

УДК 629.113.066

С.А. Сериков, доцент, канд. техн. наук,

В.Я. Двадненко, доцент, канд. техн. наук,

Ю.Н. Бороденко, доцент, канд. физ.-мат. наук

*Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет,
ул. Петровского, 25, г. Харьков, Украина, 61002,
srkv@inbox.ru.*

А.Н. Сергиенко, аспирант

*Национальный технический университет «ХПИ»,
ул. Фрунзе 21, г. Харьков, Украина, 61002.*

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ ГИБРИДНОГО АВТОМОБИЛЯ

Представлена программно- аппаратная реализация измерительного комплекса для исследования характеристик силовой установки гибридного автомобиля в ездовом цикле.

***Ключевые слова:** гибридная силовая установка, ездовой цикл, вентильный электродвигатель, тяговая аккумуляторная батарея, информационно-измерительный комплекс.*

Постановка проблемы. Перспективным направлением решения задачи повышения экологической безопасности и экономичности транспортных средств в настоящее время считается применение гибридных силовых установок [1]. На кафедре автомобильной электроники Харьковского национального автомобильно-дорожного университета создан экспериментальный автомобиль с гибридной силовой установкой параллельного типа на базе переднеприводного автомобиля «Таврия-пикап» ЗА3-11024-08, оснащённого бензиновым двигателем МеМЗ-307 [2].

Анализ публикаций. В качестве вспомогательного двигателя гибридной силовой установки (ГСУ) на автомобиле применён оригинальный вентильный электродвигатель с электромагнитным возбуждением [3-4]. Проводить сравнительный анализ новых конструктивных решений ГСУ, не рассматривая алгоритмы перераспределения потоков мощности между ее силовыми агрегатами не представляется возможным. В работе, посвященной анализу различных схем построения ГСУ отмечена сложность формального описания силовой установки гибридного автомобиля как объекта управления [5]. При синтезе систем управления ГСУ возникают сложности с определением цели управления и критериев качества управления, зависящих от режима движения транспортного средства и дорожной ситуации.

Цель исследований и постановка задачи. С целью оптимизации процессов управления силовыми агрегатами и отладки программного обеспечения системы управления экспериментальным гибридным автомобилем [2], перед авторами настоящей работы была поставлена задача создать бортовой информационно-измерительный комплекс (далее БИК). Реализация БИК должна обеспечивать сбор, регистрацию, первичную обработку и сохранение в памяти персонального компьютера режимных параметров ГСУ в процессе движения автомобиля в ездовом цикле.

Устройство ГСУ и транспортные режимы автомобиля. Силовая установка гибридного автомобиля включает: бензиновый двигатель 1; вентильный электродвигатель с электромагнитным возбуждением (ВЭД) 2, управляемый модулем силовой коммутации (инвертором) 3; блок тяговых аккумуляторных батарей (ТАБ) 4; зарядное устройство, в состав которого входит сетевой AC/DC преобразователя 5 и модуль интеллектуальной подзарядки в рекуперационном режиме 6 (рисунок 1).

Система управления силовой установкой гибридного автомобиля обеспечивает следующий закон управления. Старт с места, начало движения и разгон до скорости 30÷40 км/час осуществляются при помощи электротяги при наличии достаточного запаса энергии в ТАБ. При скорости более 30÷40 км/час, либо при недостаточном запасе энергии в ТАБ движение осуществляется при помощи ДВС. В процессе торможения система управления обеспечивает рекуперацию излишков кинетической и потенциальной энергии автомобиля, осуществляя подзарядку ТАБ. При недостатке электромагнитного тормозного момента ВЭД подключается гидравлическая система торможения автомобиля. Система управления ГСУ обеспечивает два режима работы – «бензиновый автомобиль» и «гибридный автомобиль». В режиме «бензиновый автомобиль» управление не отличается от управления обычным автомобилем.

В положении «гибридный автомобиль» обеспечивается возможность движения как при помощи электропривода, когда рычаг коробки передач находится в нейтральном положении, так и при помощи ДВС, когда включена передача. При переходе с электропривода на ДВС осуществляется автоматический запуск последнего, а при выключении передачи, ДВС останавливается. При движении с использованием ДВС или накатом система управления отключает обмотку возбуждения ВЭД, что существенно уменьшает сопротивление электротрансмиссии движению.

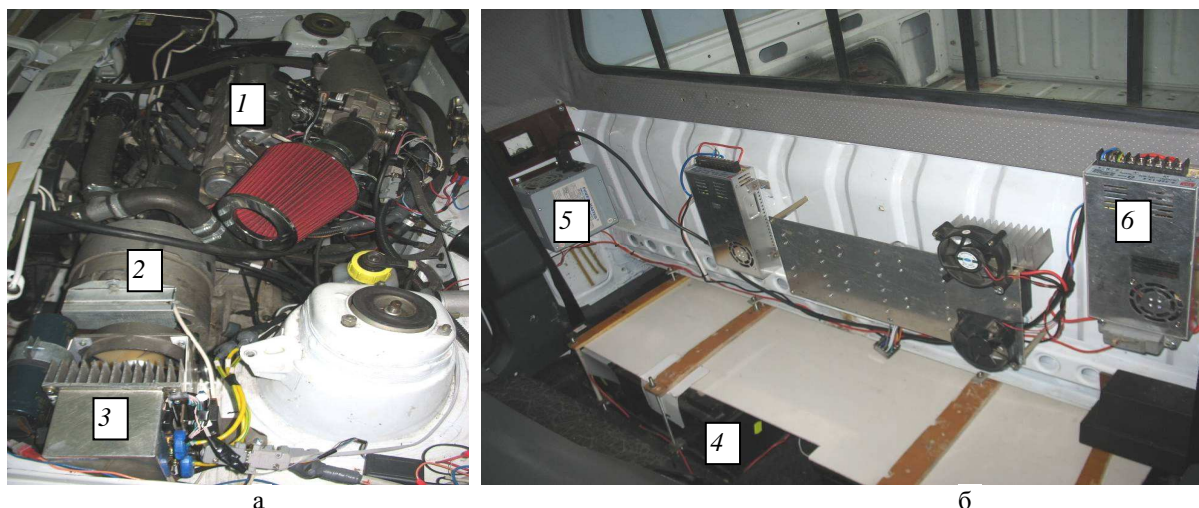


Рисунок 1 – Размещение элементов ГСУ автомобиля: а – под капотом; б – в салоне

При автоматическом пуске ДВС во время движения автомобиля обеспечивается стабилизация оборотов электродвигателя, предшествовавших режиму пуска. После начала работы ДВС, электродвигатель отключается. Система управления также обеспечивает блокировку включения заднего хода электропривода при движении автомобиля вперед. Переключение направления вращения ВЭД возможно только после полной остановки автомобиля.

Режим рекуперативного торможения включается при срабатывании концевого выключателя стоп-сигнала. Это происходит, как только педаль тормоза отходит от упора. Поэтому рекуперация осуществляется не только при срабатывании тормозной системы, но и просто при отведении педали тормоза от упора, когда тормозная система еще не работает. В последнем случае происходит подтормаживание электродвигателем в режиме генератора, сходное с тем, которое имеет место при принудительном холостом ходе ДВС. В случае, когда ТАБ полностью заряжена, ВЭД в режиме генератора нагружен на подогреватель охлаждающей жидкости ДВС, что поддерживает его температурный режим.

Реализация БИК. Разработанный информационно-измерительный комплекс обеспечивает сбор, регистрацию, первичную обработку и сохранение в памяти персонального компьютера (ПК) режимных параметров, считываемых из системы управления ДВС типа МИКАС – 10.3, а также параметров электропривода силовой установки через блок преобразования и регистрации сигналов (БПРС). Время одного сеанса непрерывной регистрации параметров электропривода в БПРС ограничено ёмкостью буферного ОЗУ. БИК может работать в полуавтоматическом режиме под управлением оператора и в автоматическом режиме по заданной программе. Подключение ПК к диагностическому соединителю системы управления ДВС осуществляется через адаптер линии связи K-line / USB, а к БПРС – через адаптер RS-232 / USB. Период дискретизации сигналов в БИК, при этом, составляет 35,6 мс. На структурной схеме БИК показаны только основные параметры, которые подлежат анализу (рисунок 2).

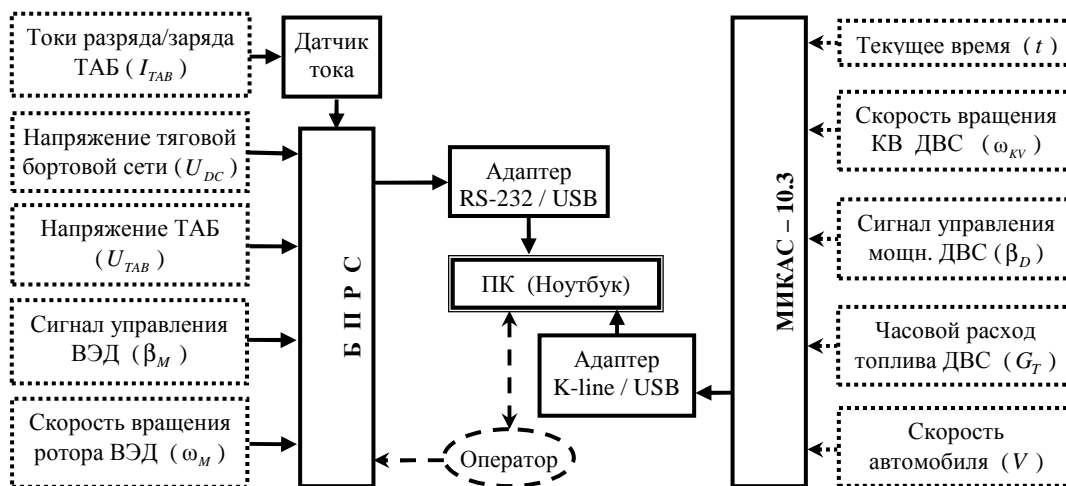


Рисунок 2 – Бортовой информационно-измерительный комплекс

Для регистрации параметров, характеризующих функционирование отдельных систем и агрегатов гибридного автомобиля, которые не фиксируются в электронном блоке управления ДВС, разработан и изготовлен блок преобразования и регистрации сигналов (БПРС), структурная схема которого приведена на рисунке 3.

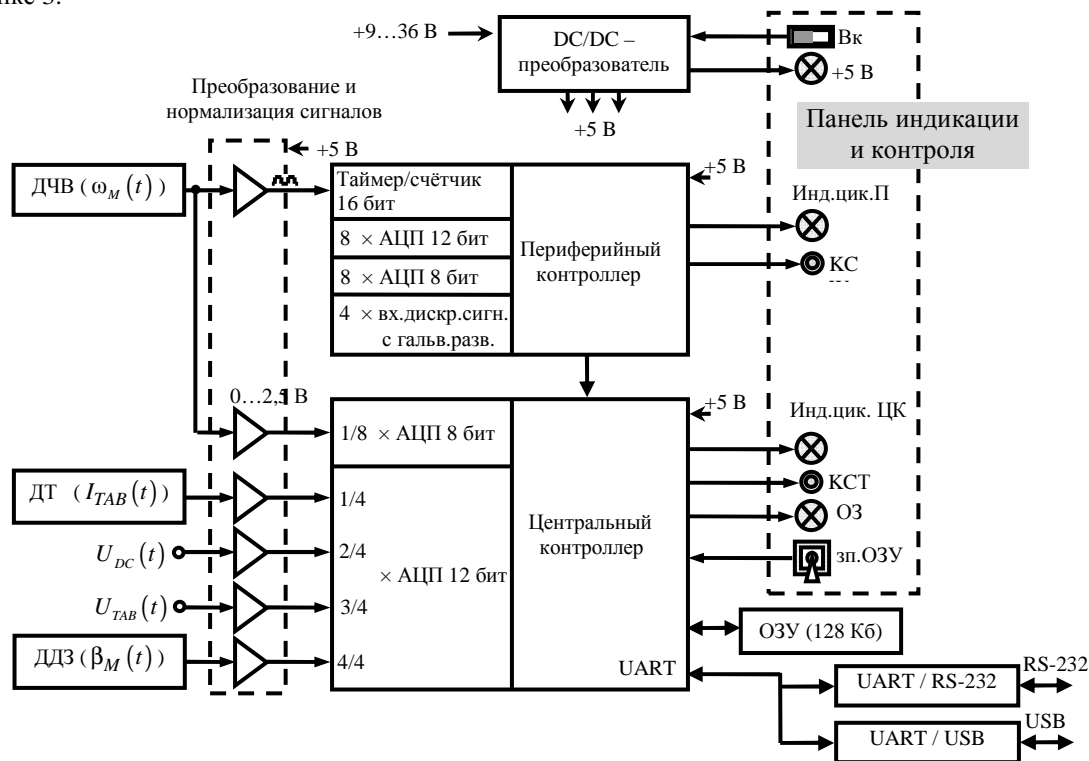


Рисунок 3 – Блок преобразования и регистрации сигналов

БПРС осуществляет: циклический опрос подключенных датчиков информации; выделение полезного сигнала на фоне мешающих воздействий; аналого-цифровое преобразование сигналов; синхронизацию поступающих по информационным каналам данных; буферизацию информационных потоков для их согласования с пропускной способностью каналов связи; стабильное электропитание при изменении внешнего питающего напряжения. Дополнительно, БПРС реализует функции интерфейса оператора.

БПРС содержит два контроллера: центральный и периферийный. Периферийный контроллер обеспечивает измерение мгновенной скорости вращения ротора ВЭД и передачу результатов измерений в центральный контроллер. Также, периферийный контроллер выдает результаты измерения скорости в UART. Данная информация дублирует сообщения центрального контроллера. Центральный контроллер обеспечивает регистрацию аналоговых сигналов, прием сообщений от периферийного контроллера, обмен информацией с ПК посредством UART, организацию интерфейса оператора. Драйверы, входящие в состав обоих контроллеров обеспечивают преобразование интерфейса UART в RS-232 либо USB.

Оба контроллера выполнены на базе микроконтроллеров C8051F040 фирмы Silicon Laboratories, каждый из которых обеспечивают производительность до 25 MIPS. Энергонезависимая FLASH-память программ, объемом 64 кб может программироваться «в системе». При этом во FLASH-память помимо программ могут записываться и данные, которые в таком случае становятся энергонезависимыми. Этот механизм позволяет удобно загружать и хранить характеристические карты и информацию о текущих настройках БПРС. Микроконтроллер имеет встроенный CAN – интерфейс версии 2.0 В, который становится стандартом информационных сетей в автомобильной промышленности. Два встроенных UART позволяют организовать обмен информацией с персональным компьютером по интерфейсу RS-232 или USB. Последовательные интерфейсы SMBus и SPI обеспечивают связь между центральным и периферийным контроллерами. Встроенная автономная отладочная система (JTAG) позволяет проводить отладку программного обеспечения БПРС и коррекцию характеристических карт.

Буферизация информационных потоков для их согласования с пропускной способностью каналов связи осуществляется при помощи буферного ОЗУ емкостью 128 кб, выполненного с использованием интегральной микросхемы BS62LV1027SIP70. Для стабилизации электропитания БПРС и датчиков,

входящих в состав БИК, а также для подавления высокочастотных помех бортовой сети, служит DC/DC преобразователь на базе FDD05-05S4 (Chinfa Electronics Ind. Co., LTD).

Качественный и количественный состав датчиков, подключаемых к БПРС, определяется особенностями технической реализации ГСУ, а также целью и программой исследований. Для измерения токов разряда и заряда ТАВ используется линейный датчик тока CSLA1EL фирмы Honeywell с пределом измерения ± 625 А. Для измерения скорости вращения ротора ВЭД используется импульсный сигнал индукционного датчика углового положения ротора.

Управление БПРС осуществляется посредством команд, поступающих с ПК в виде ASCII-кодов. Команды могут вводиться оператором, использующим ПК в качестве терминала, либо задаваться специализированным программным обеспечением. Интерфейс управления БПРС обеспечивает: выбор периода дискретизации аналоговых сигналов, режима отображения результата на экране монитора и количества опрашиваемых аналоговых каналов; разрешение измерения скорости ротора ВЭД; управление перезаписью содержимого буферного ОЗУ в ПК; выдачу сообщений об ошибках процесса измерения. Запись результатов измерений в буферное ОЗУ инициируется включением тумблера «зп. ОЗУ». Комплектация и размещение аппаратных модулей БИК в салоне автомобиля показано на рисунке 4.

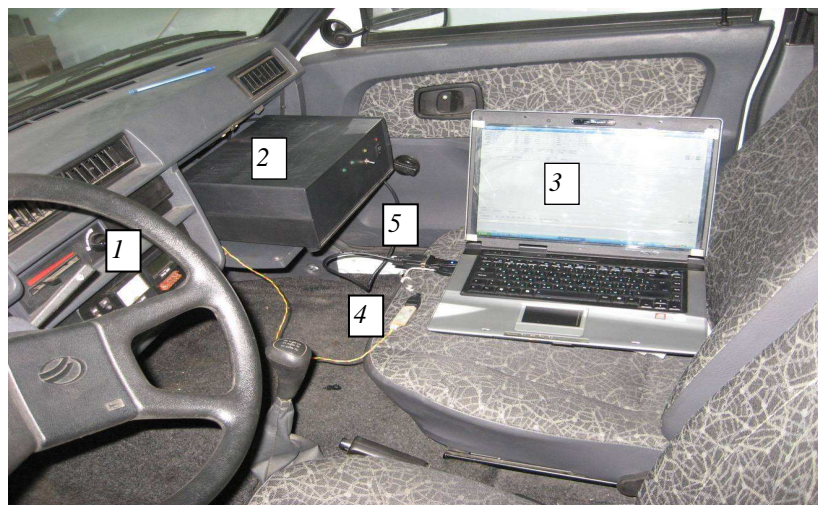


Рисунок 4 – Размещение модулей информационно-измерительного комплекса:
1 – блок системы управления ГСУ; 2 – блок преобразования и регистрации сигналов;
3 – персональный компьютер; 4 – адаптер RS-232 / USB;
5 – адаптер линии связи K-line / USB.

Такое размещение аппаратуры обеспечивает оперативное взаимодействие водителя и оператора во время проведения ездовых испытаний,

Выводы. Разработанный БИК для изучения особенностей функционирования силовой установки экспериментального гибридного автомобиля и её системы управления, в ходе испытаний подтвердил свои эксплуатационные и метрологические характеристики. Данный комплекс обеспечивает регистрацию, первичную обработку и сохранение в памяти персонального компьютера считываемых из системы управления ДВС режимных параметров, дополнительных аналоговых сигналов ($0 \div 8$ – с разрешением 8 бит и $0 \div 4$ – с разрешением 12 бит) с периодом дискретизации диапазоне ($0,011 \div 35,41$) мс, а также измерение скорости вращения ротора тягового электропривода.

Библиографический список использованной литературы

1. Синергетичний автомобіль. Теорія і практика / О.В. Бажинов, О.П. Смирнов, С.А. Серіков, В.Я. Двядненко. – Харків: ХНАДУ, 2011. – 236 с.
2. Бажинов А.В. Повышение экономичности и экологической безопасности транспортных средств с гибридными силовыми установками / А.В. Бажинов, В.Я. Двядненко, С.А. Серіков // Міжвузівський збірник наукових праць «Наукові нотатки» (за галузями знань «Машинобудування та металообробка», «Інженерна механіка», «Металургія та матеріалознавство») Луцького нац. техн. ун-ту. – 2010. – Вип. 28. – С. 40 – 45.
3. Бажинов А.В. Система управления гибридной силовой установки с тяговым электроприводом на базе вентильного двигателя с электромагнитным возбуждением / А.В. Бажинов, В.Я. Двядненко, С.А. Серіков // Вісник Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля. – 2010. – №7 (149). – С. 61 – 66.

4. Двадненко В.Я. Двухзоновое управление тяговым вентильным электроприводом гибридного автомобиля / В.Я. Двадненко, С.А. Сериков // Праці Луганського відділення Міжнародної Академії інформатизації. – 2011. – № 1 (23). – С. 23 – 28.

5. Сериков С.А. Оптимизация управления перераспределением мощности между агрегатами гибридной силовой установки / С.А. Сериков // Автоматика 2008: доклады XV международной конференции по автоматическому управлению, 23-26 сентября 2008 г. Одесса. – ОНМА. – С. 525-528.

Поступила в редакцию 06.06.2013 г.

Сериков С.А., Двадненко В.Я., Бороденко Ю.М., Сергієнко А.М. Інформаційно-вимірювальний комплекс для дослідження робочих процесів силової установки гібридного автомобіля

Надано програмно-апаратну реалізацію вимірювального комплексу для дослідження характеристик силової установки гібридного автомобіля у їздовому циклі.

Ключові слова: гібридна силова установка, їздовий цикл, вентильний електродвигун, тягова акумуляторна батарея, інформаційно-вимірювальний комплекс.

Serikov S.A., Dvadenko V.J., Borodenko Y.N., Sergienko A.N. Information-measuring complex for research of working processes in power setting of hybrid car

Programmatic-apparatus realize of measuring complex for research characteristics of power setting hybrid car in transportation cycle are considered.

Keywords: hybrid power setting, transportation cycle, brushless electric motor, storage batteries, information-measuring complex.