

8. Кузьмичева, Л. А. Генерация химически активных частиц в растворах электролитов под действием тлеющего и диэлектрического разрядов / Л. А. Кузьмичева, Ю. В. Титова, А. И. Максимов // Химия Высоких Энергий. – 2007. – Т. 43, №2. – С. 20.

9. Piskarev, I. M. Formation of active species in spark discharge and their possible use / I. M. Piskarev, I. P. Ivanova, S. V. Trofimova, N. A. Aristova // High Energy Chemistry. – 2012. – Vol. 46, №5. – P. 343.

УДК 631.171

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ СХЕМ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ СТЕНДОВ ДЛЯ ОБКАТКИ И ИСПЫТАНИЙ АВТОТРАКТОРНЫХ ДИЗЕЛЕЙ

Иншаков Александр Павлович, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой «Мобильные энергетические средства», ФГБОУ ВПО Мордовский ГУ им. Н. П. Огарёва.

430005, г. Саранск, ул. Большевикская, 68.

E-mail: kafedra_mes@mail.ru

Байков Дмитрий Владимирович, аспирант кафедры «Электроника и нанoeлектроника», ФГБОУ ВПО Мордовский ГУ им. Н. П. Огарёва.

430005, г. Саранск, ул. Большевикская, 68.

E-mail: bdv2304@mail.ru

Кувшинов Алексей Николаевич, канд. техн. наук, ст. преподаватель кафедры «Мобильные энергетические средства», ФГБОУ ВПО Мордовский ГУ им. Н. П. Огарёва.

430005, г. Саранск, ул. Большевикская, 68.

E-mail: mesmgu@mail.ru

Курбаков Иван Иванович, канд. техн. наук, преподаватель кафедры «Мобильные энергетические средства», ФГБОУ ВПО Мордовский ГУ им. Н. П. Огарёва.

430005, г. Саранск, ул. Большевикская, 68.

E-mail: ivankurbakov@mail.ru

Ключевые слова: дизельный, двигатель, асинхронный, обкаточно-тормозной, стенд, преобразователь.

Цель исследования – повышение качества приработки и обкатки автотракторных дизелей за счет применения в конструкции стендов рекуперативных преобразователей частоты с асинхронным электродвигателем и современных энергоэффективных алгоритмов управления ими. Такая конструкция испытательных стендов способна обеспечить полную рекуперацию электрической энергии в промышленную сеть в режиме горячей обкатки, что способствует повышению энергетической эффективности и снижению потребления электроэнергии. Кроме того, рекуперативный электропривод обеспечивает поддержание момента и скорости относительно друг друга во всех режимах работы и способствует расширению диапазона регулирования скорости вращения асинхронного двигателя, что позволяет в режиме холодной обкатки дизелей повысить качество приработки испытуемого двигателя, начиная плавную обкатку с низких оборотов (не менее 50 об/мин). В ходе исследования были выявлены положительные и отрицательные качества современных конструкций обкаточно-тормозных стендов, что позволило оценить существующие проблемы и обозначить ряд задач, решение которых приведет к устранению проблемных зон при разработке новых энергоэффективных конструкций испытательных стендов и модернизации существующих.

Быстрый темп развития техники повысил потребность в высокоэффективных, долговечных и надежных двигателях внутреннего сгорания (ДВС) и дизелях [1, 2, 3]. В настоящее время дизельный двигатель – это основная энергетическая установка мобильных машин, используемых в сельскохозяйственном производстве [4]. Уровень мощности, надежности, экономичности и экологичности являются главными характеристиками их конкурентоспособности. Определение данных потребительских свойств ДВС неразрывно связано с созданием, модернизацией и совершенствованием испытательных обкаточно-тормозных стендов (ОТС), широко применяемых в научно-исследовательских центрах и лабораториях, автосервисах и крупных дилерских станциях [5]. Поэтому одним из важных элементов при разработке, изготовлении и ремонте ДВС является процесс испытаний, проводимых для экспериментального определения количественных и качественных свойств двигателя. Так, например, качественная послеремонтная обкатка способна увеличить ресурс обкатываемых агрегатов более чем на 70% [6].

Необходимо отметить, что в современных условиях энергосбережения важными остаются вопросы выбора конструктивных схем и алгоритмов управления при проведении обкатки автотракторных ДВС [7]. В связи с этим, современные ОТС обязаны удовлетворять требованиям регламента испытаний, управляемости и энергосбережения [8]. Стенд должен обеспечивать возможность работы в режимах холодной и горячей обкатки с нагрузкой и без. В первом случае электродвигатель должен работать в двигательном режиме, а во втором – в генераторном.

В настоящее время на отечественных авторемонтных предприятиях и в научно-исследовательских лабораториях в опытной эксплуатации находятся большое количество ОТС различного исполнения, но наиболее распространенными являются КИ-5540, КИ-5541, КИ-5543, КИ-5274. Подобные стенды выполнены на устаревшей элементной базе и не могут удовлетворить современным требованиям надежности, экономичности и энергосбережения, а также не позволяют автоматизировать процесс обкатки и испытаний автотракторных дизелей [7]. В основном они выполнены на базе трехфазного асинхронного двигателя с фазным ротором и жидкостным реостатом для регулирования параметров. Главными их недостатками являются невозможность обеспечения обкатки ДВС на малых оборотах, а также инвариантность скорости и момента относительно друг друга при больших диапазонах регулирования, что, несомненно, сказывается на качестве приработки и обкатки испытуемых двигателей и увеличивает погрешность измерений при исследовательских работах. Кроме того, нагружающие устройства таких стендов способны возвращать в сеть лишь часть энергии испытуемого двигателя, что ухудшает их энергетическую эффективность. Замена таких стендов новыми – энергосберегающими – требует серьезных затрат, так как стоимость новых составляет от 100 тысяч до 1,0 млн. евро, что большинству ремонтных предприятий и исследовательских центров просто не по карману.

Цель исследований – повышение качества приработки и обкатки автотракторных дизелей за счет применения в конструкции стендов рекуперативных преобразователей частоты с асинхронным электродвигателем и современных энергоэффективных алгоритмов управления ими.

Задача исследований – выявить положительные и отрицательные качества современных конструкций ОТС и обозначить цели и задачи, решение которых приведет к устранению проблем при разработке новых энергоэффективных конструкций испытательных стендов и модернизации существующих.

Наиболее простой путь решения проблем модернизации существующих конструкций ОТС видится в введении в состав стенда современной контрольно-измерительной аппаратуры на базе персонального компьютера (КИА) и узла согласования для полной рекуперации электрической энергии, вырабатываемой в процессе испытаний в сеть. При этом основные механические и электрические узлы ОТС можно оставить неизменными, так как их износ, как правило, незначителен, а затраты на модернизацию существенно ниже стоимости создания нового стенда. Поэтому перспективным направлением модернизации и разработки ОТС следует считать применение современных энергоэффективных устройств преобразовательной техники и систем управления ими.

Возможные варианты конструкции таких стендов можно условно разделить на две группы.

1) Стенды для испытаний ДВС на базе электрической машины переменного тока. Наиболее экономически выгодным вариантом модернизации ОТС такой конструкции является применение в составе стенда асинхронно-вентильного каскада (АВК), для которого установленная мощность электрооборудования минимальна. Структурная схема такого стенда представлена на рисунке 1. Данный стенд способен обеспечить холодную и горячую обкатку автотракторных дизелей, и благодаря включению в роторную цепь АДФР полупроводникового преобразователя, выполненного по схеме АВК, способен выполнить практически полную рекуперацию электрической энергии в сеть. Такие стенды позволяют производить исследования и испытания под нагрузкой при минимальных материальных затратах на модернизацию испытательного стенда и минимуме затрат электроэнергии. Среди главных преимуществ такого технического решения можно выделить: высокий КПД АВК (около 98%), малая мощность управления, легкая автоматизация, хорошие динамические свойства.

Высокий КПД таких конструкций достигается за счет того, что в каскадных системах преобразуется только энергия скольжения, в то время как в электроприводах постоянного тока и в электроприводах с частотным и векторным управлением преобразуется все количество энергии, потребляемое электродвигателем. По сравнению с ОТС, в которых установлен жидкостной реостат, в стендах с АВК энергия скольжения не теряется в сопротивлениях, значит энергетическая эффективность таких конструкций не вызывает сомнений.

Несмотря на достоинства данной конструкции, необходимо отметить и ее недостатки: низкий коэффициент мощности, малое использование приводного двигателя (5-7%), высокая стоимость вентильного привода, низкий диапазон регулирования частоты вращения АДФР (3:2:1), необходимость применения специальных пусковых устройств [8].

Перспективным вариантом разработки и модернизации ОТС является применение современных серийно-выпускаемых электроприводов переменного тока на основе полупроводникового транзисторного преобразователя частоты (ПЧ) и асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором (АД). Представляют интерес две основные конструктивные схемы таких стендов, представленные на рисунке 2.

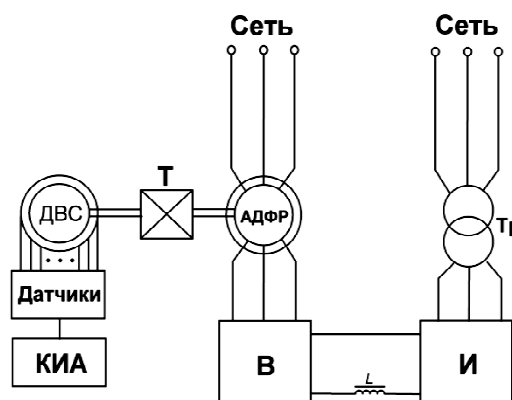


Рис. 1. Структурная схема ОТС автотракторного ДВС на основе АВК:
АДФР – асинхронный двигатель с фазным ротором; В – выпрямитель; L – сглаживающий дроссель; И – инвертор;
Тр – согласующий трансформатор; Т – трансмиссия; ДВС – двигатель внутреннего сгорания;
КИА – контрольно-измерительная аппаратура на базе персонального компьютера

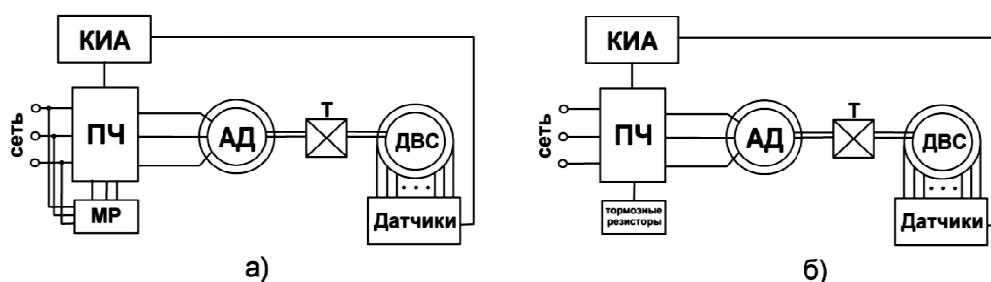


Рис. 2. Структурная схема ОТС автотракторного ДВС с ПЧ и АД:
а) с возможностью рекуперации электроэнергии в сеть; б) с рассеиванием электроэнергии на тормозных резисторах;
АД – асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором; ПЧ – преобразователь частоты; ДВС – двигатель внутреннего сгорания;
КИА – контрольно-измерительная аппаратура на базе персонального компьютера;
МР – модуль рекуперации; Т – трансмиссия

Испытательные стенды такого типа полностью удовлетворяют требованиям регламента испытаний, управляемости и энергосбережения и обеспечивают полноценные режимы холодной и горячей обкатки ДВС, а также инвариантность скорости и момента относительно друг друга при больших диапазонах регулирования. Применение в таких стендах энергоэффективных законов управления (частотное управление, векторное управление, прямое управление моментом) для регулирования скорости вращения АД, в сравнение с дроссельным или реостатным способами регулирования, обеспечивает экономию электроэнергии от 50-75% (в зависимости от мощности установки), позволяет отказаться от использования редукторов, дросселей и другой регулирующей аппаратуры, что значительно упрощает управляемую механическую систему, способствует повышению ее надежности и снижению эксплуатационных расходов. Кроме того, частотные преобразователи позволяют регулировать частоту вращения трехфазного напряжения питания управляемого двигателя в пределах от 0 до 400 Гц, а значит, обеспечивают возможность обкатки на малых оборотах (50 об/мин). Разгон и торможение АД в таких установках осуществляется плавно, а при необходимости по линейному закону от времени. Применение ПЧ в ОТС дизелей также способствует расширению диапазона регулирования и повышению точности регулирования электродвигателя, а, следовательно, и обкатываемого ДВС, снижают потери на нагрев и намагничивание, и как результат, повышается КПД электродвигателя.

Однако у таких конструкций стендов существует и ряд недостатков. Так, например, у конструкции (рис. 2, б) существенным недостатком являются дополнительные расходы на электроэнергию, расходуемую при преобразовании в тепло (рассеивании на тормозной резистор), а также в связи с этим требуется наличие относительно большого помещения и дополнительных устройств для отвода тепла с тормозных резисторов. Стенды, выполненные по конструкции (рис. 2, а) устраняют данный недостаток и обеспечивают полный возврат энергии торможения в промышленную сеть с КПД не менее 92%, однако это приводит к введению в состав стенда дополнительного модуля рекуперации (МР) электрической энергии в сеть, что существенно повышает цену установки. Несмотря на все вышеперечисленное, большая стоимость ПЧ, составляющего основные материальные затраты при создании ОТС большой мощности, делает такие конструкции менее конкурентоспособными по сравнению с другими схемами.

2) Стенды для испытаний ДВС на базе электрической машины постоянного тока.

При разработке таких стендов используется двигатель постоянного тока (ДПТ) с управляемым тиристорным преобразователем (ТП), данный преобразователь позволяет обеспечить регулирование и стабилизацию электрических, механических и технологических показателей работы стенда при холодной и горячей обкатке, причем при горячей обкатке обеспечивает полную рекуперацию генерируемой электрической энергии в промышленную сеть. Конструкция такого стенда представлена на рисунке 3.

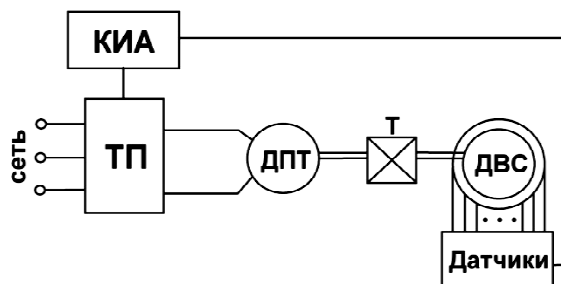


Рис. 3. Структурная схема ОТС автотракторного ДВС с ТП и ДПТ:

ДПТ – двигатель постоянного тока; ТП – тиристорный преобразователь; ДВС – двигатель внутреннего сгорания; Т – трансмиссия; КИА – контрольно-измерительная аппаратура на базе персонального компьютера

К недостаткам такой конструкции можно отнести то, что ТП обладают сложной системой управления, большими массогабаритными показателями, низким диапазоном управления скорости вращения двигателя, самой высокой ценой на 1 кВт выходной мощности в классе высоковольтных преобразователей, а также такие преобразователи обладают слабыми защитными функциями и практически полным отсутствием диагностических возможностей в случае последовательного соединения вентилях, которое используется в преобразователе при питании от 6 кВ-ой линии.

Таким образом, рассмотренные выше конструкции испытательных стендов имеют как свои плюсы, так и минусы. Основным плюсом современного ОТС является возможность рекуперации выработанной ДВС энергии обратно в сеть, это позволяет существенно сэкономить часть средств, затраченных на испытания. Также к преимуществам можно добавить наличие современной системы управления и контрольно-измерительной аппаратуры, позволяющим автоматизировать процесс обкатки, улучшить его качество и сэкономить время, а также снизить количество обслуживающего персонала.

На сегодняшний день среди конструкций, наиболее полно удовлетворяющих требованиям регламента испытаний, управляемости и энергосбережения, можно выделить конструкцию ОТС автотракторного ДВС с ПЧ и АД с возможностью рекуперации электроэнергии в сеть или с применением рекуперативного преобразователя. Данные технические решения испытательных стендов просты в сборке и монтаже, а в совокупности с современными алгоритмами управления позволяют обкатывать дизели на малых оборотах (когда это необходимо), а также обеспечивают инвариантность скорости и момента относительно друг друга при больших диапазонах регулирования, что ведет к сокращению времени окончания приработки поверхностей и повышению качества обкатки автотракторных дизелей.

Заключение. Проведенное исследование особенностей построения современных электромеханических обкаточно-тормозных стендов ДВС показало, что для максимального повышения качества приработки и обкатки автотракторных дизелей в конструкции испытательных стендов необходимо использовать векторные или частотные рекуперативные преобразователи частоты с асинхронным двигателем. Такая конструкция ОТС обеспечивает полную рекуперацию электрической энергии в промышленную сеть в режиме горячей обкатки, что влечет к повышению энергетической эффективности и снижению потребления электроэнергии. Кроме того, рекуперативный электропривод обеспечивает поддержание момента и скорости относительно друг друга во всех режимах работы и способствует расширению диапазона регулирования скорости вращения асинхронного двигателя, что позволяет в режиме холодной обкатки дизелей повысить качество приработки испытуемого двигателя, начиная плавную обкатку с низких оборотов (не менее 50 об/мин). В ходе исследования были выявлены положительные и отрицательные качества современных конструкций обкаточно-тормозных стендов, что позволило оценить существующие проблемы и обозначить ряд задач: проанализировать существующие методики обкатки дизельных двигателей; разработать имитационные и математические модели всех ОТС; разработать методику определения энергетической эффективности испытательных стендов в различных режимах работы; разработать новые конструкции стендов, основанные на современной элементной базе и законах управления.

Решение данных задач приведет к устранению проблемных зон при разработке новых энергоэффективных конструкций испытательных стендов и модернизации существующих. Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант №15-38-50155.

Библиографический список

1. Данилов, И. К. Повышение эффективности использования ресурса автотракторных двигателей систематизацией эксплуатационно-ремонтного цикла на основе диагностирования : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.20.03 / Данилов Игорь Кеворкович. – Саратов, 2005. – С. 7-12.
2. Соловьев, Р. Ю. Повышение эффективности работы цилиндропоршневой группы двигателей внутреннего сгорания / Р. Ю. Соловьев, В. Г. Сафронов // Научные проблемы развития ремонта, технического обслуживания машин, восстановления и упрочнения деталей : труды ГОСНИТИ. – М. : ГОСНИТИ, 2008. – Т. 98. – С. 57-61.
3. Денисов, В. А. Обобщение результатов ускоренных стендовых испытаний на усталость стальных и чугунных коленчатых валов // Труды ГОСНИТИ. – 2014. – Т. 117. – С. 42-43.
4. Петрищев, Н. А. Стенд для контроля технического состояния узлов и агрегатов системы смазки автотракторных дизелей КИ-28256.01 / Н. А. Петрищев, А. О. Капусткин // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2012. – №4. – С. 37-41.
5. Петрищев, Н. А. Контрольно-регулирующее оборудование ГОСНИТИ для участков ремонта агрегатов гидропривода и трансмиссий / Н. А. Петрищев, А. О. Капусткин // Тракторы и сельхозмашины. – 2012. – №8. – С. 42-43.
6. Тодарев, В. В. Энергосберегающие электромеханические стенды для испытания двигателей внутреннего сгорания и трансмиссий сельскохозяйственной техники / В. В. Тодарев, М. Н. Погуляев, И. В. Дорошенко // Вестник Гомельского ГТУ им П. О. Сухого. – 2007. – №4. – С. 80-84.
7. Родионов, Ю. В. Бестормозная обкатка дизелей // Автомобильная промышленность. – 2004. – №5. – С. 21-24.
8. Мельников, Г. И. Способы построения энергосберегающих электромеханических стендов для испытания двигателей внутреннего сгорания / Г. И. Мельников, А. О. Коротков // Вестник НТУ. – 2014. – №24 (1067). – С. 56-62.

УДК 631.3-6:621.89

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА МИНЕРАЛЬНО-РАСТИТЕЛЬНОГО ТОПЛИВА НА ОСНОВЕ ЛЬНЯНОГО МАСЛА ПО ТРИБОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

Болдашев Геннадий Иванович, канд. техн. наук, проф. кафедры «Тракторы и автомобили», ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная 2.

E-mail: SSAA_Ingener@mail.ru

Ещенко Евгения Александровна, аспирант кафедры «Тракторы и автомобили», ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная 2.

E-mail: Eschenkova_EA@mail.ru

Приказчиков Максим Сергеевич, канд. техн. наук, доцент кафедры «Технический сервис», ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная 2.

E-mail: SSAA_Ingener@mail.ru

Ключевые слова: льняное, минерально-растительное, топливо, трение, износ.

Цель исследований – обоснование выбора оптимального состава минерально-растительного топлива, снижающего износ деталей. Приведен краткий анализ возможности применения льняного масла в качестве компонента смешанного биотоплива. Рассмотрены теоретические предпосылки для снижения износа ответственных деталей системы топливоподачи за счет использования оптимального состава минерально-растительного топлива на основе льняного масла. Выдвинута гипотеза о снижении величины износа в зависимости от увеличения концентрации льняного масла в минерально-растительном топливе. Представлены результаты лабораторных исследований влияния различных составов минерально-растительного топлива на основе льняного масла на износ деталей, подтверждающие гипотезу. В процессе испытаний замерялись следующие показатели: температура масла в узле трения, сила трения и нормальная нагрузка. Производился визуальный осмотр поверхности трения и замерялись размеры пятна износа. Проводились испытания пяти различных составов топлива на четырех различных нагрузочных режимах с четырёхкратной повторностью. Полученные данные сохранялись в виде графиков и в числовой базе данных по окончании каждого испытания. Делались снимки пятна износа каждого образца. Была установлена зависимость изменения величины износа от процентного содержания льняного масла в минерально-растительном топливе. Выбран оптимальный состав минерально-растительного топлива на основе льняного масла – 25%ЛМ+75%ДТ. Проанализированы результаты испытаний. Выявлено, что использование данного состава минерально-растительного топлива в качестве рабочей среды является рациональным и позволяет уменьшить величину пятна износа минимум на 6%.