



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

G01M 15/02 (2021.05); G06F 9/44 (2021.05)

(21)(22) Заявка: 2020142129, 30.12.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
30.12.2019

Дата регистрации:  
28.10.2021

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 30.12.2019

(45) Опубликовано: 28.10.2021 Бюл. № 31

Адрес для переписки:

105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, 5, стр. 1,  
МГТУ им. Н.Э. Баумана, ЦИС, для  
Бутаровича (каф. СМ10)

(72) Автор(ы):

Скотников Глеб Игоревич (RU),  
Бутарович Дмитрий Олегович (RU),  
Эраносян Артем Ванович (RU),  
Зайцев Александр Сергеевич (RU),  
Смирнов Александр Анатольевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Московский государственный  
технический университет имени Н.Э.  
Баумана (национальный исследовательский  
университет)" (МГТУ им. Н.Э. Баумана) (RU)

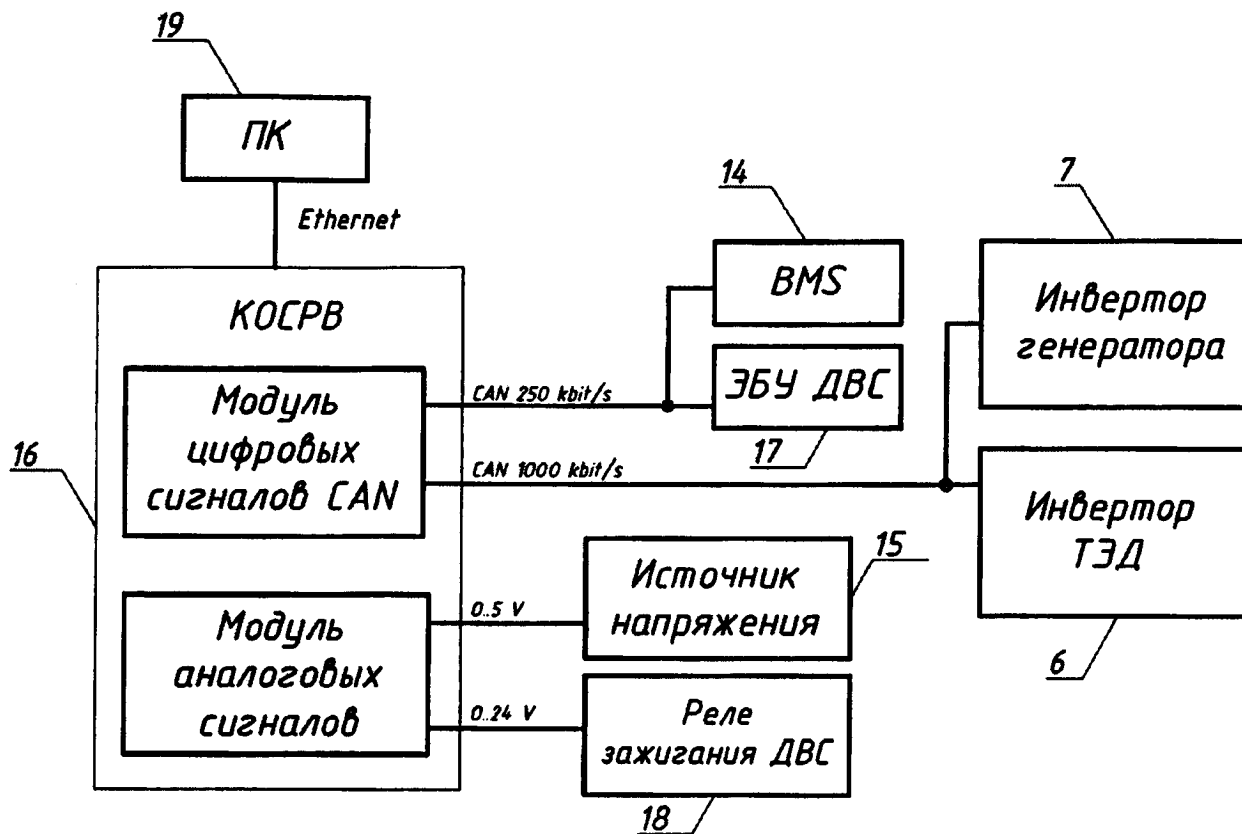
(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: US 6754576 B2, 22.06.2004. US  
8209694 B2, 26.06.2012. US 6968552 B2,  
22.11.2005. RU 174174 U1, 05.10.2017. RU 122781  
U1, 10.12.2012.

(54) Стенд для исследования цифровой системы управления комбинированной энергетической установки

(57) Реферат:

Настоящее техническое решение относится к области вычислительной техники. Технический результат заключается в ускорении процесса по подготовке к проведению исследований, а также внесении корректировок в систему управления

без отрыва от процесса проведения исследований и испытаний. Технический результат достигается за счёт компьютера с операционной системой реального времени. 3 ил.



Фиг. 3



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

**(12) ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

*G01M 15/02 (2021.05); G06F 9/44 (2021.05)*(21)(22) Application: **2020142129, 30.12.2019**

(24) Effective date for property rights:  
**30.12.2019**

Registration date:  
**28.10.2021**

Priority:

(22) Date of filing: **30.12.2019**(45) Date of publication: **28.10.2021 Bull. № 31**

Mail address:

**105005, Moskva, ul. 2-ya Baumanskaya, 5, str. 1,  
MG TU im. N.E. Bauman, TSIS, dlya Butarovicha  
(kaf. SM10)**

(72) Inventor(s):

**Skotnikov Gleb Igorevich (RU),  
Butarovich Dmitrij Olegovich (RU),  
Eranosyan Artem Vanovich (RU),  
Zajtsev Aleksandr Sergeevich (RU),  
Smirnov Aleksandr Anatolevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniya "Moskovskij gosudarstvennyj  
tekhnicheskij universitet imeni N.E. Bauman  
(natsionalnyj issledovatel'skij universitet)"  
(MG TU im. N.E. Bauman) (RU)**

**(54) STAND FOR THE STUDY OF THE DIGITAL CONTROL SYSTEM OF A COMBINED POWER PLANT**

(57) Abstract:

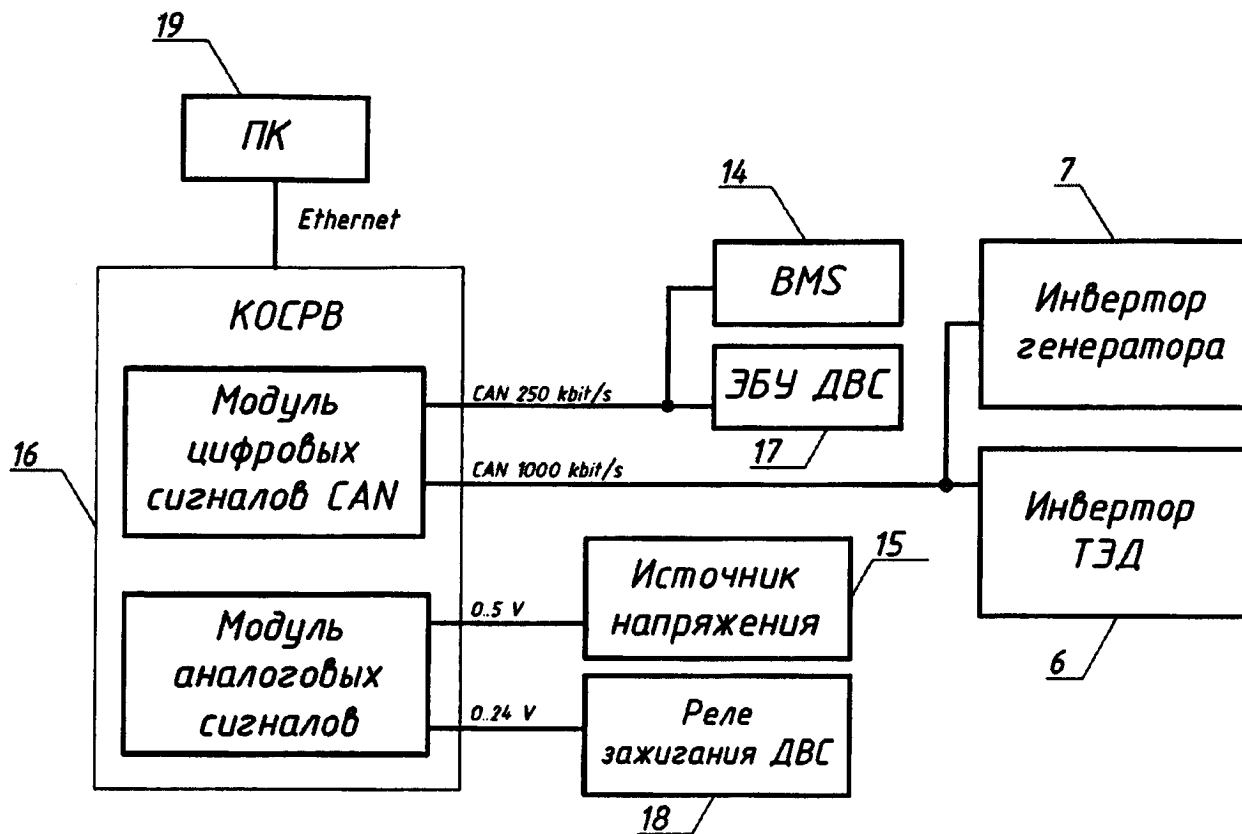
FIELD: computer technology.

SUBSTANCE: the expected result is achieved by  
using computer with a real-time operating system.

EFFECT: accelerating the process of preparing for

research, as well as making adjustments to the control  
system without interrupting the process of conducting  
research and testing.

1 cl, 3 dwg



Фиг. 3

## Область техники

Изобретение относится к экспериментальному оборудованию, в частности для проведения исследований и испытаний программной части образцов систем управления комбинированных энергетических установок (КЭУ) последовательного типа, преимущественно применяемых в конструкциях автобусов и легких грузовых автомобилей.

## Уровень техники

Известен ближайший аналог – стенд для исследования КЭУ, описанный в статье Нагайцева М.В. «Разработка стенда для исследовательских испытаний автотранспортных средств с комбинированными энергоустановками» (Известия МГТУ «МАМИ» № 3(21), 2014, т. 1). Данный стенд предназначен для проведения исследований и испытаний КЭУ грузового автомобиля с подключаемым приводом передних колес. Стенд состоит из двигателя внутреннего сгорания, связанного с автоматизированной коробкой передач, имеющей встроенную обратимую электромашину, который через тензометрическую муфту нагружается обратимой электромашинной. Последняя способна имитировать сопротивление движению автотранспортному средству (АТС), а также работу тормозной системы АТС. Топливо в ДВС подается от топливного бака через расходомер. Электромашинный привод переднего моста соединяется с нагружающими устройствами через тензометрические муфты. Питание испытываемых электродвигателей осуществляется с помощью инверторов, подключенных к аккумуляторной батарее. Управление электромашинными КЭУ производится через устройства управления по CAN-сети. Питание нагружающих электромашин, имитирующих сопротивление движению АТС, осуществляется с помощью инверторов, подключенных к внешней сети. Устройства управления инверторами также включены в CAN-сеть, управление агрегатами которого производится с помощью специально разработанных контроллеров верхнего уровня.

Недостатком данного стенда является необходимость написания программного кода, отвечающего требованиям контроллера, что затягивает процесс по подготовке к проведению исследований, особенно при необходимости отладки алгоритмов или проверке нескольких алгоритмов управления КЭУ.

## Раскрытие изобретения

Проведение исследований алгоритмов системы управления КЭУ на транспортном средстве не всегда возможно или требует больших затрат средств в виду необходимости создания прототипа машины и аппаратной части системы управления. Использование стенда и применение технологии быстрого прототипирования систем управления позволяют в сжатые сроки провести исследования нескольких вариантов алгоритмов систем управления КЭУ с сохранением точности и информативности, с учетом реального поведения агрегатов КЭУ и информационного обмена между ними, со снижением затрат по сравнению с испытаниями на прототипе.

Задачей изобретения является обеспечение возможности проведения полноценных испытаний и исследований различных алгоритмов цифровой системы управления последовательной комбинированной энергетической установки с имитацией реальных условий движения транспортного средства и моделирования отказов системы с использованием пакета прикладных программ для разработки систем управления без необходимости изготовления их аппаратной части и написания программного кода, отвечающего требованиям аппаратной части.

Для решения задачи предлагается стенд для исследования цифровой системы управления КЭУ и ее алгоритмов. Стенд состоит из двигателя внутреннего сгорания

(ДВС, 1), коробки передач (3) со сцеплением (2), генератора (4), тягового электродвигателя (ТЭД, 5), инверторов ТЭД (6) и генератора (7), нагрузочного устройства в виде двух электромагнитных тормозов, соединенных последовательно (8), аккумуляторных батарей, коробки высоковольтных контакторов, включающей в себя устройство диагностики состояния аккумуляторных батарей (battery management system – BMS), управляемого источника напряжения и компьютера с операционной системой реального времени (КОСРВ).

Отличие от ближайшего аналога заключается в том, что стенд включает в себя КОСРВ, позволяющего осуществлять управление агрегатами стенда без необходимости программирования контроллеров, а также вносить корректировки в систему управления без отрыва от процесса проведения исследований и испытаний.

#### Перечень фигур

На фиг. 1 представлено расположение агрегатов стенда на монтажной плите.

На фиг. 2 представлена структурная схема высоковольтных соединений агрегатов стенда.

На фиг. 3 представлена структурная схема передачи цифровых и аналоговых сигналов между устройствами стенда.

#### Осуществление изобретения

Стенд (фиг. 1, 2, 3) состоит из двигателя внутреннего сгорания (ДВС, 1), в том числе его электронного блока управления (17, ЭБУ ДВС) и реле зажигания (18), коробки передач (3) со сцеплением (2), генератора (4), тягового электродвигателя (ТЭД, 5), инверторов ТЭД (6) и генератора (7), нагрузочного устройства в виде двух порошковых тормозов, соединенных последовательно (8), аккумуляторных батарей (9, 10, 11), коробки высоковольтных контакторов (12), включающей в себя устройство диагностики состояния аккумуляторных батарей (14, BMS), управляемого источника напряжения (15) и КОСРВ (16). КОСРВ – это ЭВМ, работающая под управлением операционной системы реального времени и обладающая набором модулей ввода/вывода цифровых и аналоговых сигналов.

Электрическое соединение инвертора ТЭД, инвертора генератора и аккумуляторных батарей – параллельное, осуществляется с помощью коммутационной коробки.

Крутящий момент от ДВС передается через сцепление и коробку передач на генератор с помощью карданного вала. Коробка передач обеспечивает согласование диапазонов частот вращения и крутящих моментов ДВС и генератора, а также возможность работы генераторной установки в различных режимах. Сцепление используется для переключения передач в коробке передач и аварийного размыкания ДВС и генератора. Сопротивление на валу ТЭД создается с помощью электромагнитных порошковых тормозов. Момент сопротивления, создаваемый тормозами, пропорционален напряжению на индукционных катушках, подаваемому с помощью управляемого источника напряжения.

КОСРВ используется для запуска исследуемой системы управления, а также сценария движения транспортного средства (ТС). Сценарием движения ТС является изменение во времени крутящего момента, создаваемого нагрузочным устройством, и частоты вращения вала ТЭД. С помощью модуля ввода/вывода аналоговых сигналов КОСРВ управляет источником напряжения, который в свою очередь изменяет напряжение на катушках нагрузочного устройства, тем самым изменяя момент сопротивления. Частота вращения вала ТЭД, заложенная в сценарий движения ТС, передается с помощью модуля ввода/вывода цифровых сигналов КОСРВ по протоколу CAN инвертору ТЭД, встроенный регулятор которого поддерживает заданную частоту вращения.

Сигналы, управляющие ДВС, генератором и ТЭД, вырабатываются согласно алгоритмам, заложенным в исследуемую систему управления КЭУ, с учетом параметров работы ТЭД, генератора, ДВС и устройства диагностики состояния аккумуляторных батарей. Управляющие сигналы от КОСРВ и сигналы параметров работы агрегатов

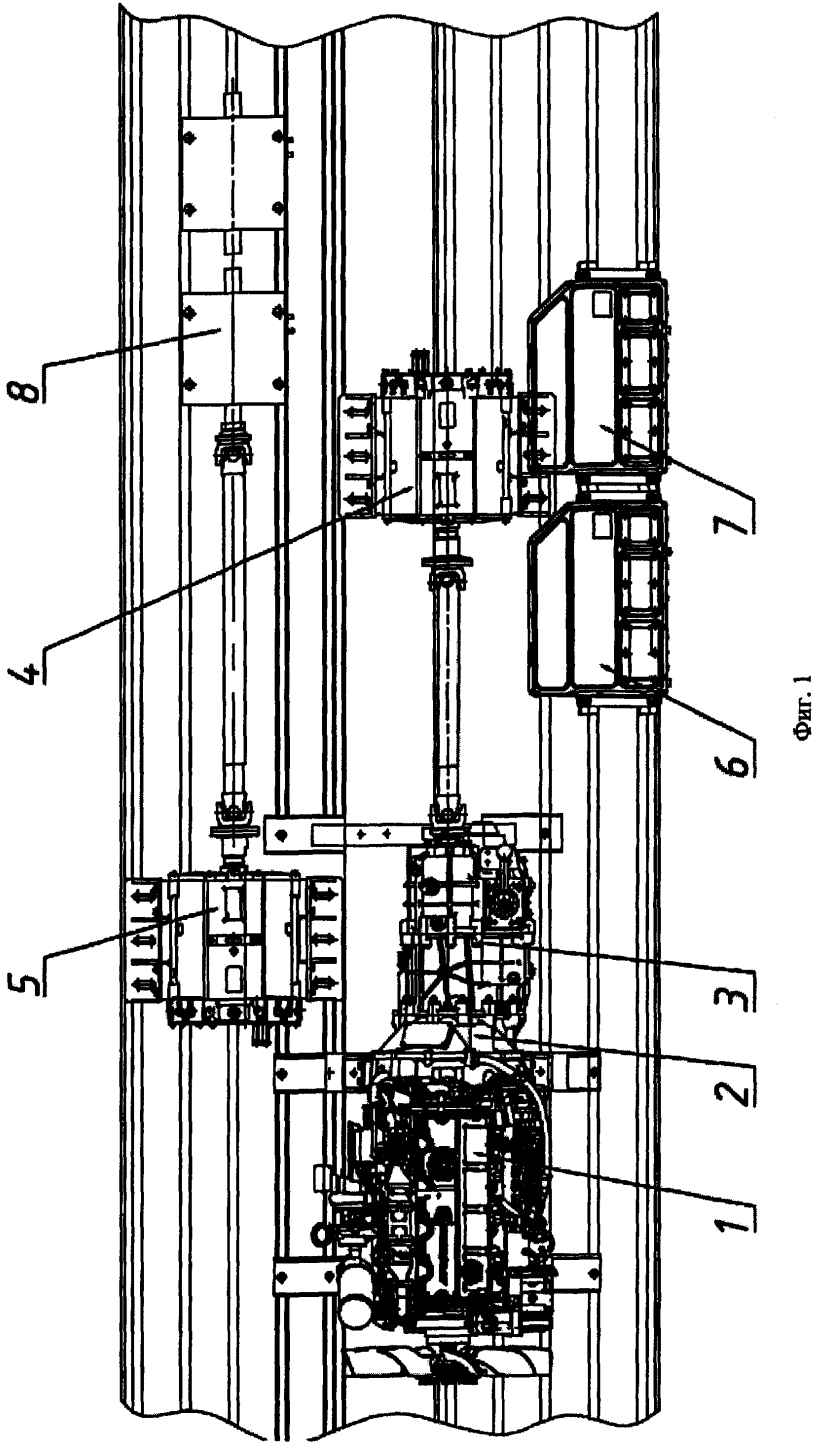
стенда передаются по протоколу CAN. Система управления последовательной КЭУ создается в специализированном пакете разработки на персональном компьютере (19, ПК) и переносится на КОСРВ. При этом не требуется вручную писать программное обеспечение и отлаживать его, что сокращает время до начала проведения исследований.

Стенд разработан в рамках проекта «Разработка научно-технических решений для создания российской комбинированной энергетической силовой установки для городских и пригородных автобусов малого класса» при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования России (по Соглашению № 14.574.21.0178, уникальный идентификатор работ: RFMEFI57417X0178).

#### (57) Формула изобретения

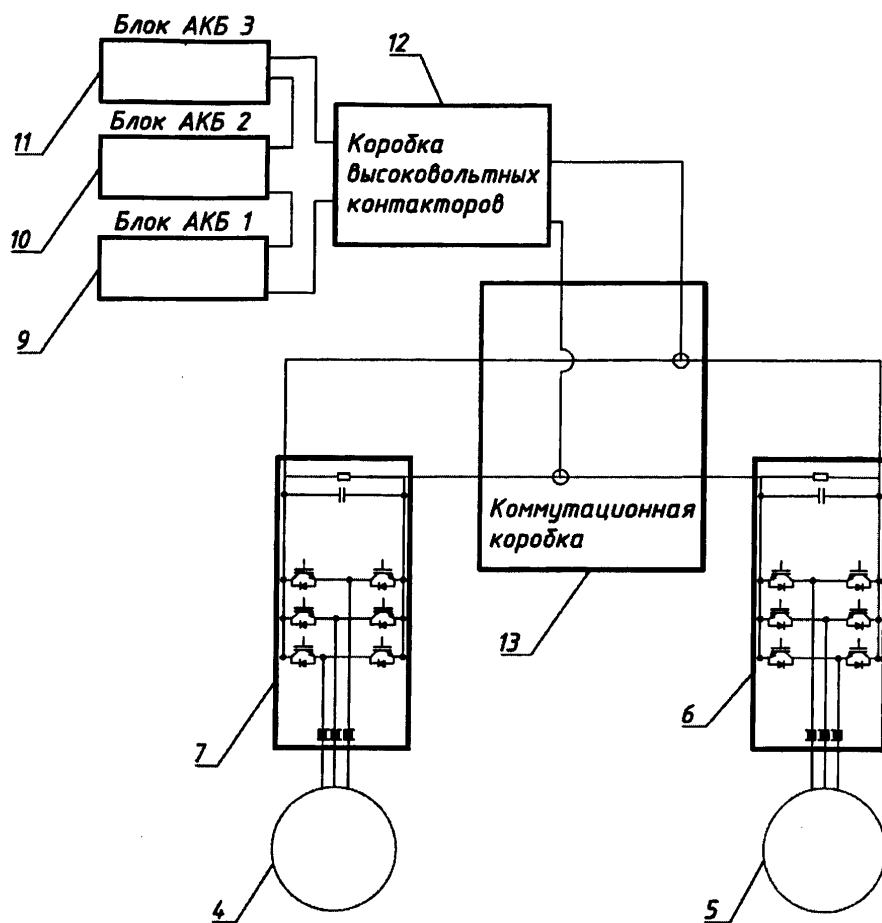
Стенд для исследования цифровой системы управления комбинированной энергетической установки (КЭУ), состоящий из двигателя внутреннего сгорания (ДВС, 1), в том числе его электронного блока управления (17, ЭБУ ДВС) и реле зажигания (18), соединенного с помощью сцепления (2) с коробкой передач (3), соединенной карданным валом с генератором (4), тягового электродвигателя (ТЭД, 5), соединенного с помощью карданного вала с нагрузочным устройством в виде двух порошковых тормозов, соединенных последовательно (8), инверторов ТЭД (6) и генератора (7), соединенных с генератором (4), ТЭД (5) и аккумуляторной батареей (9, 10, 11) высоковольтными проводами, соединяющимися в коробке высоковольтных контакторов (13), включающей в себя устройство диагностики состояния аккумуляторных батарей (14, BMS), управляемого источника напряжения (15), отличающийся тем, что включает в себя компьютер с операционной системой реального времени (16, КОСРВ), соединяющийся с инверторами (6, 7), BMS (14) и ЭБУ ДВС посредством шины данных CAN, позволяющий осуществлять управление агрегатами стенда без необходимости программирования контроллеров, а также позволяющий вносить корректировки в систему управления КЭУ без отрыва от процесса проведения исследований и испытаний.

1

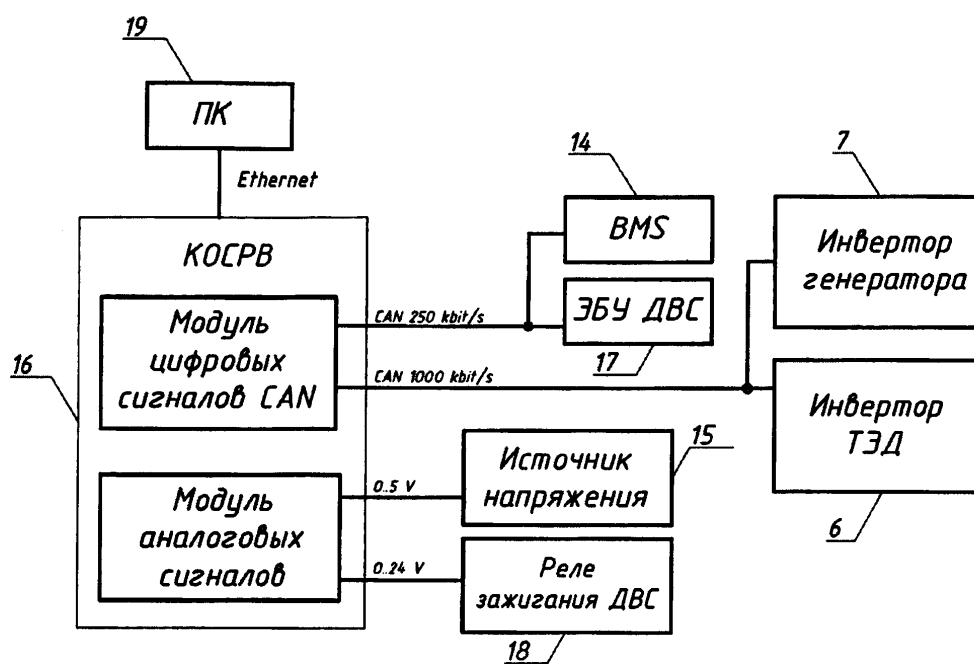


2





Фиг. 2



Фиг. 3