

5. Пучков, В. Н. Исследование влияния добавок наноструктурированных материалов на трибологические свойства смазочных масел / В. Н. Пучков, П. П. Заскалько // Трение и смазка в машинах и механизмах. – М. : Машиностроение 2010. – №11. – С. 25-30.

6. Улучшение уровня очистки и трибологических свойств рабочих жидкостей при эксплуатации тракторных гидросистем : отчет о НИР / ВНИЦентр ; исполн. : Ленивец Г. А., Володько О. С., Молофеев М. В. [и др.]. – М. : ВНИПИОАСУ, 2012. – 137 с. – № ГР 01.201062609. – Инв. № 02.201352396.

7. Приказчиков, М. С. Повышение ресурса гидроподжимных муфт коробок передач с гидроуправлением улучшением режима трения фрикционных дисков : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.03 / Приказчиков Максим Сергеевич. – Пенза, 2013. – 197 с.

8. Молофеев, М. В. Повышение работоспособности тракторных гидросистем улучшением состояния рабочей жидкости // Эксплуатация автотракторной техники : опыт, проблемы, инновации, перспективы : сб. статей. – Пенза : МНИЦ ПГСХА, 2013. – С. 69-73.

УДК 631.171

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ НАГРУЖАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ТИПА «МАШИНА ПОСТОЯННОГО ТОКА – ТИРИСТОРНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ» ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОБКАТКИ И ИСПЫТАНИЙ МОЩНЫХ АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

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 наноэлектроника», 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, испытательный, стенд, тиристорный, преобразователь, машина.

Цель исследований – повышение надежности нагружающего устройства типа «машина постоянного тока – тиристорный преобразователь» при проведении обкатки и испытаний мощных автотракторных двигателей. Для достижения поставленной цели были разработаны способ и устройство для защиты и диагностики последовательно соединенных тиристоров. В данном способе в качестве защитного воздействия прекращают подачу управляющих импульсов и осуществляют контроль состояния тиристоров по обратному напряжению и рабочей температуре охладителей вентиля. Осуществляют контроль исправности линий связи с системой импульсно-фазового управления по обратному отклику, производят измерение распределения обратного напряжения в каждом такте работы вентиляльных групп. При превышении предельно допустимой температуры тиристоров или снижении номинального значения распределения обратного напряжения, или обрыве связи с СИФУ производят защитное воздействие путем снятия импульсов со всех тиристорных групп и отключением тиристорного преобразователя от сети. Затем, с помощью произведенного анализа измеренных распределений обратного напряжения и рабочей температуры на тиристоре, предупреждают об аварийном отказе тиристорного вентиля из-за деградации его характеристик. Благодаря этому, предложенное устройство и способ позволяют улучшить диагностические и защитные свойства тиристорного преобразователя, что, несомненно, ведет к повышению надежности нагружающего устройства типа «машина постоянного тока – тиристорный преобразователь», следовательно, всего обкаточно-тормозного стенда.

Современный этап развития техники вызывает потребность в появлении высокоэффективных, долговечных и надежных двигателей внутреннего сгорания (ДВС) и дизелях [1]. Стендовые испытания являются важной составной частью процесса разработки, изготовления и ремонта ДВС и дизелей [2, 3]. Поэтому, в связи с повышением требований к качественным и количественным свойствам ДВС, роль таких испытаний постоянно растет.

Основным узлом испытательных стендов является нагружающее устройство (НУ), обеспечивающее имитацию различных режимов работы двигателей. На моторостроительных и ремонтных предприятиях страны применяются самые различные НУ [4, 5, 6]. Экономические и технические требования, предъявляемые к ним, определяются не только уровнем качества изготовления ДВС, но и направлением развития энергоэффективности в стране, а также повсеместной автоматизацией процесса испытаний и экономией энергетических ресурсов.

Важным, но слабо освещенным вопросом, является аварийная защита испытательных стендов, которая должна быть предусмотрена: от превышения крутящего момента на валу ДВС; от падения давления в системе смазки ниже допустимого; от превышения температуры масла в системе смазки двигателя; от превышения температуры воды в системе охлаждения; от неполадок в регуляторе топливного насоса; от пропадания сетевого напряжения; от перегрева электрической машины.

Неправильное срабатывание защиты может привести к потере ДВС или выходу из строя НУ, поэтому необходимо учитывать особенность конструкции испытательного стенда. В связи с этим моторостроители выдвигают еще ряд требований относительно надежности и исполнения отдельных узлов НУ и его элементов.

Послеремонтная обкатка мощных двигателей типа ЯМЗ-8424.10.06, ЯМЗ-850.10-01 и др. требует особого внимания к надежности обкаточно-тормозного стенда (ОТС), а точнее к защитным и диагностическим функциям НУ, так как стоимость таких агрегатов очень высока и поломка может привести к существенной потере ремонтного времени и денежных средств.

Структурная схема типового ОТС, на котором может производиться обкатка и испытания таких двигателей, представлена на рисунке 1.

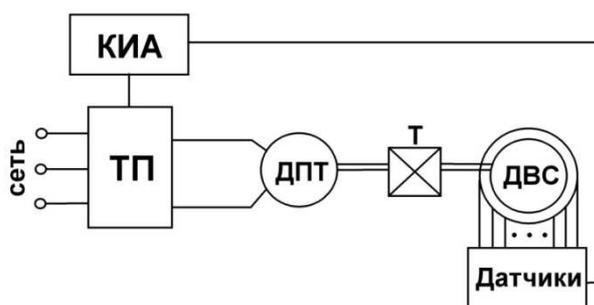


Рис. 1. Структурная схема ОТС с НУ типа «машина постоянного тока – тиристорный преобразователь»

ОТС с НУ типа «машина постоянного тока – тиристорный преобразователь» включает в себя: ДПТ – двигатель постоянного тока; ТП – тиристорный преобразователь; ДВС – двигатель внутреннего сгорания; Т – трансмиссия; КИА – контрольно-измерительная аппаратура на базе персонального компьютера.

Трехфазный тиристорный преобразователь (ТП) является самой дорогой и трудно ремонтируемой частью данных стендов, поэтому его защита имеет первостепенное значение, как для фирм разработчиков, так и для ремонтных предприятий, где он используется.

Для увеличения мощности ТП часто приходится использовать последовательное соединение тиристоров, что увеличивает шансы выхода из строя одного из них, поэтому для повышения надежности как ТП, так и стенда в целом, необходимо внедрять новые защитные и диагностические функции контроля состояния тиристоров.

Многие из существующих способов и устройств контроля состояния последовательно соединенных тиристоров характеризуются определенными недостатками: отсутствие гальванической развязки устройства управления от силовой части ТП со стороны датчиков проводящего состояния тиристоров, что влечет к снижению надежности работы устройства; в случае пробоя одного из тиристоров распределение напряжения на других тиристорах изменится, и к n-1 тиристорам будет приложено повышенное обратное напряжение, которое вызовет лавинообразный пробой оставшихся вентилялей, что в последующем приведет к выходу из строя ТП; несинхронное снятие импульсов управления, что приводит к повышению коммутационных перенапряжений на последовательно соединенных тиристорных группах преобразователя, что влечет к снижению срока его службы; отсутствие способов предупреждения аварийного отказа тиристора из-за деградации его параметров; отсутствие селективной многоуровневой защиты ТП; отсутствие защитных функций, сигнализирующих о превышении предельно допустимой рабочей температуры каждого тиристора в группе.

Цель исследований – повышение надежности НУ типа «машина постоянного тока – тиристорный преобразователь» при проведении обкатки и испытаний мощных автотракторных двигателей.

Задача исследований – разработка способа и устройства для защиты и диагностики последовательно соединенных вентилях в тиристорном преобразователе.

Для устранения недостатков с целью повышения надежности ОТС и НУ авторами были разработаны способ и устройство для защиты и диагностики последовательно соединенных тиристоров [7]. Способ основан на том, что в качестве защитного воздействия прекращают подачу управляющих импульсов и осуществляют контроль состояния тиристоров по обратному напряжению и рабочей температуре охладителей вентилях. Осуществляют контроль исправности линий связи с системой импульсно-фазового управления (СИФУ) по обратному отклику, проводят измерение распределения обратного напряжения в каждом такте работы вентиляхных групп. При превышении предельно допустимой температуры тиристоров или снижении номинального значения распределения обратного напряжения, или обрыве связи с СИФУ производят защитное воздействие путем снятия импульсов со всех тиристорных групп и отключением ТП от сети. Затем, с помощью произведенного анализа измеренных распределений обратного напряжения и рабочей температуре на тиристоре, предупреждают об аварийном отказе тиристорного вентиля из-за деградации его характеристик.

Структурная схема устройства, осуществляющего контроль состояний последовательно включенных тиристоров, показана на рисунке 2.

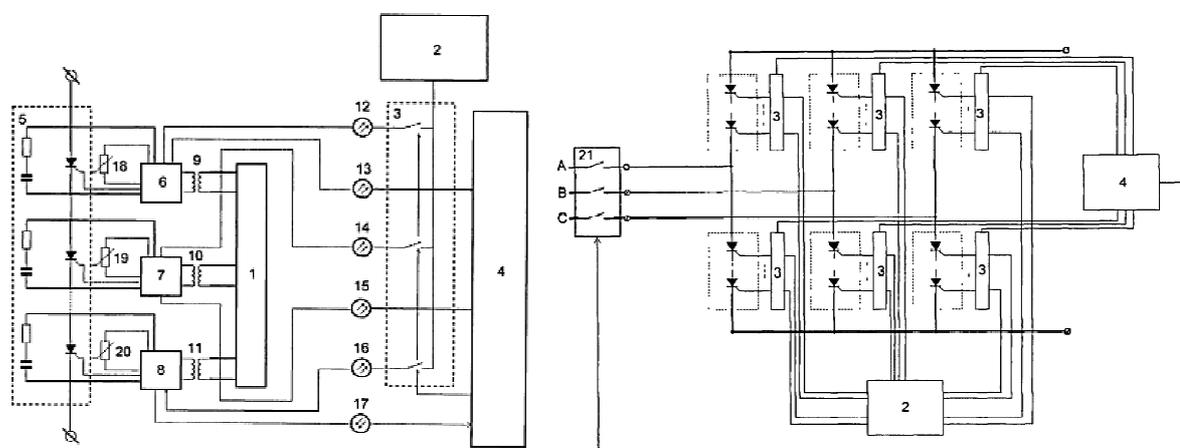


Рис. 2. Структурная схема устройства защиты последовательно соединенных тиристоров:

- 1 – вспомогательный источник питания; 2 – СИФУ; 3 – блок прерывателей импульсов управления;
- 4 – блок общих сигналов групп последовательно включенных тиристоров;
- 5 – блок n-последовательно включенных тиристоров с демпферными RC цепи; 6, 7, 8 – драйверы;
- 9, 10, 11 – малогабаритные высокочастотные трансформаторы; 12, 13, 14, 15, 16, 17 – волоконно-оптические линии связи;
- 18, 19, 20 – терморезисторы; 21 – электромеханический расцепитель

Устройство работает следующим образом: в момент начала работы ТП СИФУ, синхронизированного с питающей сетью, выдает импульс на отпирание вентиляхных групп, который поступает на блок прерывателей импульсов управления. Так как в момент запуска сигнал об аварии, поступающий с блока общих сигналов групп последовательно включенных тиристоров отсутствует, то ключи прерывателей импульсов находятся в замкнутом состоянии и беспрепятственно пропускают сигналы от СИФУ к драйверам. При поступлении расщепленного импульса управления к драйверам осуществляется введение фиксированной задержки в отпирание импульс каждого тиристора группы, тем самым, выделяя время t , необходимое для контроля состояния всех тиристоров, входящих в работу и контроль исправности линий связи на участке: драйвер – прерыватель импульсов – СИФУ. Драйвера также выполняют функцию контроля тиристоров после восстановления запирающих свойств по распределению обратного напряжения и температуры. Блок общих сигналов групп последовательно включенных тиристоров осуществляет работу в два момента времени. В первый момент времени, когда тиристор входит в работу, сигнал отклика со всех драйверов вентиляхной группы отправляется на блок общих сигналов групп последовательно включенных тиристоров, где осуществляется проверка целостности линий связи между драйверами тиристоров и СИФУ. В случае получения ответов, количественно равных n-тиристорам группы, входящий в работу блок общих сигналов групп последовательно включенных тиристоров не предпринимает ни каких действий, и тиристоры группы переходят в проводящее состояние, в противном случае, в отсутствии одного или нескольких подтверждающих ответов от драйверов тиристоров за время $t/2$, блок общих сигналов групп последовательно включенных тиристоров выдает сигнал на отключение блока прерывателей импульсов управления, в результате чего импульсы, поступающие на драйвера,

прерываются, и, так как время задержки выдачи отпирающего импульса на тиристор к данному моменту еще не вышло, все тиристоры группы не будут открыты в этом и последующих тактах, работа ТП будет прекращена. Во второй момент времени тиристоры заканчивают проводить ток и выходят из работы, за время t тиристор должен восстановить запирающие свойства, после чего драйвера осуществляют измерение распределения обратного напряжения по тиристорам группы, и если оно верное, это свидетельствует об исправности полупроводниковых приборов в последовательном включении. Одновременно с измерением обратного напряжения считываются значения температуры охладителя каждого тиристора. При перегреве одного или более тиристоров происходит снятие импульсов со всех вентиляльных групп. В случае недостаточного значения обратного напряжения хотя бы на одном тиристоре группы выдается глобальный сигнал аварии, и срабатывают все блоки прерывателей импульсов управления, прекращая подачу импульсов на все тиристоры преобразователя. В случае неисправности двух и более тиристоров, в дополнение к вышеописанному воздействию, происходит отключение ТП от сети при помощи электромеханического расцепителя, предотвращая лавинообразное развитие аварии, реализуя селективную двухуровневую защиту ТП. Измерение распределения обратного напряжения тиристоров производится в каждом такте работы тиристорных групп. Информация о распределении напряжения и рабочей температуре тиристоров в блоке общих сигналов групп последовательно включенных тиристоров накапливается за несколько тактов работы. Данный блок имеет пороговую функцию и в случае снижения обратного напряжения или превышения рабочей температуры на тиристоре вызывает алгоритм защиты, описанный ранее, а накопленная информация используется для предсказания аварийных отказов.

Функция предсказания реализуется следующим образом: если один или несколько тиристоров с течением срока службы испытывают деградацию параметров или потерю класса, то обратное напряжение на тиристорах последовательной группы будет снижаться. При этом накопленная статистика об общем распределении напряжений, взятых по нескольким временным интервалам работы, будет отражать это изменение, что свидетельствует о возможном ухудшении характеристик как RC цепи демпфера, так и самого тиристора с его последующем пробоем [7].

Заключение. Благодаря измерению температур и обратного напряжения, предложенное устройство и способ позволяют улучшить диагностические и защитные свойства ТП, что, несомненно, влечет к повышению надежности НУ типа «машина постоянного тока – тиристорный преобразователь», а, следовательно, и всего обкаточно-тормозного стенда. Кроме того, предложенное техническое решение позволяет оценить эффективность работы системы охлаждения тиристорных блоков и локализовать места с неравномерным или недостаточным отводом тепла, а в дальнейшем и сэкономить ресурс отключений электромеханического расцепителя с помощью селективной двухуровневой защиты. 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. Голубцова, И. В. Обкаточный стенд для резервирования электропитания сельскохозяйственных потребителей // Международный технико-экономический журнал. – 2014. – №1. – С. 70-74.
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. Жданко, Д. А. Анализ современных обкаточно-тормозных стендов / Д. А. Жданко, А. В. Новиков // Механизация и электрификация сельского хозяйства / Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства. – Минск, 2007. – Вып. 41. – С. 42-48.
5. 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.
6. 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.
7. Пат. № 2535290 Российская Федерация, МПК H02H 7/10, МПК H02H 7/12, МПК H02M 1/34. Способ защиты и диагностики последовательно соединенных тиристоров и устройство для его осуществления / Матвеев Д. А., Байков Д. В. – №2013130493/07 ; заявл. 02.07.2013 ; опубл. 10.12.2014, Бюл. №34. – 8 с.