитаксиальных п+-р структур 15КДГ2/ 650КЭФ0,02/ (тор5х8х0,650 <111>), на основе которой ООО «НПП ТЭЗ» совместно с МИСИС были изготовлены экспериментальные образцы цилиндрических выпрямительных непланарных диодов на рабочее напряжение 80-100В и рабочий ток 100-150 А. Таким образом, применение трубчатых, (непланарных) полупроводниковых структур позволит производить кремниевые силовые диоды с более высоким уровнем рабочих характеристик и эксплуатационных свойств, ВАХ которых убедительно подтвердили вышеизложенные научные прогнозы, в том числе, подтвердили образование области пространственного заряда в таких кремниевых трубчатых структурах с р-п переходами для силовых приборов. Показанные на рис. 6 диоды были удостоены двумя серебряными медалями – на международной выставке в Нюрнберге в 2006 г. [10] и на VII Московском международном салоне инноваций и инвестиций в 2007 г. [11].

Внешний вид экспериментального диода непланарной конструкции и его ВАХ представлены на рис. 8, 9.

На рис. 9. представлена ВАХ непланарного экспериментального диода, внутреннее устройство кото-



Рис. 8. Экспериментальный образец непланарного выпрямительного диода с замкнутой областью пространственного заряда.

рого показано на рис. 7. Эта ВАХ подтверждает прогноз образования замкнутой области пространственного заряда в кремниевых трубчатых структурах с цилиндрическими замкнутыми р-п переходами. Наблюдение ВАХ производилось при помощи характериографа Л-2-56 по стандартной методике. Масштаб координат шкалы на рис. 9. (1 мА x 30В клетка).

Измерение рабочих параметров экспериментальных выпрямительных диодов с замкнутой областью пространственного заряда на непланарном кремнии показало, что по ряду рабочих параметров они превосходят ближайшие аналоги – планарные силовые выпрямительные диоды типа Д 141-100 штыревого исполнения на напряжение 300 В.

Значения рабочих параметров непланарного и планарного выпрямительных диодов представлены в табл. 1.

В результате проведенных исследований показано, что применение трубчатых (непланарных) полупроводниковых структур возможно для изготовления силовых выпрямительных диодов нового поколения с замкнутой областью пространственного заряда в условиях существующего производства.

Рабочие параметры непланарного выпрямительного диода превы-

Таблица 1. Рабочие параметры выпрямительных диодов.

№	Параметр прибора	Непланарный выпрямительный диод	Планарный выпрямительный диод типа Д 141-100
1	Рабочий ток I, А	100 А	100А
2	Прямое падение напряжения на приборе, U _{прямое} , В	1.1-1.2 В	1.6 В
3	Ток утечки I _{обр} , мкА при U _{обр} 80 В	1 мА	5 мА
4	Тепловое сопротивление диодов, R(t), C/W	Менее 0,03	0,2
5	Тип и масса системы охлаждения, кг	Внутренняя; 0,1	Внешняя, 1,5

шают значения аналогичного выпрямительного диода на плоском кремнии.

Отличие значений тока утечки I_{обр}=1 мА от расчетного значения I_{обр}=0,01 мА можно объяснить несовершенством технологии защиты торцов цилиндрического кристалла диэлектриком.

Применение цилиндрических трубчатых (непланарных) эпитаксиальных структур позволит производить кремниевые силовые диоды нового поколения с более высоким уровнем рабочих параметров и эксплуатационных свойств.

Литература

- Грехов И.В. «Известия вузов. Материалы электронной техники». - М.: МИСиС, О - 2000. - №3 - с. 9-14.
- Зи С.М. «Физика полупроводниковых приборов», т.1., - М.: МИР, 1983-455 с.
- Агаларзаде П.С., Петрин А.И., Изитдинов С.О. «Основы конструирования и обработки поверхности р-п перехода». - Советское радио, 1978г.-233 с
- Бессонов Л.А. «Теоретические основы электротехники» М., Высшая школа, 1978 г., 536 с.
- Кожитов Л.В. «Разработка теоретических основ создания непланарных полупроводниковых приборов на основе профилированных монокристаллов кремния», Отчет НИР, МИСиС, Москва, 2001 г.
- Кожитов Л.В., Кондратенко Т.Т., Крапухин В.В., Кондратенко Т.Я.
- «Приборы и технология на основе непланарного кремния» в книге «Новые материалы» под научной редакцией проф. Карабасова Ю.С., изд. М.: МИСиС, -2002 г., Гл. -2, п.п. 2,3, стр. 157-184.
- Кожитов Л.В., Кондратенко Т.Я. «Непланарные полупроводниковые приборы - элементы теории» ж. Электроника - НТБ, №5, 2002, с. 54 – 57.
- Патент 2165661, РФ, Выпрямительный диод Шоттки, Бюлл. изобр. №11 от 20.04.2001, приоритет 27.03.2000., Патент 2168799 РФ, полупроводниковый выпрямительный диод, Бюлл. изобр. №16 от 10.06.2001, приоритет от 07.07.2000 Л.В. Кожитов, В.В. Крапухин, Т.Я. Кондратенко, Г.Г. Тимошина, А.М. Косарев, Т.Т. Кондратенко.
- Кондратенко Т.Т., Гришко А.С., Митин В.В., Чигирь С.Н. «Известия вузов. Материалы электронной техники». 2005 г., №3. С. 53-58.
- Leo Kozhitov, Timofey Kondratenko etc. “Nonplanar semiconductor de-vices with closed space-charge region” – Международная выставка, Германия, Нюрнберг, 2006, 4 ноября – серебряная медаль.
- МИСиС, НПП «ТЭЗ», СОГУ им. К. Л. Хетагурова, ФГУП «Гиредмет», ОАО ПХМЗ, ООО «Кромка». «Технология изготовления кремниевых эпитаксиальных структур на основе цилиндрических подложек». VII Московский Международный салон инноваций и инвестиций, г. Москва, 2007г. Серебряная медаль.



Рис. 9. Вольт-амперная характеристика экспериментального непланарного выпрямительного диода с цилиндрическим р-п переходом. Масштаб координат (1 мА x 30В клетка).

Основные результаты исследования подсистемы холостого хода автомобильного двигателя с впрыском бензина

**Драгомиров С.Г., д.т.н., профессор,
 Драгомиров М.С., к.т.н.,
 Моханнад Аль-Равашдех,
 Владимирский государственный
 университет, г. Владимир**

В данной статье рассмотрены общие вопросы управления холостым ходом автомобильных двигателей с впрыском бензина и приведены результаты исследования влияния газодинамических характеристик клапана регулятора холостого хода на переходные процессы в двигателе.

К современному автомобильному двигателю предъявляются все более жесткие требования по токсичности отработавших газов (ОГ), расходу топлива, надежности, низкой шумности и другим эксплуатационным показателям. Достигнутых оптимальных значений указанных показателей невозможно было бы добиться без применения интеллектуальной и силовой электроники. Именно с их помощью, на каждом из режимов работы двигателя, его характеристики оптимизируются для нахождения сбалансированного (компромиссного) соотношения между энергетическими и экологическими показателями. В этой связи сегодня предъявляются более высокие требования и к такому, казалось бы, малозначащему режиму работы двигателя, как холостой ход (х.х.).

Проведенный анализ процессов, протекающих в автомобильном бензиновом двигателе на режиме х.х. показывает, что улучшение показателей качества х.х. является комплексной задачей, актуальной для современной автомобильной индустрии.

Цель управления х.х. автомобильного бензинового двигателя заключается в поддержании мини-

мально устойчивой частоты вращения вала n_{xx} в различных условиях эксплуатации. При этом, постоянно корректируется частота вращения вала в зависимости от теплового состояния двигателя и изменения его нагрузки (например, при включении кондиционера, стеклоочистителей, приборов освещения и т.п.).

Обычно на режиме х.х. стараются поддерживать минимально возможную частоту вращения вала для обеспечения снижения расходов

топлива и токсичных выбросов ОГ, которые прямо пропорциональны величине n_{xx} [1]. Также должен обеспечиваться достаточный запас устойчивости работы двигателя, его способность сохранять заданную частоту вращения вала при изменении нагрузки и управляющих воздействий со стороны водителя [2-4].

Имеются три возможности управления х.х.:

- путем регулирования угла опережения зажигания θ_z ;

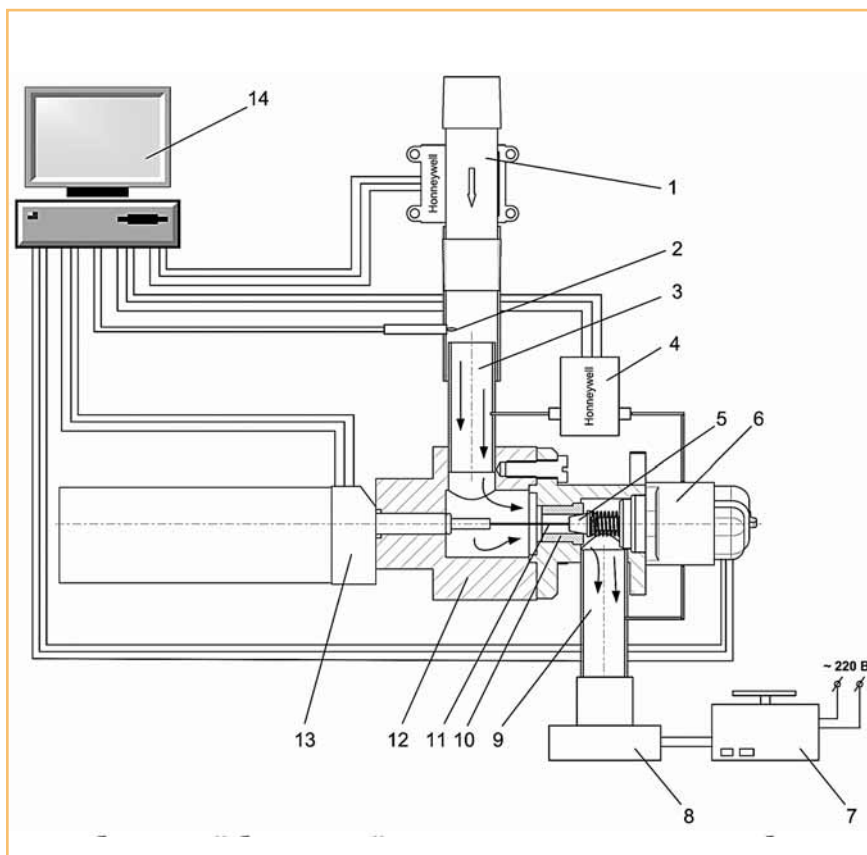


Рис. 1. Схема лабораторной безмоторной установки для исследования работы регуляторов холостого хода систем впрыска бензина: 1 – расходомер воздуха; 2 – датчик температуры воздуха; 3 и 9 – входной и выходной каналы соответственно; 4 – дифференциальный датчик давления; 5 – конусный запирающий элемент регулятора; 6 – регулятор холостого хода; 7 – лабораторный автотрансформатор (ЛАТР); 8 – вентиляционный агрегат; 10 – седло; 11 – игла; 12 – корпус; 13 – измеритель линейного перемещения.

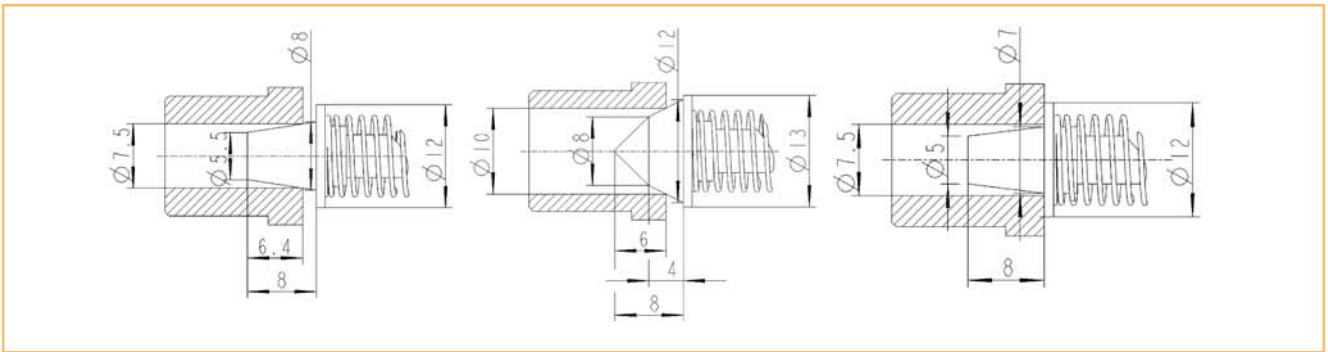


Рис. 2. Конструктивные размеры вариантов запирающих элементов регуляторов х.х. и их седел, прошедших лабораторные испытания.

- изменением состава топливо-воздушной смеси α ;
- регулированием количества воздуха, поступающего в двигатель.

Наибольшее распространение на практике нашел третий путь управления — изменение количества воздуха, поступающего в двигатель. При нем управление х.х. реализуется с помощью специальных устройств, которые изменяют по сигналам контроллера количество дополнительного воздуха, подводимого через специальный байпасный канал, или позиционируют дроссельную заслонку в определенном положении для обеспечения необходимого количества воздуха на этом режиме.

В практике двигателестроения под качеством х.х. двигателей понимается стабильность частоты вращения вала пхх на этом режиме, отсутствие пропусков воспламенения, повышенного шума и вибраций [5-7]. При этом критериями качества х.х. являются:

- уровень вибраций и шума;
- неравномерность вращения вала двигателя;
- разброс значений среднего индикаторного давления p_i в отдельных рабочих циклах различных цилиндров;
- способность стабильно поддерживать заданную частоту вращения вала при изменении нагрузки (включении энергопотребителей).

Целью данной работы являлось исследование процессов, протекающих в канале х.х. двигателя с впрыском бензина, и повышение на этой основе показателей качества его работы на этом режиме. При исследовании

решался ряд задач. Это и проведение лабораторных исследований газодинамических процессов в канале х.х., и экспериментальное исследование работы автомобильного двигателя с впрыском бензина на режиме х.х. при различных газодинамических характеристиках канала (клапана) х.х.

Объектом исследования являлась лабораторная модель и реальная подсистема х.х. двигателя ВАЗ-11113 (рабочий объем 0,75л) автомобиля «Ока», имеющего систему центрального впрыска бензина [8].

Для лабораторных исследований газодинамических характеристик регуляторов х.х. была создана специальная безмоторная установка (рис. 1). Она включает проточный воздушный канал, имитирующий байпасный канал системы впрыска бензина, с установленным в нем регулятором х.х. На входе в этот канал установлен расходомер воздуха. Применяемый расходомер имеет электрический выходной сигнал, что позволяет вести запись динамических процессов в канале установки. Сам регулятор х.х. установлен таким образом, что его конусный запирающий элемент может полностью или частично перекрывать канал, изменяя, таким образом, расход воздуха через него. Кроме расхода воздуха, с помощью датчика измеряется температура на входе, а также перепад давления в канале до и после конусного запирающего элемента с использованием дифференциального датчика давления. Позиционирование запирающего элемента регулятора осуществляется с помощью специальной электронной схемы,

управляемой от компьютера. Управление шаговым двигателем регулятора позволяет не только позиционировать его запирающий элемент, но и задавать скорость открытия/закрытия канала.

Для лабораторных испытаний была подобрана скорость перемещения запирающего элемента, близкая к той, которая используется в системах управления на реальных двигателях. Для точного определения положения h запирающего элемента относительно седла используется цифровой измеритель. Для того чтобы шток измерителя не загромождал канал и не препятствовал прохождению воздуха, применяется тонкая игла, которая контактирует с запирающим элементом и кинематически связывает его со штоком измерителя перемещения.

Расход воздуха через канал установки обеспечивается вентилятором агрегатом, который питается от лабораторного автотрансформатора, позволяющего путем изменения напряжения плавно менять расход воздуха G_v через канал в пределах от 0,1 до 15 кг/ч. Этот диапазон расходов достаточен для моделирования работы подсистемы х.х. автомобильного двигателя.

Созданная установка позволяет решать следующие задачи:

- определять расходные характеристики регуляторов х.х., то есть зависимость $G_v = f(h)$ при различных положениях h запирающего элемента относительно седла;
- изучать динамические процессы течения воздуха в канале х.х.

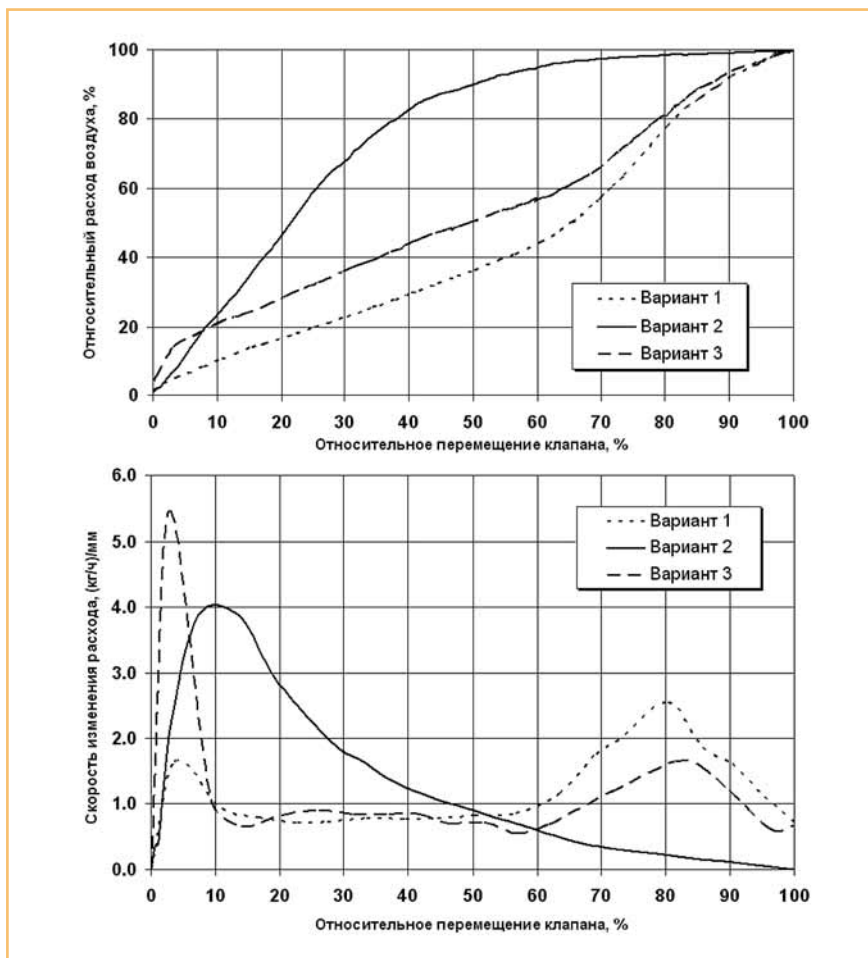


Рис. 3. Закономерности изменения расхода воздуха и скорости его изменения в зависимости от относительного перемещения запирающего элемента клапана для разных вариантов регуляторов х.х.

при разных скоростях перемещения запирающего элемента;

- исследовать влияние формы и размеров запирающего элемента на газодинамические характеристики клапана регулятора х.х.

С использованием этой установки были проведены лабораторные исследования шести регуляторов х.х. (с разной геометрией и размерами конусного запирающего элемента) в сочетании с различными седлами. После проведения лабораторных испытаний для дальнейшего исследования на автомобиле было отобрано 3 варианта регуляторов с седлами, наиболее пригодных (по предварительным результатам) для двигателя данного рабочего объема (рис. 2).

В ходе лабораторных испытаний указанных регуляторов были определены закономерности изменения

расхода воздуха через канал х.х. при перемещении запирающего элемента (рис. 3). Для удобства анализа при оценке результатов эксперимента введены относительные величины расходов воздуха и перемещений запирающего элемента клапана.

Как следует из серии графиков на рис. 3, вариант 2 регулятора х.х. отличается значительной скоростью изменения расхода воздуха. Вариант 3, при котором клапан регулятора запирается с помощью буртика, характеризуется высокой скоростью изменения расхода на начальном участке и умеренным темпом изменения расхода на рабочем участке перемещений запирающего элемента клапана (10...60% хода элемента). Вариант регулятора 1, запирающий проходное сечение клапана с помощью конуса, обеспечивает небольшую скорость

изменения расхода, в том числе и на начальном этапе открытия.

По результатам определения расходных характеристик различных регуляторов были построены обобщенные зависимости изменения расходов воздуха в канале при различных положениях h запирающих элементов (рис. 4). Принципиально регулирование расхода воздуха через байпасный канал х.х. возможно в том случае, если конкретное сочетание седла клапана и запирающего элемента регулятора обеспечивает необходимые в эксплуатации расходы воздуха. Так, для испытываемого двигателя ВАЗ-11113 требуемый расход воздуха при $n_{xx} = 900 \text{ мин}^{-1}$ составляет около 5 кг/ч (двигатель прогрет). Для непрогретого двигателя при $n_{xx} = 1600 \text{ мин}^{-1}$ необходим расход воздуха примерно 12 кг/ч. Специально проведенные эксперименты позволили установить, что в зависимости от начальной регулировки положения дроссельной заслонки, количество воздуха, проходящего через основной канал дроссельного узла, при этом может составлять от 2 до 8 кг/ч. Следовательно, регулировка положения дроссельной заслонки при прогревом двигателя будет определять долю воздуха, поступающего через канал х.х., и, таким образом, диапазон перемещений запирающего элемента клапана. Как известно, на двигателях ВАЗ запирающий элемент регулятора х.х. работает в диапазоне перемещений от 1,5 до 3,5 мм (при полном ходе элемента регулятора до 10 мм). Такие ограничения рабочего диапазона перемещений запирающего элемента обусловлены стремлением обеспечить достаточное быстродействие регулятора при переходных процессах.

Все вышеизложенное позволяет установить принципиальные основы подбора газодинамических характеристик канала и клапана регулятора х.х. (рис. 4). Область требуемого двигателем количества дополнительного воздуха, поступающего через байпасный канал (т.е. без учета расхода воздуха через дроссельную заслонку), должна находиться внутри зоны расходных характеристик регулятора х.х.

Исходя из этого, на основе лабораторных испытаний трех вариантов регуляторов х.х., можно заключить, что для двигателя ВАЗ-11113 наиболее предпочтительным является 3й вариант регулятора. Отметим, что предварительно, газодинамические характеристики всех регуляторов были рассчитаны с помощью компьютерной программы Flow-Vision, что позволило обоснованно подойти к подбору регулятора х.х. для указанного двигателя.

На следующем этапе исследования проводились непосредственно на двигателе ВАЗ-11113 в составе автомобиля «Ока» на режиме х.х. Схема оснащения двигателя измерительной аппаратурой приведена на рис. 5.

Наиболее сложной задачей при испытаниях на автомобиле являлось точное определение положения запирающего элемента регулятора х.х. на работающем двигателе. Компоновка блока топливоподачи системы ЦВТ, которой был оснащен двигатель ВАЗ-11113, значительно усложняла эту задачу и не позволяла корректно ее решить. Поэтому было предложено параллельно

работочему регулятору х.х., установленному в блоке топливоподачи на двигателе, электрически подключить второй аналогичный регулятор х.х. При этом положение запирающего элемента второго регулятора, расположенного вне двигателя, можно было точно определять с помощью измерителя линейного перемещения.

Таким образом, второй регулятор дублировал перемещение первого (рабочего), что и позволило просто и надежно определять положение запирающего элемента в канале х.х. блока топливоподачи, не оказывая влияния на газодинамические процессы в байпасном канале.

В процессе экспериментов на автомобиле использовалась компьютерная регистрация всех сигналов с применением платы АЦП L-780 и специально разработанной программы в среде LabView.

Результаты исследования работы подсистемы х.х. на двигателе в составе автомобиля приведены на рис. 6.

Эксперименты на автомобиле проводились при одновременном

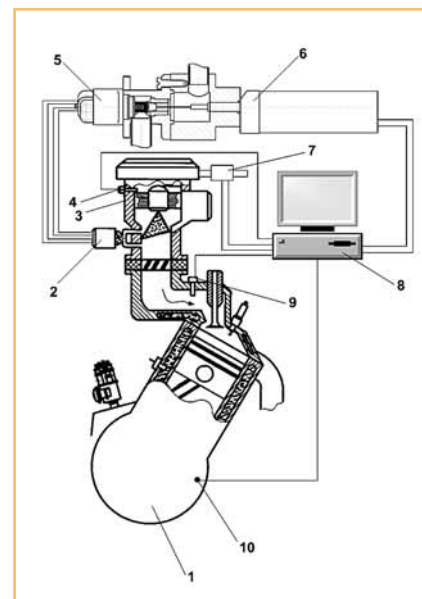


Рис. 5. Схема измерений при проведении испытаний двигателя ВАЗ-11113 в составе автомобиля: 1 – двигатель; 2, 5 – рабочий и дублирующий регуляторы х.х.; 3 – блок топливоподачи; 4 – датчик температуры воздуха; 6 – измеритель линейного перемещения; 7 – расходомер воздуха; 8 – персональный компьютер с платой АЦП L-780; 9 – датчик абсолютного давления; 10 – датчик частоты вращения вала двигателя.

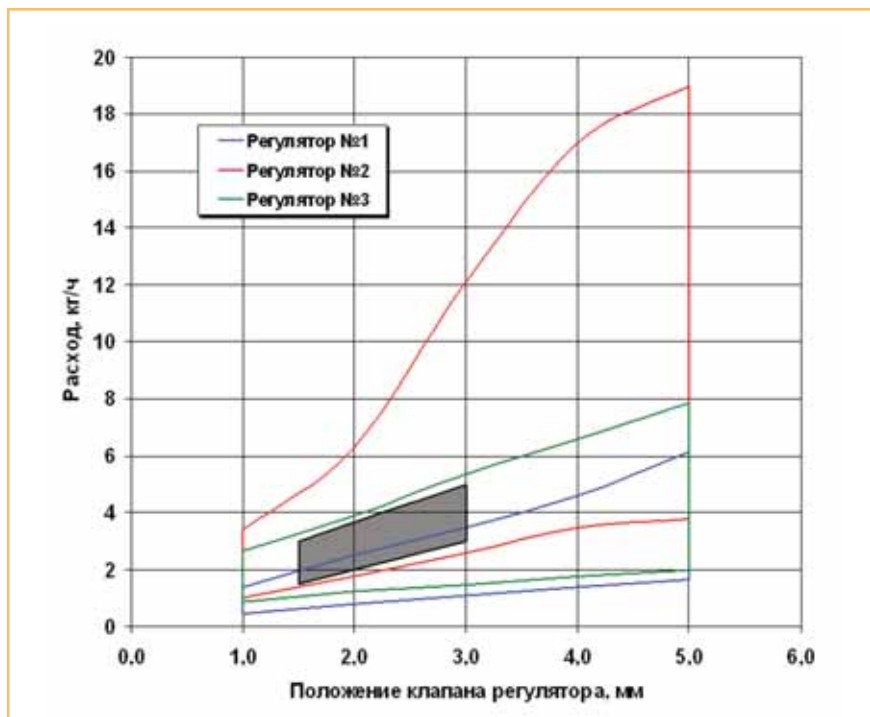


Рис. 4. Поля расходных характеристик трех вариантов регуляторов х.х. и область расходов (заштрихованная зона), требуемых двигателем на режиме х.х. в условиях эксплуатации (при перепаде давления на клапане регулятора от 0,5 до 5,0 кПа).

включении ряда потребителей (фары, стеклоочиститель, подогреватель заднего стекла, вентиляторы отопителя и радиатора). Общая мощность этих потребителей составляла около 350 Вт. Осциллограммы на рис. 6 показывают, что при одновременном включении такого большого количества энергопотребителей из-за возрастания нагрузки на генератор увеличивается мощность, отбираемая от двигателя, в результате чего частота вращения его вала падает. Это падение должен компенсировать регулятор х.х., управляемый контроллером по определенному алгоритму. В ходе экспериментов алгоритм управления всеми тремя вариантами регуляторов оставался неизменным.

Как видно, 1-й вариант регулятора позволяет устранить указанное падение частоты вращения вала, однако выполняет это довольно медленно – за период около 20 с (рис. 6а). Это объясняется тем, что

для восстановления частоты вращения требуется довольно значительное перемещение запирающего элемента регулятора. При данных газодинамических характеристиках этого регулятора это вполне естественный результат.

Второй вариант регулятора имеет высокую скорость изменения расхода (рис. 3), что приводит к появлению перерегулирования в процессе восстановления частоты вращения (рис.6б). Следует отметить, что при этом время переходного процесса гораздо меньше по сравнению с вариантом 1 – около 10 с.

Третий вариант регулятора обеспечивает также достаточно быстрое восстановление оборотов двигателя (около 10 с), но при этом не создает перерегулирования (рис. 6в). Отметим, что еще на этапе лабораторных испытаний этот вариант регулятора был оценен как наиболее предпочтительный.

Кроме этого, можно констатировать, что применение закрытия клапана х.х. не с помощью конусной поверхности запирающего элемента (как это общепринято), а с использованием кольцевой плоскости буртика за конусом, полностью оправданно. При заперении клапана конусом может произойти его «закусывание», что приведет к неработоспособности клапана х.х. В случае использования плоскости буртика для этой цели такая опасность отсутствует.

Таким образом, газодинамические характеристики канала х. х. оказывают значительное влияние на качество протекания переходных процессов на этом режиме работы автомобильного двигателя. Подбор клапана регулятора х.х. может быть произведен еще на этапе доводки системы управления на основе расходных характеристик двигателя. Правильно подобранные газодинамические показатели регулятора х.х. позволяют обеспечить требуемое качество переходных процессов.

Несмотря на то, что данное исследование проводилось на конкретном двигателе ВАЗ-11113, его результаты могут быть распространены и на двигатели других моделей.

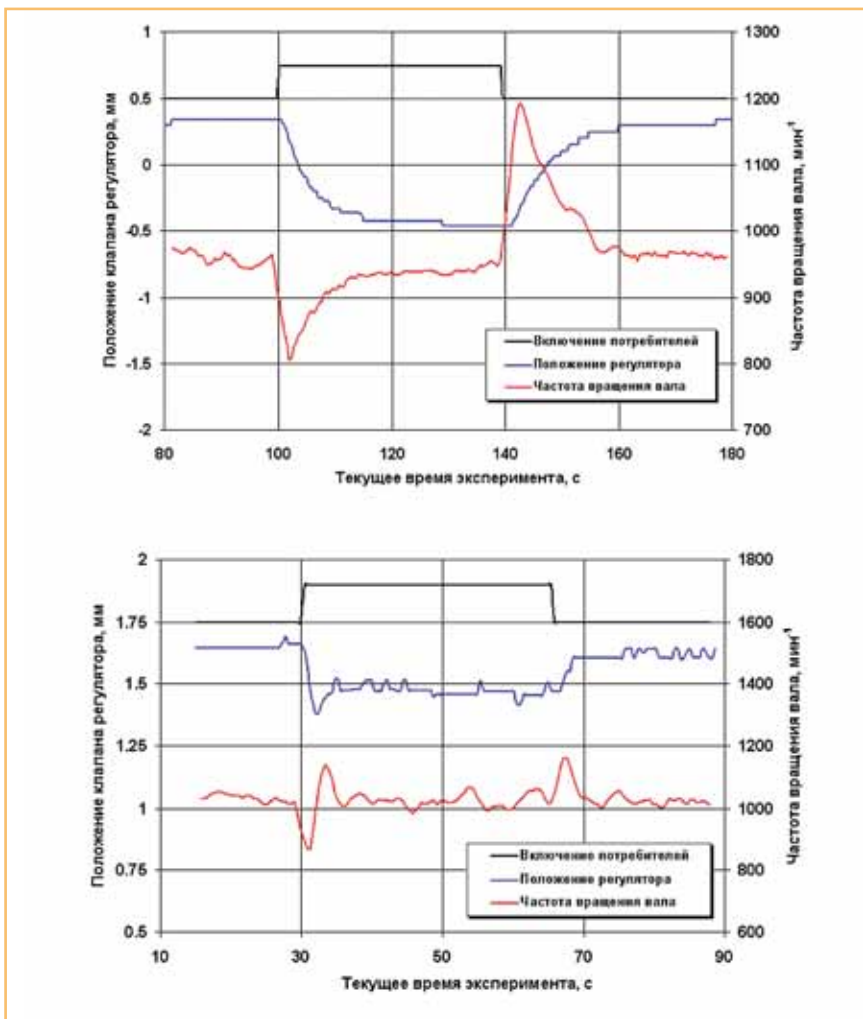


Рис. 6. Результаты исследования переходных процессов на двигателе ВАЗ-11113, оснащённом системой впрыска бензина, полученные при одновременном включении ряда энергопотребителей: а – медленное восстановление частоты вращения вала (регулятор 1); б – переходный процесс с перерегулированием (регулятор 2); в – оптимальное регулирование (регулятор 3).

Литература

1. Kiencke U., Cao Chi-Thuan. Regelverfahren in der elektronischen Motor-steuerung. – Automob. – Ind., 2. Система управления двигателем Motronic: Пер. с нем. – Bosch. - Издание 94/95. – 68 с.
2. Электронное управление автомобильными двигателями/ Покровский Г.П., Белов Е.А., Драгомиров С.Г. и др. – М.: Машиностроение, 1994. – 336 с.
3. Пинский Ф.И., Давтян Р.И., Черняк Б.Я. Микропроцессорные системы управления автомобильными двигателями внутреннего сгорания: Учебное пособие. – М.: Легион-Автодата, 2001. – 136 с.
4. Гирявец А.К. Теория управления автомобильным бензиновым двигателем. – М.: Стройиздат, 1997. – 173 с.
5. Bockelmann W., Graewert G., Burghardt H. Untersuchung der Leerlaufqualitat von Ottomotoren. – MTZ: Motortech.Z., 1990, 31, №10, s.426-430
6. Системы управления бензиновыми двигателями. Пер. с нем. 1-е русское изд. – М.: ООО «Книжное издательство «За рулем», 2005. – 432 с.
7. Драгомиров С.Г., Абрамов П.В., Белов Е.А. и др. Результаты работ по созданию системы центрального впрыскивания топлива для двухцилиндрового двигателя автомобиля «Ока» - Электроника и электрооборудование транспорта. – 2005, № 3-4.

Электропривод железнодорожной стрелки с вентильным двигателем

Суровцев В.Н., к.т.н., профессор,
Константинов Е.П., Краснов Д.В.,
Чувашский государственный уни-
верситет, г. Чебоксары

*В статье предлагается использо-
вание Вентильного двигателя для
реализации электропривода желез-
нодорожной стрелки, обеспечи-
вающей высокую надежность и
точность позиционирования.*

Безопасность движения поездов — неотъемлемое условие эксплуатации железнодорожного транспорта. Повысить ее уровень невозможно без обеспечения надежной работы одного из важнейших устройств автоматики и телемеханики — электропривода железнодорожных стрелок.

Стрелочные приводы предназначены для перевода, замыкания и контроля трех положений острижков железнодорожных стрелок: нормального (плюсового), переведенного (минусового) и промежуточного (среднего). Главными требованиями, предъявляемыми к приводам стрелочных переводов, являются:

- перевод стрелки с ходом острижков 152 мм и плотное прилегание прижатого острижка к рамному рельсу при крайних положениях;
- замыкание стрелки для предотвращения отхода острижков от рамных рельсов при движении поезда, которое должно наступать лишь в том случае, если зазор между прижатым острижком и рамным рельсом менее 4 мм;
- контроль крайних положений острижков стрелки и состояния врезки.

В настоящее время на железных дорогах России эксплуатируется более 100 тысяч стрелочных электроприводов постоянного и переменного тока, которые к настоящему времени морально и технически

устарели. Возникла необходимость в создании электропривода нового поколения. Однако обновить весь парк за короткий период времени не представляется возможным. Этот вопрос может быть решен за счёт проведения модернизации, добиваясь при этом снижения затрат на содержание стрелочных электроприводов, параллельно повышая их надежность и ресурс эксплуатации.

Основным функциональным элементом стрелочного электропривода, определяющим эффективность его функционирования, является электродвигатель. Общими недостатками всех применяемых сегодня двигателей для стрелочных электроприводов является необходимость наличия фрикционной муфты, требующей периодической регулировки и имеющей малый ресурс работы. Кроме того, наличие щеточно-коллекторного узла у двигателя постоянного тока значительно снижает их срок эксплуатации и надежность.

На наш взгляд, отмеченные недостатки могут быть устранены за счёт внедрения бесконтактных синхронных электродвигателей с постоян-

ными магнитами (вентильных электродвигателей).

Данная статья посвящена исследованию режимов работы позиционного стрелочного электропривода на базе вентильного двигателя (рис. 1).

Основными элементами силовой цепи являются: неуправляемый выпрямитель; фильтрующая емкость C ; узел сброса, включающий балластный резистор R_B и ключ VT_7 ; инвертор напряжения на IGBT модулях; синхронный двигатель с постоянными магнитами и со встроенным резольвером на валу. Электромагнитный момент формируется за счет взаимодействия токов трехфазной обмотки статора с магнитным полем ротора, синусоидальные токи в обмотках статора формируются с помощью релейного регулятора тока (PPT) и силового транзисторного преобразователя частоты.

Система управления состоит из регуляторов: положения РП, скорости РС, тока PPT и блока обратных связей (БОС). Сигналы обратных связей (по скорости, пути и положению ротора) формируются с помощью резольвера.

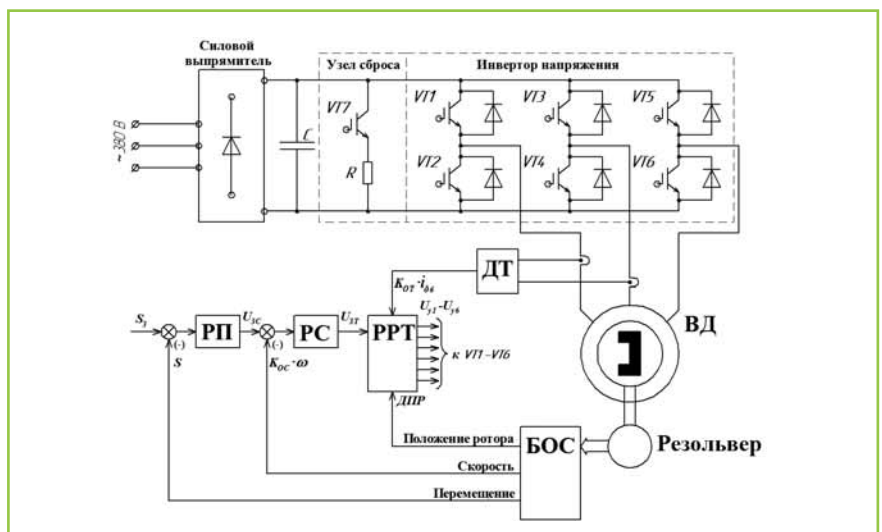


Рис. 1. Функциональная схема электропривода.

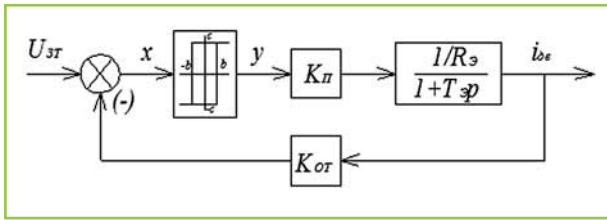


Рис. 2. Структурная схема контура тока.

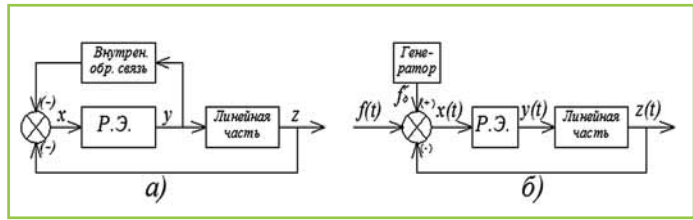


Рис. 3. Схема систем с вибрационной линеаризацией.

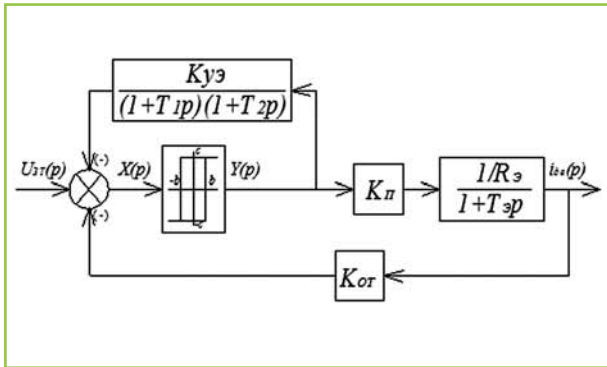


Рис. 4. Структурная схема контура тока с ускоряющим элементом.

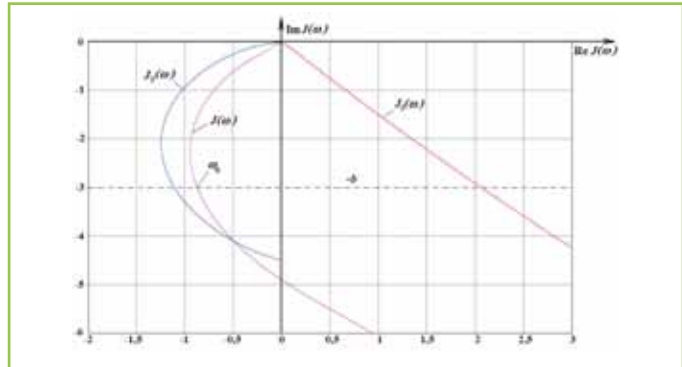
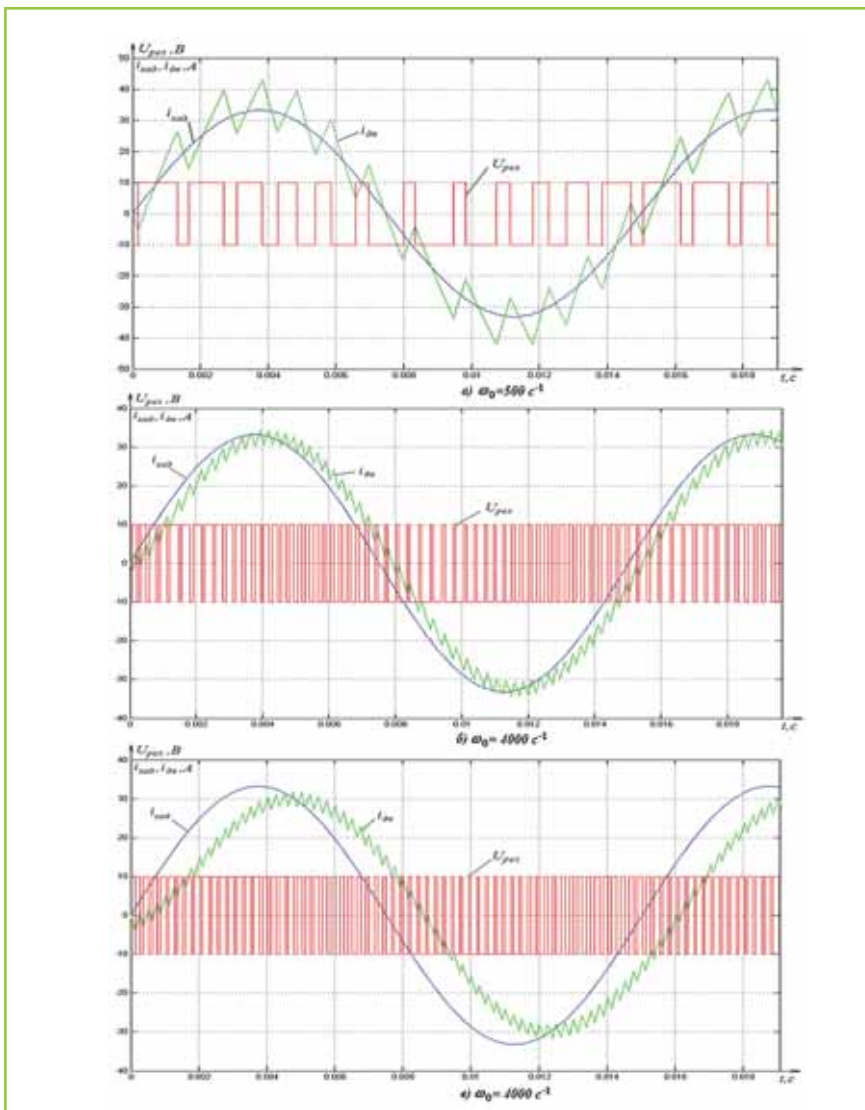


Рис. 5. Годографы $J(\omega)$, $J_1(\omega)$, $J_2(\omega)$ релейной системы.



Применение РРТ позволяет свести до минимума пульсации электромагнитного момента, так как при этом задается сам синусоидальный ток, с одновременной возможностью регулирования частоты в широком диапазоне. Контур тока с релейным элементом представляет собой замкнутую систему регулирования, которая позволяет за счет выбора величины коэффициента обратной связи по току $K_{ог}$ и сигнала задания ограничить величину максимального тока, что особенно важно при использовании транзисторных преобразователей частоты (рис. 2). Кроме того, применение РРТ позволяет провести линеаризацию системы по принципу так называемой вибрационной линеаризации.

Известно, если в релейной системе создать высокочастотное воздействие, то можно осуществить линеаризацию системы. Дополнительное высокочастотное воздействие может быть создано при помощи автоколебаний (рис. 3а) или вынужденных колебаний (рис. 3б),

Рис. 6. Способы линеаризации релейного регулятора
а) работа релейного элемента без ускоряющего устройства; б) автоколебаниями; в) вынужденными колебаниями.

если эти колебания существуют внутри системы и являются устойчивыми. Процесс линейризации аналогичен процессу модуляции. Релейный элемент представляет собой модулятор, дополнительное периодическое воздействие соответствует несущей частоте, а внешнее воздействие (управляющий сигнал) — модулирующему сигналу.

Исследования показали, наиболее эффективным способом получе-

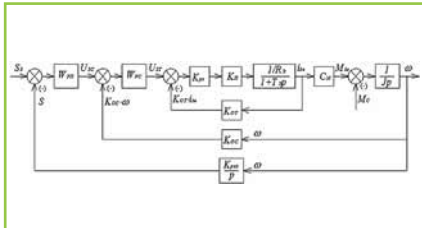


Рис. 7. Структурная схема линейризованной системы позиционного электропривода железнодорожной стрелки.

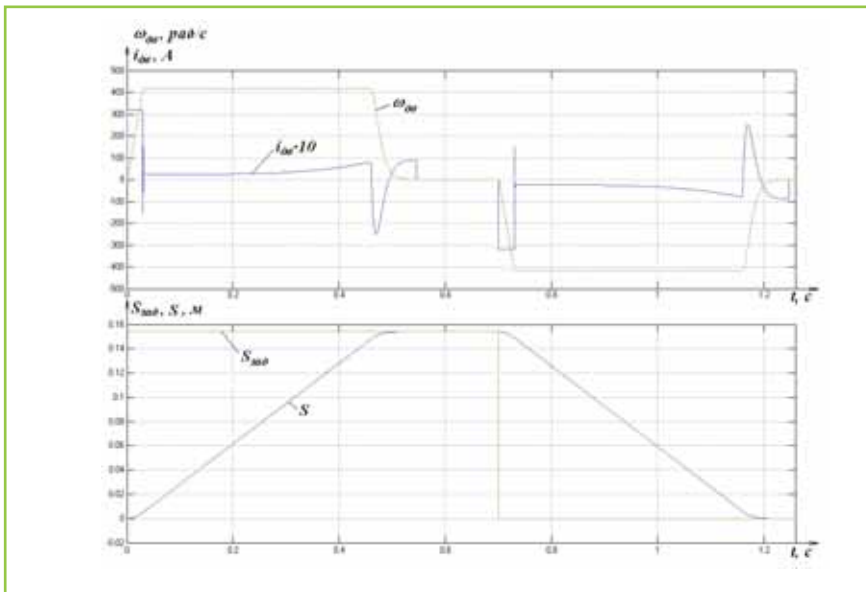


Рис. 8. Переходные процессы при переводе стрелки.

ния требуемой частоты, при линейризации автоколебаниями, является введение так называемой замедленной внутренней обратной связи, охватывающей релейный элемент.

Для данной релейной системы, на основании предварительного анализа и исследований возможных вариантов выбора ускоряющих элементов, наиболее целесообразно взять элемент, обладающий передаточной функцией:

$$W(p) = \frac{K_{y3}}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)},$$

где K_{y3} , T_1 , T_2 — коэффициент передачи и постоянные времени ускоряющего элемента.

Структурная схема контура тока с релейным регулятором и ускоряющим элементом представлена на рис. 4.

Параметры ускоряющего элемента определяются из условия неискаженной передачи низкочастотной составляющей релейного элемента. Частота дополнительного высокочастотного сигнала $f_{oc}(\omega_0)$ должна быть на порядок выше частоты входного задающего сигнала $f_{вх}$. Она определяется допустимой частотой коммутации силовых ключей. Исходя из этого, можно принять

$$T_1 - T_2 < \frac{1}{\omega_0}.$$

$$J(\omega) = J_1(\omega) + J_2(\omega),$$

где

$$J_1(\omega) = c \left\{ \frac{K_{лч}}{\omega \cdot T_3} \left[1 + th \frac{\pi}{2T_3 \omega} \right] - j th \frac{\pi}{2T_3 \omega} \right\},$$

$$J_2(\omega) = \frac{c \cdot K_{y3}}{T_1 - T_2} \left\{ \frac{1}{\omega} \left[T_1 th \frac{\pi}{2\omega T_1} - T_2 th \frac{\pi}{2\omega T_2} \right] - j \left[T_1 th \frac{\pi}{2\omega T_1} - T_2 th \frac{\pi}{2\omega T_2} \right] \right\}.$$

Годографы характеристик $J(\omega)$, $J_1(\omega)$ и $J_2(\omega)$ изображены на рис. 5., построение которых позволяет определить необходимую частоту дополнительного воздействия ω_0 .

Результаты вибрационной линейризации для различных режимов изображены на рис. 6.

На основе линейризации контура тока, была получена структурная схема позиционного электропривода железнодорожной стрелки, которая позволяет в полной мере оценить динамические свойства данного привода (рис. 7).

Переходные процессы при переводе железнодорожной стрелки в прямом и обратном направлении представлены на рис. 8.

Недостатки применяемых в настоящее время электроприводов стрелок могут быть устранены за счет внедрения вентильных электродвигателей, использование которых позволит повысить надежность, быстродействие и частоту переключений.

Литература

1. Цыпкин Я.З. Теория релейных систем автоматического регулирования. Москва, 1955.

Коэффициент передачи ускоряющего элемента выбирается из условия $c \cdot K_{y3} \geq b$.

Для возникновения автоколебаний необходимо выполнить условия [1]:

$$\text{Im} J(\omega_0) = -b; \text{Re} J(\omega_0) \leq 0.$$

Характеристика релейной системы $J(\omega)$, равная сумме характеристик линейной части системы и ускоряющего элемента, определится по формуле -

Выбор ключевых входных параметров типовых конструкций автомобильных электростартерных установок на основе расчета коэффициентов влияния

**Ермаков В.В., профессор, к.т.н.,
Тольяттинский государственный
университет, г. Тольятти**

**Козловский В.Н., к.т.н.,
ОАО «АВТОВАЗ», г. Тольятти**

В статье решаются вопросы методического и математического обеспечения выполнения требований стандарта ISO/TS 16949 к поиску и актуализации ключевых параметров типовых конструкций современных электростартерных установок (FMEA). Определение ключевой группы проводится из совокупности всех размерных параметров активной зоны электромеханического преобразователя на основе расчета коэффициентов влияния, программированием в математической среде MATLAB. По количественным значениям коэффициентов влияния осуществляется выбор и описание влияния ключевых параметров на технические характеристики электростартера. На основе полученных результатов, авторы работы предлагают проводить оптимизацию процессов проектирования и производства электростартеров для повышения качества и стабильности его технических характеристик.

В современных условиях процессы проектирования и производства должны быть интегрированы в единую систему, основой которой является качество. Качество, в данном случае, это соответствие технических характеристик, заложенных при проектировании, характеристикам, обеспеченным производством.

Известно, что эксплуатационная надежность автомобиля во многом определяется надежностью элемен-

тов системы электрооборудования. Особая роль здесь у электромеханических преобразователей (электростартеров, электрогенераторов, электроусилителей и т.д.). Отсюда вывод – качественное проектирование и производство электрооборудования автомобиля является гарантией стабильности технических характеристик ее элементов.

Сегодня многие организации России активно используют универсальный стандарт ИСО 9001 «Системы менеджмента качества. Требования» для решения проблем в области качества.

Во многих отраслях на основе ИСО 9001 разработаны более подробные стандарты, отражающие отраслевую специфику. В автомобилестроении таким документом является ISO/TS 16949, согласованный ведущими мировыми производителями автомобилей.

В процессе проектирования и разработки новой продукции, одним из основных требований стандарта ISO/TS 16949 является наличие в организации междисциплинарного подхода, позволяющего наиболее эффективно учитывать факторы и интересы всех сторон, принимающих участие в проекте. То есть проектирование ориентировано на эффективность, упрощение и оптимизацию.

При проектировании следует проводить анализ видов и последствий несоответствий конструкции FMEA.

Основным принципом FMEA при разработке конструкции, технологии, а также при изготовлении и контроле в производстве является особое внимание к параметрам, влияющим на технические характеристики продукции, такие парамет-

ры называются ключевыми [4]. Известно, что точностные параметры активной зоны электромеханического преобразователя (ЭП) оказывают наиболее существенное влияние на его рабочие характеристики.

Определение группы ключевых параметров для наиболее применяемых конструкций автомобильных электростартерных установок позволит проводить оптимизацию процессов проектирования и производства как существующих, так и новых ЭП.

Наиболее массовыми типами автомобильных электростартеров сегодня являются ЭП постоянного тока с возбуждением от постоянных магнитов и с электромагнитным возбуждением.

В представленной работе описывается комплексная программа определения группы ключевых параметров электростартеров типовых конструкций на основе расчета коэффициентов влияния.

В качестве входных параметров программы будем рассматривать основные геометрические размеры активной зоны электростартера. В качестве выходных – технические характеристики электростартера, к которым относятся характеристика холостого хода (XXX) и электромеханические характеристики. Электромеханическими характеристиками называется зависимость основных параметров стартерного электродвигателя (напряжения, частоты вращения, момента, КПД, мощности) от тока стартера [5].

Оценку влияния входных параметров электростартера на выходные технические характеристики можно осуществлять через коэффициенты влияния, опреде-

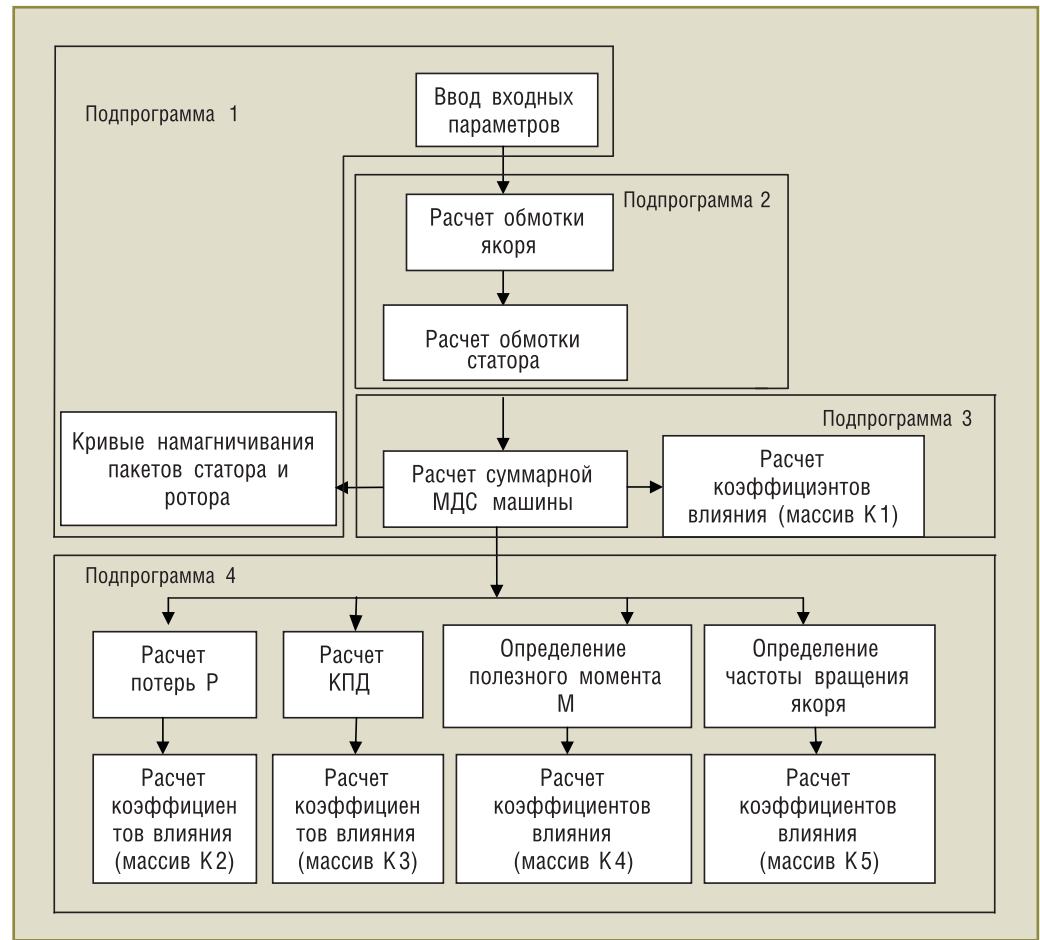


Рис. 1. Структура программы расчета коэффициентов влияния электростартера с электромагнитным возбуждением.

ляющие степень влияния погрешностей входных параметров на погрешности выходных.

Относительный коэффициент влияния j -го входного параметра на i -й выходной в общем виде может быть определен как:

$$c_{ij} = \frac{df_i(x_1, \dots, x_j)}{dx_j} \cdot \frac{x_j}{f_i(x_1, \dots, x_j)}, \quad (1)$$

Подставляя в выражение (1) расчетные номинальные значения параметров, получим численное значение данного коэффициента влияния.

Связь между входными и выходными параметрами электростартера осуществляется на основе методики расчета электромагнитных характеристик электродвигателя постоянного тока с возбуждением от постоянных магнитов и с электромагнитным возбуждением [1, 3].

Для определения аналитических выражений и численных значений коэффициентов влияния электростартера с электромагнитным возбуждением нами была построена

программа, структура которой приведена на рис. 1.

Для электростартера с возбуждением от постоянных магнитов построена программа, структура которой приведена на рис. 2.

Программы выполнены в математической среде MATLAB.

В подпрограмме 1 (рис. 1, 2) осуществляется ввод номинальных значений размерных параметров активной зоны, расчетных коэффициентов, кривой намагничивания материалов пакета якоря и статора.

В подпрограмме 2 производится расчет коэффициентов влияния размерных параметров активной зоны на МДС электростартера при холостом ходе и нагрузке.

Результаты расчета коэффициентов влияния входных параметров на МДС при холостом ходе и нагрузке позволяют выделить размерные параметры активной зоны электростартера с электромагнитным возбуждением и с возбуждением от постоянных магнитов, которые наиболее существенно влияют на МДС.

К этим параметрам относятся внутренний диаметр расточки статора (для ЭП с электромагнитным возбуждением) или внутренний диаметр полюсов (для ЭП с возбуждением от постоянных магнитов) и наружный диаметр якоря. Данные параметры принимают участие в формировании рабочего воздушного зазора машины. Размеры паза якоря (высота и ширина) оказывают меньшее влияние на формирование МДС машины. Однако их влияние также значимо.

В подпрограмме 4 (рис. 1, 2) производится расчет коэффициентов влияния входных параметров на общие потери, КПД, частоту вращения якоря, полезный момент на валу. Соответствующие значения коэффициентов влияния выводятся в аналитической форме и в количественном выражении.

Внутренний диаметр расточки статора (для ЭП с электромагнитным возбуждением) или внутренний диаметр полюсов (для ЭП с возбуждением от постоянных магнитов) и

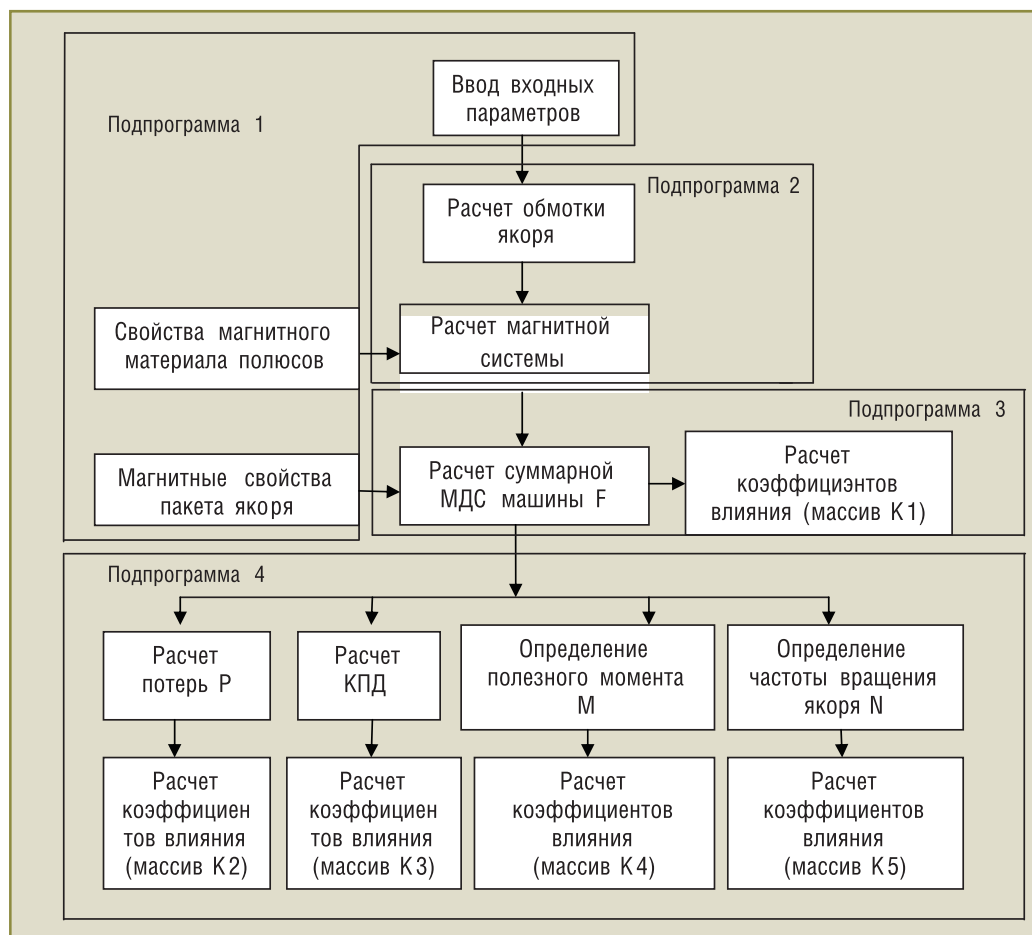


Рис. 2. Структура программы расчета коэффициентов влияния электростартера с возбуждением от постоянных магнитов.

длина пакета якоря оказывают наиболее существенное влияние на общие потери в машине. Эта же группа параметров обладает наибольшими значениями коэффициентов влияния, рассчитанных относительно КПД машины.

На частоту вращения якоря и полезный момент на валу оказывают одинаково значительное влияние длина пакета и наружный диаметр якоря.

Кроме перечисленных размерных параметров активной зоны электростартера, существенное влияние на электромеханические характеристики оказывает индукция в рабочем воздушном зазоре машины при нагрузке. Этот параметр, используя методику [1, 3], определяется с помощью ХХХ, следовательно, его можно рассматривать как связующее звено с коэффициентами влияния, рассчитанными относительно МДС при холостом ходе.

Таким образом, группа размерных параметров активной зоны,

оказывающая наиболее существенное влияние на технические характеристики электростартера, включает в себя внутренний диаметр расточки статора (для ЭП с электромагнитным возбуждением) или внутренний диаметр полюсов (для ЭП с возбуждением от постоянных магнитов), наружный диаметр якоря, длину пакета якоря, высоту и ширину паза якоря.

Использование полученных результатов может стать основанием для более эффективного назначения геометрических полей допусков на выделенные входные параметры, для более глубокого изучения влияния точности изготовления размеров активной зоны на стабильность и качество технических характеристик перспективных конструкций электростартеров. Такой подход обеспечивает выполнение требований стандарта ISO/TS 16949 к процессам проектирования и производства продукции на основе постоянной оптимизации.

Литература:

1. Балагуров В.А., Галтеев Ф.Ф., Ларионов А.Н. Электрические машины с постоянными магнитами. - М.: Энергия, 1964.
2. Козловский В.Н., Немцев А.Д. Расчетные исследования зависимости характеристик автомобильного генератора от технологических разбросов его конструктивных размеров // Автотракторное электрооборудование.- 2002., №1.-С.17.
3. Морозов А.Г. Расчет электрических машин постоянного тока. - М., 1977.- 264 с.
4. Юнак Г.Л., Годлевский В.Е., Иванов Г.В., Лощина И.В. Планирование и применение FMEA конструкции, технологии и оборудования на ОАО «АВТОВАЗ».- Самара: Офорт, 2005.
5. Ют В.Е. Электрооборудование автомобилей. - Учебник для вузов, Горячая линия - Телеком, М., 2006.

Проблемы повышения качества генераторной установки с использованием дискретной или полиномиальной моделей

Козловский В.Н., к.т.н.,
ОАО «АВТОВАЗ», г. Тольятти
Евдокимов В.Г., к.т.н.,
Дальневосточный военный институт,
г. Благовещенск

В работе проводится анализ современных методов улучшения качества и оптимизации процессов проектирования и производства автомобильных генераторов. Повышение стабильности технических характеристик генератора, в условиях существующего технологического процесса, можно добиться путем внедрения селективной сборки. Для реализации этой программы предлагается использовать дискретную или полиномиальную модель генератора, которая организует быстрый переход от размерных параметров сборочных единиц активной зоны генератора к его техническим характеристикам. Так обеспечивается система прогнозирования выходных характеристик на стадии производства, что отвечает современным требованиям процесса изготовления продукции.

Обеспечение высокого уровня качества при проектировании и производстве любого изделия непосредственно зависит от эффективности управления данными процессами. Сегодня существует достаточно большое количество инструментов улучшения деятельности в организациях. Однако наиболее широкое распространение получили инструменты на основе стандарта ISO 9001.

Можно сказать, что следующим этапом повышения эффективности системы управления предприятиями автомобильной отрасли является внедрение стандарта ISO/TS 16949:2002, который более четко

говорит об ответственности: «Организация отвечает за качество продукции и за соответствие всем требованиям потребителя, независимо от того, какие процессы переданы для выполнения на сторону, какие методы используются для управления этими процессами».

Кроме того, стандарт подразумевает применение методов бережливого производства: системы визуальных методов управления производственной линией, выравнивание производства, методов защиты от ошибок, вытягивающей системы производства, производство в потоке единичных изделий, оптимизацию организации рабочих мест и размещения производства [2].

Таким образом, можно отметить, что сегодня наблюдается интеграция методов улучшения качества продукции – с одной стороны, и методов оптимизации процессов – с другой.

В работах [4, 5, 6] показано, что технологические разбросы размерных параметров активной зоны генератора оказывают существенное влияние на его технические характеристики. Разработан обобщенный критерий качества техно-

логического процесса производства. В качестве входных параметров определены линейные размеры генератора, изменяющиеся, как и в реальном технологическом процессе, по нормальному закону распределения [7]. В качестве выходных – технические характеристики генератора: характеристика холостого хода (XXX) и токоскоростная характеристика (ТСХ). Результатом работ стал комплекс программ и моделей, выполненный в математической среде MATLAB и состоящий из программы расчета коэффициентов влияния, имитационной модели генератора, имитационной модели технологического процесса производства.

В данной работе рассматривается дискретная и полиномиальная модели генератора, которые могут стать основой оптимизированного процесса производства электро-механического преобразователя (ЭП). Это является следующим шагом в исследовании стабильности технических характеристик генератора.

При разработке и внедрении оптимизированного процесса селективной сборки изделия, когда с целью получения наиболее ста-



Рис. 1. Структурная схема организации дискретной модели.

бильных технических характеристик требуется проводить поиск оптимального сочетания сборочных единиц по входным параметрам в соответствии с ТУ, необходимо обеспечить быстрое прогнозирование влияния сочетаний входных параметров на выходные.

Для решения этой задачи можно использовать дискретные или полиномиальные модели генератора.

Дискретная модель представляет собой совокупность массивов различных сочетаний входных параметров и соответствующую ей совокупность массивов выходных, организованную таким образом, чтобы при выборе сочетаний первых можно было перейти к однозначному значению вторых. Реализация дискретной модели генератора проведена в рабочем окне математического пакета MATLAB. Структурная схема организации модели представлена на рис. 1.

Посредством дискретной модели можно проводить поиск оптимальных сочетаний размерных параметров сборочных единиц генератора. Однако для хранения массивов входных и выходных параметров требуется значительный объем памяти компьютера (чем больше рабочих вариантов, тем больше объем).

У модели генератора, выполненной на основе полиномов, этот недостаток отсутствует. Структура организации модели представлена на рис. 2.

Главное отличие структуры организации полиномиальной модели от дискретной заключается в том, что для создания первой требуются массивы входных параметров, соответствующие их предельным и средним значениям по ТУ, в соответствии с тенденцией влияния изменений параметров на электромагнитные характеристики (табл. 1). А для создания второй обеспечивается переход от индивидуальных сочетаний входных параметров к поиску и выводу соответствующих выходных, в группе массивов заданного объема.

Полиномиальная модель связывает входной размерный параметр с выходным электромагнитным рас-

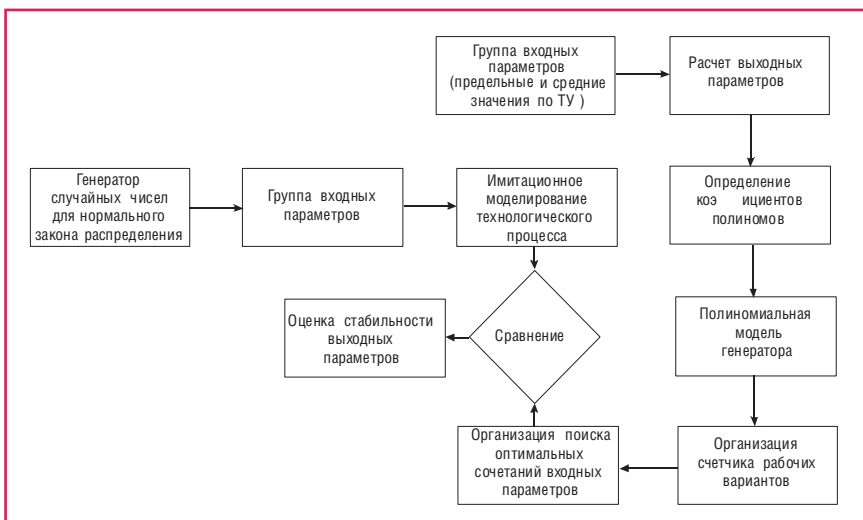


Рис.2. Структура организации полиномиальной модели генератора.

четным способом, прогнозируя кривую токоскоростной характеристики генераторной установки по трем точкам: начала токоотдачи (n_1), номинального режима (n_2) и режима близкого к максимальной токоотдаче (n_3).

$$\left. \begin{aligned} n_1 &= (-2 \cdot 10^7) \cdot Dp^2 + 3.03 \cdot 10^6 \cdot Dp + (-1.1 \cdot 10^5) \\ n_1 &= (-1.38 \cdot 10^7) \cdot Di^2 + 1.96 \cdot 10^6 \cdot Di + (-6.36 \cdot 10^4) \\ n_1 &= (-8.5 \cdot 10^5) \cdot li^2 + 2.85 \cdot 10^4 \cdot li + 9.67 \cdot 10^2 \\ n_1 &= 3.21 \cdot 10^6 \cdot Dvt^2 + (-3.6 \cdot 10^4) \cdot Dvt + 2.68 \cdot 10^3 \\ n_1 &= 2.15 \cdot 10^6 \cdot Dm^2 + (-2.83 \cdot 10^5) \cdot Dm + 1.04 \cdot 10^4 \\ n_1 &= 4.53 \cdot 10^4 \cdot lvt^2 + (-2 \cdot 10^3) \cdot lvt + 1.15 \cdot 10^3 \\ n_1 &= 5 \cdot 10^8 \cdot lst^2 + 2.44 \cdot 10^5 \cdot lst + 1.12 \cdot 10^3 \end{aligned} \right\}$$

$$\left. \begin{aligned} n_2 &= 1.8 \cdot 10^{10} \cdot Dp^2 + (-3.19 \cdot 10^9) \cdot Dp + 1.41 \cdot 10^8 \\ n_2 &= 2.34 \cdot 10^9 \cdot Di^2 + (-4.2 \cdot 10^8) \cdot Di + 1.88 \cdot 10^7 \\ n_2 &= 2.55 \cdot 10^6 \cdot li^2 + (-1.53 \cdot 10^5) \cdot li + 4.13 \cdot 10^3 \\ n_2 &= 6.36 \cdot 10^8 \cdot Dvt^2 + (-5.47 \cdot 10^7) \cdot Dvt + 1.17 \cdot 10^6 \\ n_2 &= 5.99 \cdot 10^6 \cdot Dm^2 + (-7.85 \cdot 10^5) \cdot Dm + 2.74 \cdot 10^4 \\ n_2 &= 9.07 \cdot 10^4 \cdot lvt^2 + (-1.82 \cdot 10^3) \cdot lvt + 1.85 \cdot 10^3 \\ n_2 &= (-3.49 \cdot 10^9) \cdot lst^2 + 4.42 \cdot 10^6 \cdot lst + 1.62 \cdot 10^3 \end{aligned} \right\}$$

$$\left. \begin{aligned} n_3 &= 2 \cdot 10^8 \cdot Dp^2 + (-3.77 \cdot 10^7) \cdot Dp + 1.78 \cdot 10^6 \\ n_3 &= 4.41 \cdot 10^9 \cdot Di^2 + (-7.9 \cdot 10^8) \cdot Di + 3.53 \cdot 10^7 \\ n_3 &= 1.13 \cdot 10^6 \cdot li^2 + (-6.81 \cdot 10^4) \cdot li + 3.2 \cdot 10^3 \\ n_3 &= (-3.19 \cdot 10^6) \cdot Dvt^2 + 8.03 \cdot 10^4 \cdot Dvt + 4.66 \cdot 10^3 \\ n_3 &= 6 \cdot 10^5 \cdot Dm^2 + (-3.09 \cdot 10^4) \cdot Dm + 1.48 \cdot 10^3 \\ n_3 &= 9.07 \cdot 10^4 \cdot lvt^2 + (-13.6) \cdot lvt + 2.12 \cdot 10^3 \\ n_3 &= 6.5 \cdot 10^9 \cdot lst^2 + 5.54 \cdot 10^6 \cdot lst + 1.84 \cdot 10^3 \end{aligned} \right\}$$

n_1, n_2, n_3 — частоты вращения ротора, соответствующие началу токоотдачи, номинальному режиму и максимальной токоотдачи, соответственно (мин^{-1}), Dp — наружный диаметр ротора (м), Di — внутрен-

ний диаметр расточки статора (м), li — длина расточки статора (м), Dvt — диаметр втулки, Dm — внутренний диаметр полюсной системы (м), lvt — длина втулки (м), lst — зазор в стыке (м).

Здесь необходимо отметить, что в моделях обозначена взаимосвязь между особой группой размерных параметров, выделенной на этапе расчета коэффициентов влияния [6]. Полиномиальная модель выполнена в математической среде MATLAB.

Адекватность моделей вытекает из того, что в их основе лежит общепринятая методика расчета технических характеристик генератора [1]. Достоверность результатов моделирования подтверждается результатами научно-исследовательских работ, выполненных в ОАО «АВТОВАЗ».

На последнем этапе работы проводится теоретическое сравнение стабильности технических характеристик партий генераторов заданного объема, рассчитанных с помощью имитационной модели производства генератора, с партией оптимизированных на основе дискретной и полиномиальной моделей [4]. Для решения этой задачи организована программа сравнения и оценки результатов.

Полученные данные позволяют утверждать, что использование дискретной или полиномиальной моделей для прогнозирования техниче-

ских характеристик генератора является эффективным инструментом. В процессе селективной сборки обеспечивается быстрый переход от входных параметров к

выходным. При этом наблюдается повышение стабильности технических характеристик генератора, а, следовательно, и его качества.

Таблица 1. Тенденция влияния изменений параметров на электромагнитные характеристики.

Размерный параметр	Изменение параметра	Тенденция
Зазор в стыке (Ist)	Увеличение	Уменьшение токоотдачи
Наружный диаметр ротора (Dp)	Уменьшение	
Диаметр расточки статора (Di)	Увеличение	
Внутренний диаметр полюсной системы (Dm)	Увеличение	
Диаметр втулки (Dvt)	Уменьшение	
Длина втулки (lvt)	Увеличение	
Длина расточки статора (li)	Уменьшение	Увеличение токоотдачи
Зазор в стыке (Ist)	Уменьшение	
Наружный диаметр ротора (Dp)	Увеличение	
Диаметр расточки статора (Di)	Уменьшение	
Внутренний диаметр полюсной системы (Dm)	Уменьшение	
Диаметр втулки (Dvt)	Увеличение	
Длина расточки статора (li)	Увеличение	
Длина втулки (lvt)	Уменьшение	

Литература

1. Балагуров В.А. Проектирование специальных электрических машин переменного тока. – М., 1982.- 272с.
2. Джеймс П.Вумек, Дэниел Т.Джонс Бережливое производство. Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании. М.: Альпина Бизнес Букс, 2006. – 472с.
3. Кантор В.И., Анисифоров О.Н. Алексеева Г.Н. и др. Оптимальное управление точностью обработки деталей в условиях АСУ. М.: Машиностроение, 1981.
4. Козловский В.Н., Немцев А.Д. Управление качеством и надежностью автомобильного генератора. Учебное пособие. – Тольятти., 2005.-132с.
5. Немцев А.Д., Козловский В.Н. Моделирование – инструмент управления качеством продукции // Автомобильная промышленность. 2003. - №10. С. 1.
6. Немцев А.Д., Козловский В.Н. Математические модели для оценки влияния технологических погрешностей на рабочие характеристики автомобильного генератора // Автотракторное электрооборудование. - 2001 №9-10.
7. Шиндовский Э., Шюрц О. Статистические методы управления качеством. – М., 1976.-600с.

Невская Электронная Компания

Официальный дистрибьютор KOMAX AG на северо-западе РФ



Оборудование для жгутового производства




- автоматизированные системы по сборке соединителей
- модульные полуавтоматические линии
- станки для резки и зачистки провода, кабеля и шлейфа
- прессы, аппликаторы, системы подачи провода, принтеры
- системы контроля качества готовых жгутов
- программное обеспечение для управления производством

Комплектные поставки оборудования и комплектующих для Вашего жгутового производства!



Комплектующие

- контакты (штыри, гнезда и т.д.), наконечники
- корпуса разъёмов (колодки)
- уплотнители, заглушки
- гофротруба, изоленга, термоусадка
- стяжки, клипсы, переходники, кабельные вводы

192102 г. Санкт-Петербург, ул. Бухарестская д.1, оф. 525
т/ф (812) 449-52-40 e-mail: nek@spbnek.ru www.spbnek.ru

Задачи и функции предприятий вторых поставщиков, аккредитованных в Системе сертификации «Военэлектронсерт»

Степанов Ю.И., к.т.н.,
ЗАО «Московская электронная
компания», г. Москва

Известно, что в условиях рыночных отношений, связь между предприятиями-изготовителями и потребителями продукции наиболее оптимально обеспечивает институт посредников, т.е. организациями, которые закупают продукцию у изготовителей и реализуют её. За рубежом эти функции выполняет сеть дистрибьюторов. В России также есть дистрибьюторы продукции народнохозяйственного назначения, в том числе и электронной техники.

Для решения вопросов сбыта изделий электронной техники, квантовой электроники, электротехники (далее - электронная компонентная база - ЭКБ) и продукции военного назначения аккредитована и эффективно действует сеть предприятий вторых поставщиков (ПВП).

По определению, второй поставщик — это предприятие Российской Федерации, являющееся юридическим лицом и осуществляющее закупку изделий военного назначения, их хранение, организацию дополнительного контроля и испытаний (при необходимости) а также поставку потребителям для комплектования радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) вооружения и военной техники, с выполнением гарантийных обязательств по срокам, объему и комплектности поставок.

Официальным признанием и основанием для начала деятельности предприятия в качестве второго поставщика изделий военного назначения является его аттестация в Системе «Военэлектронсерт» на право выполнения функций и задач, уста-



Рис. 1. Свидетельство об аттестации в Системе Военэлектронсерт».

новленных и регламентированных нормативными документами (НД), утвержденными Начальником Вооружения ВС РФ (НВ ВС РФ), применительно к конкретным группам (подгруппам) однородной продукции. Второй поставщик, как правило, должен иметь юридически оформленные соглашения с предприятиями-изготовителями изделий с целью:

- организации совместной системы планирования производства конкретных типов изделий на основе формирования вторым поставщиком пакета заказов и согласования его с планами производств изготовителя;
- возможного участия в обеспечении изготовителя изделий необходимыми материалами и комплектующими, участия в инвестиционной деятельности в интересах организации и развития производства;
- организации работ у изготовителя по повышению уровня качества поставляемых изделий на основе

анализа данных об отказах из сферы входного контроля, производства и эксплуатации радиоэлектронной аппаратуры ВВТ.

Для проведения контроля за соблюдением вторым поставщиком требований Министерства обороны РФ по порядку формирования заказа, организации закупок, хранения и поставок изделий, по решению Генерального заказчика устанавливается контроль представителя заказчика (ПЗ) второго поставщика.

По результатам аттестации ПВП ЦОС «Военэлектронсерт» выдает Свидетельство об аттестации с указанием номенклатуры закупаемой и поставляемой ЭКБ (рис. 1).

Однако аттестация ПВП в Системе «Военэлектронсерт» является необходимой, но не достаточной процедурой для его деятельности в рамках Гособоронзаказа. Для юридического обеспечения деятельности ПВП существует соответствующая правовая и директивная (в рамках Министерства Обороны) база.

Учитывая, что работа ПВП связана с продукцией военного назначения, их деятельность строго регламентирована директивами НВ ВС РФ.

22 ЦНИИИ МО РФ проводит методическое сопровождение сертифицированных систем качества координации деятельности вторых поставщиков в интересах Минобороны России:

- устанавливает порядок закупок электрорадиоизделий иностранного производства военного и двойного назначения, с повышенными эксплуатационными характеристиками и специальной стойкостью, вторыми поставщиками в условиях действующих экспортных ограничений;
- устанавливает порядок взаимодействия в области обеспечения особо надежной аппаратуры военного, специального, двойного и гражданского назначения унифи-

цированной электронной компонентной базой иностранного производства.

Задачи и функции ПВП

На ПВП возлагается выполнение следующих задач и функций:

- изучение и анализ спроса (по номенклатуре, объемам, срокам поставок изделий, заявленных в области аккредитации) предприятий-изготовителей РЭА военного назначения и формирование комплексных заявок на поставку изделий;
- анализ состояния производства, выпуска и качества продукции по номенклатуре изделий, планируемых для поставок, и подготовка соглашений с соответствующими предприятиями-изготовителями изделий;
- участие в организации работ по сертификации системы качества (СК) предприятий-изготовителей изделий, с которыми у второго поставщика имеются долгосрочные соглашения;
- регистрация закупаемой и поставляемой продукции с организацией системы прослеживания партий изделий от изготовителя до потребителя;
- формирование комплексных целевых заказов, оформление сопроводительной документации, организация транспортировки, хранения и упаковки (переупаковки) изделий и отправки их потребителю;
- организация испытаний (перепроверок) партий изделий с превышенными сроками хранения, установленными нормативными документами. Принятие последующих решений по их отгрузке потребителям, а также организация, в необходимых случаях, входного контроля, отбраковочных испытаний, диагностического неразрушающего контроля и др.;
- разработка (или участие в разработке) технических условий (ТУ) на изделия иностранного производства (ИП);
- организация проведения испытаний поставляемых партий изделия ИП;
- регистрация данных о качестве поставленных изделий, ведение

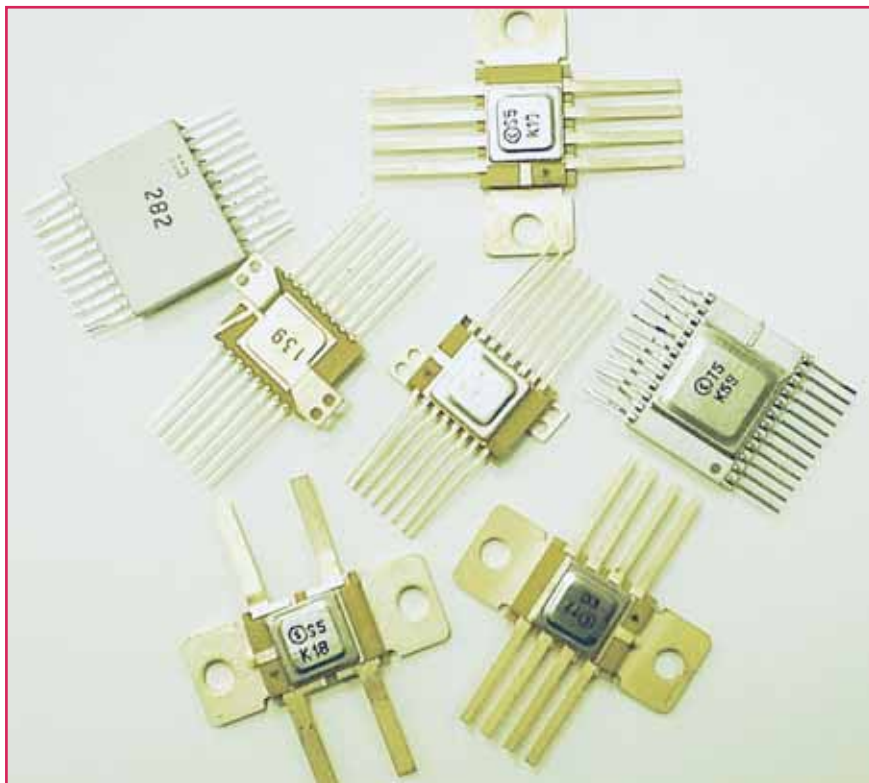


Рис. 2. Изделия радиоэлектронной аппаратуры - диоды СВЧ.

рекламационной работы и участие в анализе отказов поставляемых изделий;

- представление 22 ЦНИИ МО дважды в год отчетов по согласованной форме о проведенных поставках изделий;
- организация входного контроля и рекламационной работы;
- разработка мероприятий по поддержанию и совершенствованию СК второго поставщика и ее элементов;
- организация взаимодействия с ПЗ на предприятии;
- организация взаимодействия с аттестованными вторыми поставщиками для повышения эффективности выполнения поставок и работ по комплектованию РЭА.

Деятельность ПВП строго регламентирована нормативными документами, утвержденными Начальником Вооружения ВС России и стандартами РФ. Например, РД В 319.010-2002: Система добровольной сертификации радиоэлектронной аппаратуры, электрорадиоизделий и материалов военного назначения «Военэлектронсерт». Требования ко второму поставщику.

Для решения изложенных выше задач и функций ПВП должно иметь собственную систему качества, соответствующую требованиям вышеупомянутого РД В 319.010-2002.

Система качества второго поставщика должна обеспечивать:

- изучение, анализ и обобщение потребностей предприятий-изготовителей РЭА в конкретной номенклатуре изделий, формирование перечня планируемых к закупке изделий (рис. 2);
- организацию взаимодействия с предприятиями-изготовителями изделий и аттестованными вторыми поставщиками по оценке их возможностей по производству и/или поставке соответствующих групп изделий (по номенклатуре, уровням качества, объемам и срокам поставок);
- формирование комплексных заказов (заявок) по каждому предприятию-изготовителю изделий, в том числе на проведение долгосрочных поставок изделий и заключение соответствующих договоров (соглашений) с предприятиями-потребителями и изготовителями изделий.



Рис. 3. Предприятие-изготовитель электронных изделий.

Особенности деятельности ПВП

Наиболее важными особенностями деятельности ПВП, аккредитованных в Системе «Военэлектронсерт», являются следующие:

1. Закупка изделий должна осуществляться на предприятиях-изготовителях или у аттестованных в установленном порядке вторых поставщиков.

Закупка изделий для поставок предприятиям-изготовителям РЭА, осуществляемая вторым поставщиком, должна производиться на предприятиях, имеющих, как правило, сертифицированную в установленном порядке СК (производство) и документ, подтверждающий право работы предприятия с МО РФ.

Контракт с предприятием-изготовителем на закупку изделий может предусматривать предоставление второму поставщику данных по качеству партий изделий и нормативной документации (технические условия или справочные листы на изделия в согласованном с заказчиком объеме, данные по уровням качества изделий, объем и результаты их отбраковочных испытаний по ТУ, сроки, порядок и условия хранения у изготовителя и т.д.).

Второй поставщик проводит закупку и поставку предприятиям-потребителям изделий, изготовлен-

ных в странах ближнего зарубежья (СБЗ) по нормативным и техническим документам Российской Федерации для продукции военного назначения, либо по документам, действовавшим на территории бывшего СССР, в соответствии с заключенными соглашениями и действующей нормативной документацией и юридической базой.

4. Закупка изделий из СБЗ должна производиться на предприятиях, имеющих сертифицированные (аттестованные) СК, продукция которых выдержала приемосдаточные испытания, а ее качество подтверждено результатами квалификационных и периодических проверок (рис. 3).

5. Закупка изделий на предприятиях-изготовителях СБЗ, не прошедших аттестацию СК, осуществляется при представлении предприятием-потребителем соответствующего решения главного управления отрасли промышленности и заказывающего управления МО, согласованного с Генеральным заказчиком.

6. Закупка изделий, изготовленных предприятиями СБЗ по национальным нормативным документам, а также изделий иностранного производства проводится в порядке, определенном Таможенным кодексом Российской Федерации и документами Государствен-

ного таможенного комитета Российской Федерации, а также соответствующими требованиями Минобороны Российской Федерации.

7. Поставку изделий ИП, разрешенных для применения в РЭА ВВТ, осуществляют юридические лица, расположенные на территории Российской Федерации, если иное не установлено международными договорами о военно-техническом сотрудничестве с иностранными государствами.

8. Второй поставщик изделий ИП, до заключения контрактов (договоров) на их поставку, обязан в письменном виде известить предприятия-потребителей об отсутствии или наличии ограничений областей применения конкретной продукции. Данные ограничения могут основываться на требованиях национального законодательства страны-поставщика и/или предложенных условиях зарубежной фирмы. В настоящее время приняты международные нормы об указании в контракте (или импортном сертификате) целей и места использования изделий, названий и адресов предприятий-потребителей, обязательств второго поставщика и предприятий-потребителей о том, что экспортируемые изделия будут использоваться исключительно в заявленных целях и не будут реэкспортироваться или продаваться кому-либо без письменного согласия экспортера.

Об указанных особенностях контракта с зарубежной фирмой-поставщиком второй поставщик обязан также известить 22 ЦНИИ МО в письменном виде.

В связи с возрастающей ролью ПВП в обеспечении и выполнении Гособоронзаказа, НВ ВС РФ, ФГУ «22 ЦНИИ Минобороны России» совместно с ЦОС «Военэлектронсерт» проводит постоянную работу по повышению эффективности деятельности ПВП.

В настоящее время подготовлены и находятся на рассмотрении проекты новых версий НД, устанавливающих требования ко вторым поставщикам и порядок их аттестации.

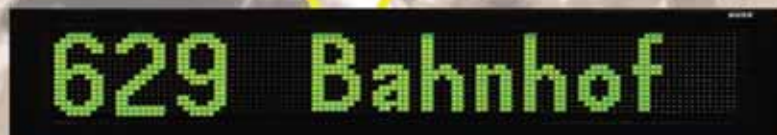
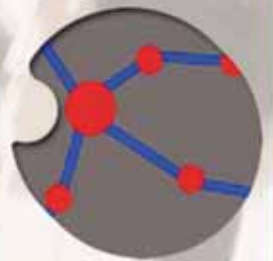
BUSE

Системы управления и
информационные системы для
общественного транспорта

ООО "Группа ЭЛКО"
109029, РФ, Москва
тел./факс: +7 (095) 911-5210
e-mail: info@elcogroup.ru

УП "ФЭК"
220015, РБ, Минск
тел./факс: +375 (17) 210-2321
e-mail: info@fek.by

ООО "Невская Электронная Компания"
192102, РФ, Санкт-Петербург
тел./факс: +7 (812) 449-5240
e-mail: nek@spbnek.ru



Обзор отказов автомобильного электрооборудования при воздействии на него внешнего электромагнитного поля

Николаев П.А., к.т.н.,
ОАО «АВТОВАЗ», г. Тольятти

Статья посвящена вопросам безопасности колесного транспортного средства при воздействии на него внешнего электромагнитного поля. Рассмотрены отказы от заданного алгоритма работы бортовой автомобильной электроники и электрооборудования, возникавшие на этапах опытно-конструкторских работ, при наведении излучением помех в их электрических цепях.



Рис. 1. Камера для испытаний электроники и электрооборудования в составе автомобилей на устойчивость к внешнему электромагнитному полю.

В настоящее время помехоустойчивость электрооборудования является одним из основных критериев, по которому производится комплексная оценка транспортных средств. Поэтому данным вопросам, как за рубежом, так и в России, уделяется все больше внимания. Следует отметить, что если транспортное средство не удовлетворяет критерию помехоустойчивости, то оно не получит одобрения при его омологации. Оценить восприимчивость автомобильного электрооборудования к электромагнитному полю возможно только лишь в специализированных лабораториях. Такое подразделение, например, функционирует в ОАО «АВТОВАЗ». В круг задач данной лаборатории входят испытания транспортных средств на устойчивость к внешнему излучению.

Подобного рода исследования проводятся с 2004 года. За прошедший период времени накоплен достаточный материал, позволяющий дать комплексную оценку по восприимчивости автомобиля к электромагнитному полю (ЭМП). Целью данного труда является обобщение результатов испытаний изделий электрооборудования и электроники на этапах опытно-конструкторских работ при воздей-

ствии на автомобиль внешнего излучения, а также выдача рекомендаций по устранению нежелательных эффектов, возникающих при облучении транспортного средства ЭМП.

Методика проведения исследований, связанных с облучением ЭМП электронных устройств и приборов, базируется на общих требованиях, регламентируемых ГОСТ Р 41.10-99. Суть ее заключается в том, что в рабочей зоне устанавливаются значения электрической составляющей ЭМП при отсутствии испытуемого транспортного средства на регламентированных частотах или в исследуемом спектральном диапазоне. Определяется подводимая к антенне мощность, которая необходима для создания заданного электромагнитного поля. После калибровок энергетических параметров генераторов в рабочую зону устанавливается автомобиль и подвергается воздействию излучения в спектральном диапазоне $f \in [30; 100]$ МГц. Во время испытаний к антенне подводится амплитудно-модулированный сигнал, мощность которого ранее определена. Параметры модулирующего воздействия составляют $f_{\text{мод}}=1$ КГц и глубина $m=80\%$ (рис. 1).

Проводимые в рамках НИОКР исследования позволили выявить

явления, связанные с отклонением от заданного алгоритма работы электронной аппаратуры при воздействии внешнего излучения, а именно: превышение номинального напряжения в бортовой сети автомобиля, самопроизвольное вращение электромеханического усилителя рулевого управления (ЭМУРУ) и сбой в работе автомобильной противоугонной системы (АПС). Понятно, что при появлении какой-либо из перечисленных неисправностей увеличивается вероятность угрозы жизни людей, находящихся в салоне транспортного средства.

Изменение потенциала бортовой сети автомобиля в зависимости от частоты ЭМП, динамика которого у выборочного образца показана на рис. 2, вызвано отклонением от нормальной работы интегрального регулятора генератора напряжения (рис. 3, 4), вследствие чего возрастает ток, протекающий в обмотке возбуждения. Напряженность внешнего электромагнитного поля во время испытаний составляла 100 В/м. Эксперименты показали, что увеличивается потенциал в бортовой сети у автомобилей (семейство ВАЗ 2110 и «Самара-2»), оснащенных опытными генераторами ВАЗ 2112-3701010, а также у транспортных средств семейства

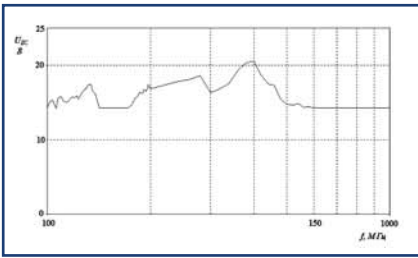


Рис. 2. Напряжение в бортовой сети автомобиля при воздействии электромагнитного поля.

«Калина» и ВАЗ 2170 с установленными опытными источниками напряжения ВАЗ 1119-3701010. Определено, что у отдельных образцов генераторов ВАЗ 1119-3701010 предельное значение уровня напряженности электромагнитного поля, при котором регулятор напряжения нормально функционирует, составляет $E=12$ В/м, тогда как требования ГОСТ регламентируют порог не менее $E=30$ В/м. В ходе эксперимента установлено, что потенциал в бортовой сети автомобилей семейства «Калина» и ВАЗ 2170 изменяется относительно номинального в диапазоне частот $f \in [100; 700]$ МГц.

У транспортных средств, таких как семейство ВАЗ 2110 и «Самара-2», оснащаемых генераторами ВАЗ 2112-3701010 с опытными регуляторами, поставленными из г. Молодечно, отклонения в работе наблюдались после окончания ходовых ресурсных испытаний у 50% машин при их пробеге 120000 км. Это говорит о снижении помехозащищенности электрооборудования с течением времени. При этом потенциал в бортовой сети автомобилей семейства ВАЗ 2110 и «Самара-2» изменяется относительно номинального в диапазоне частот $f \in [30; 700]$ МГц. Повышенное напряжение, под которым оказывается электрооборудование транспортного средства при воздействии излучения, является одной из основных причин отказа аппаратуры. Экспериментально установлено, что потенциал бортовой сети при воздействии ЭМП достигает $U=21$ В. При этом характерны следующие неисправности: выход из строя аккумуляторной батареи (АКБ) и катушек зажигания (КЗ); увеличение тока, протекающе-

го по проводам к нагрузке, вследствие чего возможен их нагрев и оплавление изоляции, приводящее к короткому замыканию в цепи; уменьшение срока службы осветительных фонарей.

Первый отказ характерен осыпанием активной массы с свинцовых

пластин АКБ, из-за чего происходит помутнение электролита (рис. 5). Это приводит к уменьшению емкости аккумуляторной батареи либо к ее полному выходу из строя. Второй отказ обусловлен увеличением тока накопления, протекающего по первичной цепи катушки зажигания. Это, соответственно, приводит к превышению температуры нагрева корпуса относительно предельно допустимого значения и к ее механическому разрушению. Причем подобного рода повреждение наблюдаются как у двухискровых катушек (рис. 6а), так и у индивидуальных катушек (рис. 6б). Понятно, что при выходе из строя КЗ происходит остановка транспортного средства. При повышенном бортовом напряжении повышается термическая нагрузка на провода питания за счет увеличения силы тока. Это приводит к разрушению изоляции с возможным последующим коротким замыканием.

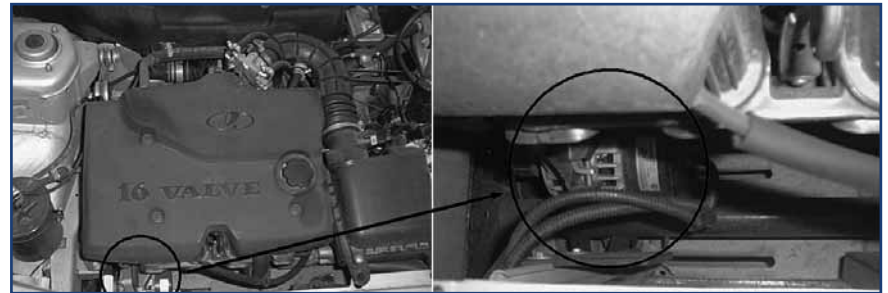


Рис. 3. Место установки в автомобиле генератора напряжения.

Методами борьбы против превышения потенциала в бортовой сети автомобиля являются экранировка генератора и применение интегральных регуляторов напряжения, выполненных на кристалле с минимальной установкой навесных электронных компонентов. В первом случае происходит отражение электромагнитного поля от поверхности металла, а во втором — минимизация

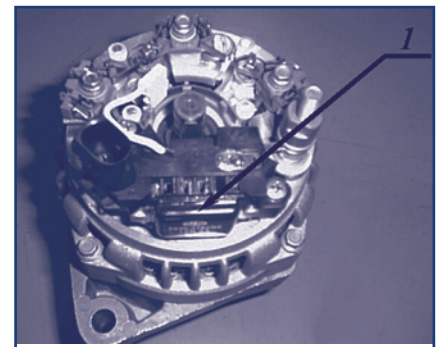


Рис. 4. Конструкция генератора напряжения. 1 - Интегральный регулятор напряжения.

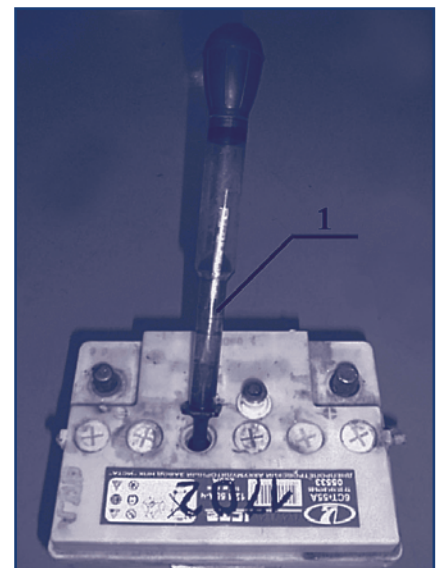


Рис. 5. Аккумуляторная батарея. Раствор электролита с осыпавшейся активной массой.

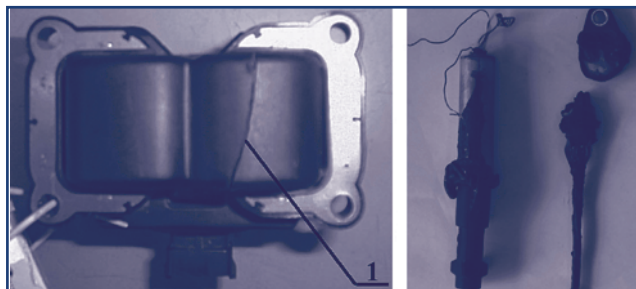


Рис. 6. Неисправности катушек зажигания.
а) Двухвискровая катушка зажигания;
б) индивидуальной катушки зажигания.
1- Разрушение, вызванное перегревом.

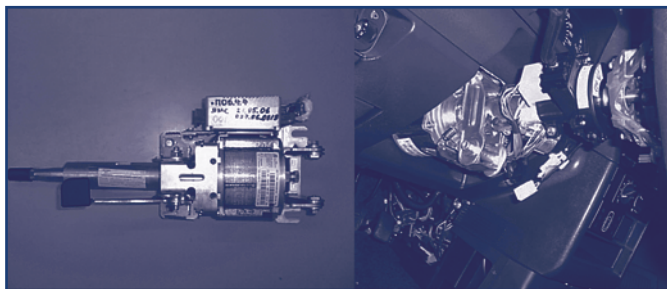


Рис. 7. Электромеханический усилитель рулевого управления. а) Внешний вид; б) ЭМУРУ, установленный на автомобиле.

рый является также и тепловым отводом.

Следующим дефектом, выявленным в ходе опытно-конструкторских работ при воздействии на электрооборудование автомобиля ЭМП, является самопроизвольное вращение электромеханического усилителя рулевого управления (ЭМУРУ) (рис. 7). Исследования показали, что самопроизвольные отклонения от заданного алгоритма работы вращения данного устройства, установленного на транспортном средстве, происходят при его облучении электромагнитным полем. Такого рода неисправности возникают в диапазоне частот $f \in [170; 600]$ МГц. При испытаниях отдельные образцы ЭМУРУ самопроизвольно вращались при величине напряженности электромагнитного поля $E=37$ В/м. Установлено, что отклонения от алгоритма работы в большинстве случаев вызваны низкой помехозащищенностью датчиков момента, отвечающих за измерение угла отклонения руля относительно его нулевого положения.

Понятно, что потеря контроля над траекторией движения автомобиля увеличивает вероятность получения различной степени механических повреждений или нанесения телесных повреждений пассажирам транспортного средства. Увеличением помехозащищенности ЭМУРУ от воздействия электромагнитного поля является применение тривиальных методов борьбы, направленных на ослабление влияния излучения: экранировка; фильтрация сигналов, не несущих полезную информацию; оптимальное проек-

тирование электропроводящего рисунка электронной платы усилителя рулевого управления и использование программного продукта, обеспечивающего бесперебойный обмен информацией в цепях данного устройства.

Характер сбоев на этапах НИОКР в работе автомобильной противоугонной системы (АПС) (рис. 8а) выражается в том, что невозможно считать кодовую посылку с транспондера (рис.8б), встроенного в ключ зажигания, вследствие чего на контроллер системы управления двигателем не поступает команда разрешения запуска двигателя внутреннего сгорания. Эксперимент показал, что блокировка запуска ДВС, управляемого электронной системой, происходит при облучении транспортного средства ЭМП в диапазоне частот $f \in [50; 400]$ МГц. Причем, на отдельных частотах у различных образцов АПС пороговое значение напряженности электромагнитного поля, при котором автомобильная противоугонная система нормально функционирует, составляет $E=8$ В/м, тогда как требования регламентируют предельно допустимый уровень не менее $E=60$ В/м. Методами борьбы с блокировкой запуска двигателя под воздействием излучения являются: применение сигнала опроса транспондера на основе кода Хемминга с базой,

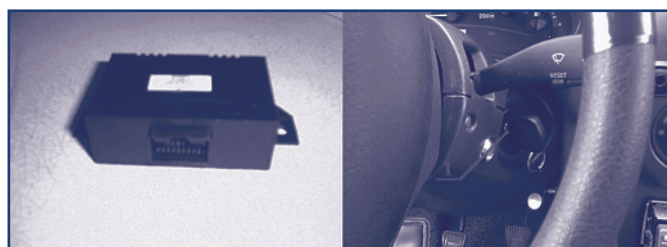


Рис. 8. Блок автомобильной противоугонной системы. а) Внешний вид; б) АПС, установленный на автомобиле. 1 – Область, в которой происходит обмен данными между АПС и транспондером.

позволяющей определять и исправлять n-1 ошибок, а также решения, описанные выше.

В настоящее время вся продукция заводов-изготовителей, устанавливаемая на конвейере Волжского автозавода, полностью соответствует как действующим российским ГОСТ, так и международным требованиям по критериям электромагнитной совместимости, так как поставщики в достаточной мере учли рекомендации исследовательской лаборатории ЭМС ОАО «АВТОВАЗ».

Литература

1. ГОСТ Р 41.10-99 «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении электромагнитной совместимости. Технические требования, касающиеся широкополосных электромагнитных помех, производимых транспортными средствами, оснащенными искровым зажиганием».
2. Правила R 10-02 ЕЭК ООН «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении электромагнитной совместимости».

ЮЕ-Интернейшнл

Мелочи определяют качество
Melexis – мировой лидер на рынке автоэлектроники



Оптоэлектроника

- Фотодиодные линейки
- Датчики света
- Инфракрасные термометры

Беспроводные решения

- Радиопередатчики, приемники, приемопередатчики
- RFID микросхемы

Датчики

- Датчики Холла
- Датчики давления
- Гироскопы



Управляющие устройства

- Lin/SW CAN приемопередатчики
- Интеллектуальные управляющие устройства
- Драйверы светодиодов
- Драйверы двигателей и вентиляторов

www.yeint.ru • yeinfo@yeint.ru

О Международном авиационно-космическом салоне

Торжественное открытие международного авиационного салона — «МАКС-2007» состоялось 21 августа. Проводимый в восьмой раз на базе Летно-исследовательского института им. Громова в городе Жуковский «МАКС» зарекомендовал себя одним из ведущих авиасалонов мира. Здесь демонстрируются новейшие конструкторские и технологические разработки, укрепляются деловые связи между российскими и зарубежными партнерами.

В первый день работы салона организаторы представили обширную официальную программу: выступление президента Российской Федерации Владимира Владимировича Путина и первого вице-преьера правительства страны Сергея Борисовича Иванова, тематические пресс-конференции и круглые столы, презентации отдельных компаний-производителей авиационно-космической техники и оборудования, демонстрационно-показательные полеты.



Рис. 1. Делегация правительства Российской Федерации на Международном авиационно-космическом салоне.

Среди компаний-участников «МАКС», занимающихся разработкой и производством электрооборудования летательных аппаратов, были представлены такие крупные фирмы как ОАО «НПО Сатурн» (г. Москва), ФГУП «ММП Салют» (г. Москва), ОАО «Пермский моторный завод» (г. Пермь), ОАО «Электроприбор» (г. Москва), ОАО «Мотор Сич» (Украина), ГП «НПК Прогресс» (Украина) и другие.

Всего в мероприятии приняли участие более 500 компаний из разных стран.

На авиасалоне дебютировали новые модели самолетов. Одна из них — авиалайнер ИЛ 96-300, выполненный для специального авиаотряда Управления делами президента РФ ГТК «Россия». Вторая — МиГ-29К/КУБ — новейший истребитель отечественного авиапрома. Накануне открытия «МАКС» последнюю модель тестировали российские и индийские пилоты. По мнению летчиков-испытателей, в МиГе-29К/КУБ высокой оценки заслуживает бортовое оборудование, в частности оптико-электронная обзорно-прицельная система ОЛС-УЭ и многофункциональные индикаторы MFD-10-7.

Отличием «МАКС» в 2007 году стало неожиданно большое количество китайских участников. И это оправданно. Ведь недавно в Госсовете Китая сделали заявление о создании нового самолета собственного производства, и с этой целью уже обратились в Роспром, предлагая проработать российско-китайскую линию партнерства в разработке силовой установки для среднемагистрального пассажирского самолета на 150 посадочных мест. Таким образом, компании China Electronics Technology Group



Рис.2. Военный истребитель Су-30МК-501 на экспозиции салона «МАКС».

Corporation, China Aviation Industry Corporation II заняли свои экспозиционные места на авиационно-космическом салоне.

Один из крупнейших стендов на «МАКС-2007» представило московское ММПП «Салют». За последний год данное предприятие освоило серийное производство двигателя АИ-222-25, заказчик которого - ВВС России. Вторая по величине экспозиция - научно-производственного объединения «Сатурн», демонстрирующего новую разработку «Двигатель прогресса - Интеллект».

В день открытия авиасалона прошли пресс-конференции по различным темам. Первой в конференц-зале выступила делегация ВВС

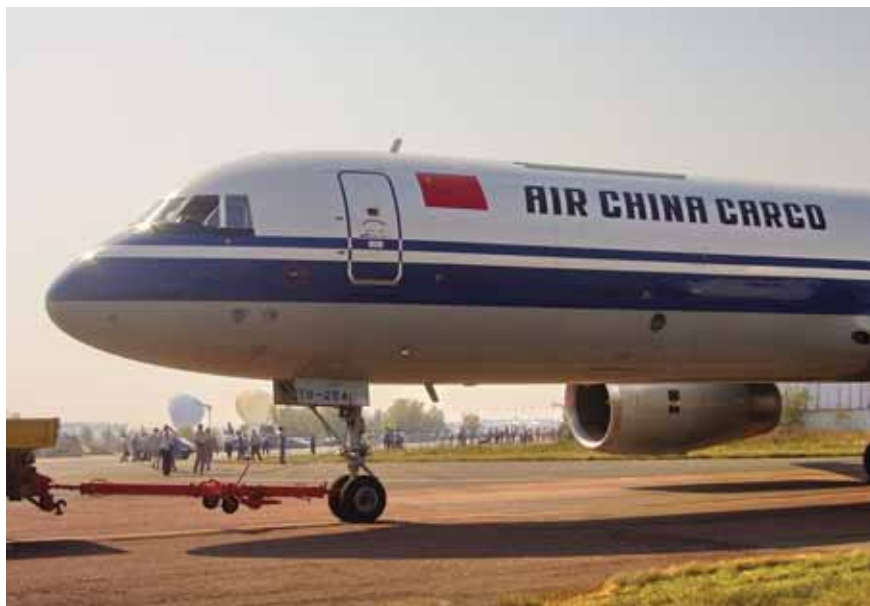


Рис.3. Самолет китайской компании Air China Cargo.



Рис.4. Стенд компании «ММПП Салют».

США. Генерал Ульям Т. Хоббинс, командир подразделений, дислоцирующихся в Европе, доложил о планах и целях участия США в «МАКС-2007». В разгар выставочного дня пресс-центр заняла Ассоциация «Союз авиационного двигателестроения», представители которой обсуждали повышение эффективности работы по двигателестроению в России. Послеполуденные часы были посвящены главной теме дня - состоянию малой авиации Самарской области. Перед участниками, организаторами и зрителями салона «МАКС» выступили сотрудники Министерства промышленности и энергетики Самарского региона с презентацией областной целевой программы «Развитие авиации

общего назначения на 2001-2008 годы».

Международный авиационно-космический салон, ежегодно проводимый в России, неразрывно связывает достижения современной авиационной промышленности с местом проведения «МАКС» - городом Жуковский.

Сейчас на территории Лётно-исследовательского института им. Громова базируются крупнейшие лётные базы: «Туполев», «Ильюшин», «Яковлев», а в дни проведения «МАКС» решится вопрос ещё одной - формализовать свое присутствие в Жуковском планирует Объединенная авиастроительная корпорация России.



Рис.5. Демонстрационно-показательные полеты. Пилотажная группа «Стрижи» (МиГ-29, Россия).

«ИНТЕРАВТО» и «Мотор Шоу» 2007



Первый месяц осени 2007 года открылся двумя яркими и динамичными выставками «Интеравто» и «Мотор Шоу». В Москве, в выставочном комплексе «Крокус Экспо», встретились представители более 1000 компаний из 30 стран, специализирующихся в разных отраслях автопрома, руководители федеральных транспортных ведомств России и автолюбители, для того чтобы познакомиться с новой продукцией, оценить достижения современного рынка и установить выгодные партнерские отношения.

«ИНТЕРАВТО»

Международная выставка «Интеравто» в третий раз прошла в Москве с 29 августа по 4 сентября. Масштабные экспозиции компаний-участников из 15 стран мира и всех регионов Российской Федерации заняли 80 000 кв. м закрытых и уличных площадей в «Крокус

Экспо», что в два раза больше, чем на подобном мероприятии в прошлом году. Выставка представлена тремя основными разделами — автомобильный, автокомпонентный и коммерческого автотранспорта.

Экспозиция коммерческого транспорта расположилась в залах третьего, нового, открывшегося вместе с «Интеравто», павильона международного выставочного центра (МВЦ). Свои презентационные образцы грузовых автомобилей, автобусов и прицепов продемонстрировали здесь такие крупнейшие заводы и предприятия как ОАО «КАМАЗ», АМО «ЗИЛ», Группа «ГАЗ», МАЗ, ФОРД, КРАЗ, БАЗ и многие другие автопроизводители.

На выставке также состоялось 20 международных премьер — ГАЗ Sebring, 16-я модель ВАЗ, яркие премьеры от Hyundai и целого ряда китайских производителей. Деловая программа «Интеравто 2007»

Рис. 1. Экспозиция коммерческого транспорта.

была насыщена и направлена на широкий круг профессионалов. Итак, в рамках мероприятий для специалистов состоялись: 6-й конгресс технологов автомобилестроения, конференция «Коммерческий транспорт в России — 2007. Перспективы. Проблемы. Возможности», 9-я конференция «Двигатели для российских автомобилей», Международная научно-техническая конференция «Проблемы развития технического сервиса автотранспортных средств» и другие тематические выступления.

Организатор выставки, МВЦ «Крокус Экспо», не оставил участников и зрителей «Интеравто» без сюрпризов. 29 августа главный редактор «Книги рекордов России» Алексей Свистунов зафиксировал основные параметры, по которым

МВЦ номинирован на рекорд страны как «самая большая выставочная площадь павильона».

«Мотор Шоу»

11-я Московская международная выставка «Мотор Шоу» (MIMS) успешно прошла с 29 августа по 2 сентября. Она максимально охватила такие отрасли автомобильной промышленности, как тюнинг, аксессуары, запчасти и компоненты, электрооборудование.

На «Мотор Шоу» свою продукцию и новейшие разработки представили: ЗАО «Автомобили и моторы Урала» (Россия, г. Новоуральск) — единственный на Среднем Урале автомобильный завод, совместно с



Рис. 2. Экспоненты автомобильного раздела выставки.

включая системы трансмиссии, безопасности, рулевого управления, и многие другие компании.

По словам организаторов выставки, «Мотор Шоу 2007» четко обозначил присутствие на современном автомобильном рынке большой группы компаний, сделавших целью не только предоставление клиенту конкретных товаров или услуг, но и оказание комплексной поддержки продаваемого продукта. Особенно востребован такой подход в области поставок оборудования.



Рис. 3. Павильон № 3, выставка «Мотор Шоу».

китайскими компаниями выпускающий грузовики и легковые авто нового поколения; ОАО «Автоарматура» (Россия, г. Санкт-Петербург) — российский производитель подрулевых переключателей, замков зажигания, антенн, кнопочных и клавишных выключателей; УП «Белкоммунмаш» (Беларусь, г. Минск) — главное промышленное предприятие Республики Беларусь в области производства подвижного состава городского электрического транспорта; Торговая марка «Дельфи» (Франция, г. Париж) — поставщик мобильной электроники и транспортировочных систем,



Рис. 4. Уличная площадь выставки.

Сведения об авторах

*д.т.н., проф. Сидоров
Борис Николаевич
(495) 155-04-20*

*к.т.н., проф. Суровцев
Владимир Николаевич
8-927-848-35-74*

*к.т.н., проф. Набоких
Владимир Андреевич
(495) 369-95-74*

*к.т.н., Бабак
Александр Георгиевич
(495) 500-40-20*

*д.т.н., проф. Иньков
Юрий Моисеевич
(495) 287-97-74*

*к.т.н., проф. Ермаков
Виктор Васильевич
(8482) 28-01-06*

*д.т.н., проф. Феоктистов
Валерий Павлович
(495) 684-24-52*

*к.т.н., Козловский
Виктор Николаевич
(8482) 38-31-63*

*Алексеев
Алексей Сергеевич
(495) 684-23-45*

*к.т.н., Степанов
Юрий Иванович
(495) 774-70-28*

*д.т.н., проф. Драгомиров
Сергей Григорьевич
(4922) 23-3497*

*к.т.н., Николаев
Павел Александрович
8-917-122-46-90*

ТРЕБОВАНИЯ К РЕКЛАМНЫМ И АВТОРСКИМ МАТЕРИАЛАМ

Рекламные материалы принимаются **в форматах** «.cdr», «.eps» или «.tif» (300 dpi). Цветовая модель — CMYK. **Все шрифты должны быть переведены в кривые.**

Авторские материалы. Текст статьи в формате «.doc» (Microsoft Word). Все рисунки в форматах «.cdr» или «.eps», фотографии — в формате «.tif» (300 dpi). Каждый рисунок или фотография должны быть представлены отдельным файлом.

СТОИМОСТЬ ГОДОВОЙ ПОДПИСКИ:

(6 номеров) — **3 600 руб.**, в т. ч. НДС 18 %.

Для подписки через редакцию необходимо направить по факсу заявку с указанием банковских реквизитов, наименования организации (фирмы), точного почтового адреса и количества комплектов журнала, тел./факс: (495) 500-40-20, 557-23-95

или подписаться через ОАО «Роспечать» по Каталогу издания органов научно-технической информации 2007 г., индекс 59990.

СТОИМОСТЬ РЕКЛАМЫ:

2-я и 3-я страницы обложки — 24 000 руб.

4-я страница обложки — 30 000 руб.

одна страница внутри журнала — 12 000 руб.

Печатные материалы, используемые в журнале, являются собственностью редакции.

При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Полученные материалы не возвращаются.

Редакция оставляет за собой право корректорской и редакторской правки публикаций без согласования с авторами.

Журнал распространяется через редакцию по адресной рассылке, через ОАО «Роспечать», на специализированных выставках и симпозиумах.