



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

F01D 15/10 (2019.08); F01D 25/145 (2019.08); H02K 7/18 (2019.08)

(21)(22) Заявка: 2019131247, 03.10.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
03.10.2019

Дата регистрации:
31.01.2020

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 03.10.2019

(45) Опубликовано: 31.01.2020 Бюл. № 4

Адрес для переписки:

107023, Москва, ул. Б. Семеновская, 38,
Московский Политех, начальник отдела
интеллектуальной Промышленной
собственности С.И. Кулешова

(72) Автор(ы):

Хрипач Николай Анатольевич (RU),
Лежнев Лев Юрьевич (RU),
Татарников Алексей Павлович (RU),
Васюков Алексей Николаевич (RU),
Петриченко Дмитрий Анатольевич (RU),
Папкин Борис Аркадьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Московский политехнический
университет" (Московский Политех) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 2009/0250933 A1, 08.10.2009. WO
2013/059038 A1, 25.04.2013. CN 105927294 A,
07.09.2016. US 3219831 A, 23.11.1965. RU 2047059
C1, 27.10.1995.

(54) Турбогенератор

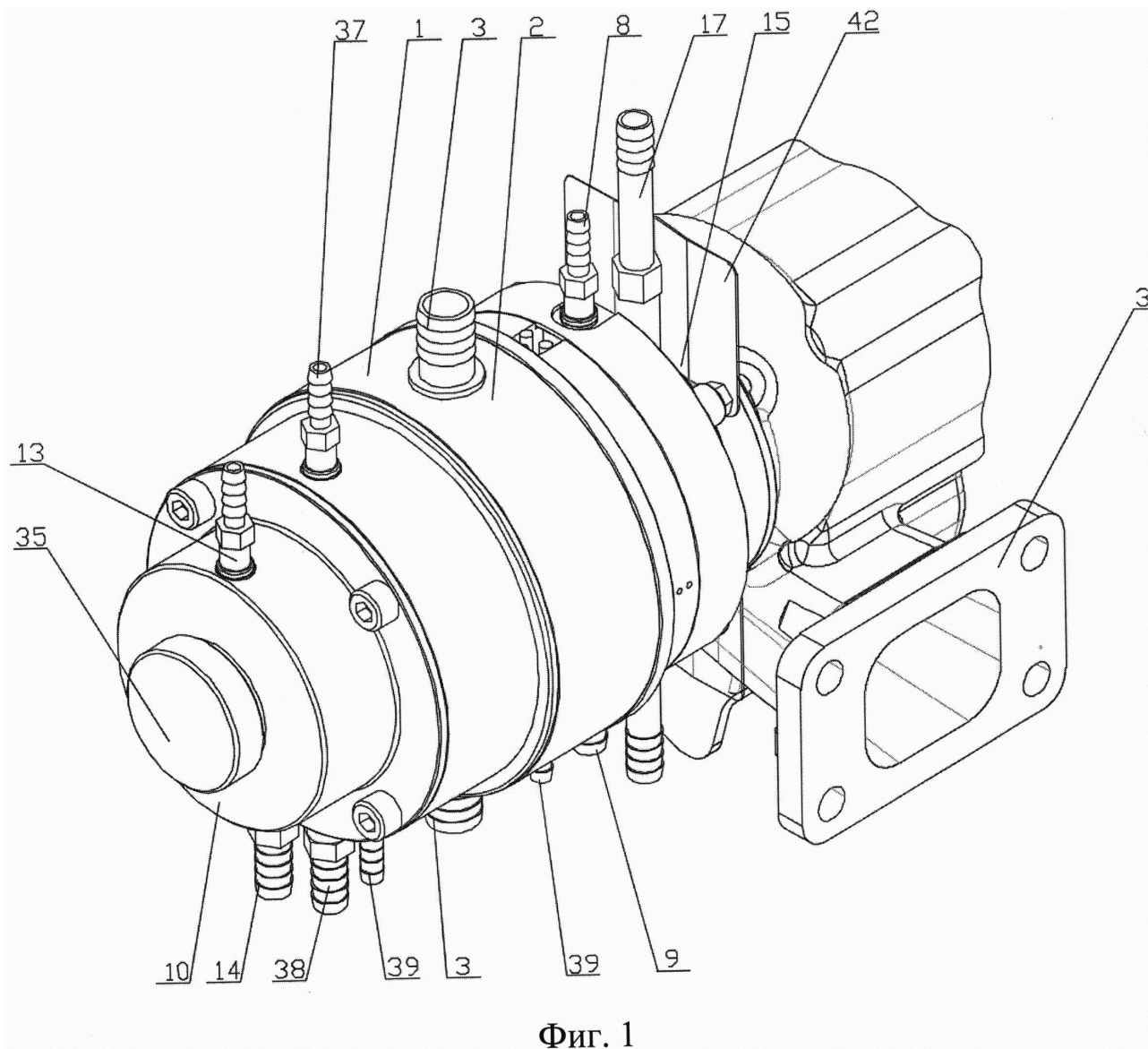
(57) Реферат:

Полезная модель относится к области двигателестроения, а в частности к турбогенераторам. Турбогенератор содержит корпус, передний подшипник скольжения, переднюю крышку, заднюю крышку, задний подшипник скольжения, турбину с валом. На валу турбины концентрично установлен ротор, статор электрической машины, упорный подшипник. Статор электрической машины установлен в корпус через уплотнительные кольца и зафиксирован от радиального и осевого перемещения установочными винтами. На переднюю крышку установлена втулка охлаждения, имеющая отверстия под штуцеры подачи и слива охлаждающей жидкости. Во втулку охлаждения с помощью уплотнительных элементов установлена крышка втулки охлаждения, образуя в сборе полость охлаждения. На втулку охлаждения установлены тепловой экран и сопловой аппарат турбины, на котором

установлены тепловые экраны штуцеров. Тепловой экран выполнен из высокотемпературных сплавов с низкой теплопроводностью. Тепловые экраны штуцеров выполнены из тонколистовой нержавеющей стали. Ротор электрической машины зафиксирован от радиального смещения лысками, а от осевого смещения - дистанционной втулкой и дистанционной втулкой малой посредством гайки. Уплотнительные кольца выполнены из бутадиен-нитрильного каучука, образуют герметичное соединение между элементами. Технический результат заключается в повышении надежности работы турбогенератора, приводимого в движение за счет энергии отработавших газов двигателя внутреннего сгорания, достигаемой улучшением охлаждения статорной части электрогенератора, снижением теплового воздействия на штуцеры подвода охлаждающей жидкости, снижением теплового

потока в статор от корпуса турбогенератора, снижением тепловой нагрузки на передний подшипниковый узел, снижением теплового

воздействия на подводящие шланги и корпус турбогенератора. 5 з.п. ф-лы, 4 ил.



Фиг. 1

RU 195576 U1

RU 195576 U1

Полезная модель относится к двигателестроению, а в частности к турбогенераторам, приводимым в движение за счет энергии отработавших газов двигателя внутреннего сгорания.

5 Основной областью применения турбогенераторов является двигатель-генераторные установки на базе двигателей внутреннего сгорания, двигатели внутреннего сгорания в составе транспортных средств, в том числе гибридных.

10 Ежегодный рост цен на углеводородные топлива, а также ужесточение экологических норм по выбросам вредных веществ с отработавшими газами двигателей внутреннего сгорания, как транспортных, так и для генераторных установок приводит к увеличению интереса к устройствам, повышающим эффективность использования энергии сгоревшего топлива. Снижение удельного расхода топлива и повышение суммарной эффективности энергоустановок обеспечивается применением турбогенератором в системах выпуска отработавших газов двигателей внутреннего сгорания, которые используют энергию отработавших газов для выработки электрической энергии.

15 Из уровня техники известен генератор возбуждения со сложной выхлопной турбиной (CN 101709668 A, 19.05.2010). В указанном патенте раскрыт турбогенератор, содержащий турбину, заднюю крышку, переднюю крышку, ротор и статор. Турбина располагается в центре направляющего аппарата турбины, закрепленного на задней крышке турбогенератора с помощью болтов, статор содержит сердечник и обмотки статора, 20 снаружи располагается втулка статора, которая прижимается и фиксируется между передней и задней крышкой турбогенератора. Недостатками представленной конструкции является отсутствие теплового экрана, который ограничивает тепловой поток в корпус генератора, что увеличивает тепловую нагрузку на весь узел в целом, направляющий аппарат турбины закреплен непосредственно на корпусе, в котором 25 располагается статор с обмотками, не имеющий какого-либо охлаждения, частота вращения ротора турбины для работы в диапазоне высокой эффективности составляет десятки тысяч оборотов в минуту, поэтому применение подшипников качения без системы смазки и охлаждения не обеспечит долговременной работы турбогенератора, контактные группы на роторе, питающие контур возбуждения не смогут обеспечить 30 надежного контакта при долговременной работе, крепление постоянных магнитов винтами через стальные прокладки снижают магнитный поток в статор, а также не обеспечат жесткости конструкции на большой частоте вращения, использование постоянных магнитов в статоре осложнено высокой температурой вследствие чего они размагничиваются.

35 Из уровня техники известна улучшенная центростремительная турбина (FR 2545153 A1, 02.11.1984). В указанном патенте раскрыт турбогенератор с направляющим аппаратом турбины с разделительными элементами потока, которые могут быть перекрыты при необходимости для регулирования проходного сечения и изменения параметров отработавших газов. Состоит из направляющего аппарата турбины, 40 турбинного колеса с валом, установленном через упорные конические подшипники в корпус турбогенератора. На валу консольно закреплен ротор электрического генератора, статор которого расположен концентрично в корпусе. К недостаткам представленной конструкции следует отнести отсутствие ребер охлаждения, что повлечет за собой перегрев статорной части и выход ее из строя, отсутствие уплотнительных 45 элементов между корпусом турбогенератора и валом турбины в зоне за колесом турбины, и при высокой температуре в подшипниковом узле может возникнуть закоксовывание моторного масла и выход узла из строя, отсутствие уплотнительных элементов и конструктивных элементов для обеспечения защиты ротора электрической

машины от попадания в ее зону моторного масла.

Наиболее близким аналогом (прототипом) предлагаемой полезной модели является турбогенератор (US 2009/0250933 A1, 08.10.2009), состоящий из турбины, работающей на отработавших газах двигателя внутреннего сгорания, электрического генератора, имеющего ротор, соединенный с турбиной и статор, имеющий обмотку без железа (ironless coil), расположенную концентрично с ротором. При подаче отработавших газов вырабатывается электрическая энергия. Конструкция предусматривает использование двух радиальных подшипников скольжения и одного упорного с принудительной подачей масла в зону трения, полости охлаждения пространства за турбиной, ротора электрического генератора с постоянными магнитами.

К недостаткам данной конструкции следует отнести:

- отсутствие полости охлаждения в зоне статора, а также отсутствие ребер охлаждения, что повлечет за собой перегрев статорной части и выход ее из строя;
- отсутствие элементов закрепления ротора на валу турбины, что делает конструкцию сложнособираемой или неразборной, а также влечет за собой сложность в обеспечении балансировки такого узла;
- отсутствие сливных отверстий из полости электрической машины будет приводить к выходу ее из строя ввиду того, что скопившееся масло будет создавать дополнительное гидродинамическое сопротивление;
- отсутствие уплотнительных элементов в канавках на валу турбины перед колесом турбины может привести к попаданию масла, которое под воздействием высокой температуры приведет к закоксовыванию и постепенному выходу подвижного соединения из строя;
- близкое расположение переднего подшипникового узла к турбине может привести к перегреву узла и снижению вязкости масла, что впоследствии приведет к повышенному износу.

Задача, решаемая полезной моделью, направлена на разработку турбогенератора, приводимого в движение за счет энергии отработавших газов двигателя внутреннего сгорания, обладающего повышенной надежностью, как отдельных элементов турбогенератора, так и всего узла в сборе в процессе работы турбогенератора.

Технический результат заключается в повышении надежности работы турбогенератора, приводимого в движение за счет энергии отработавших газов двигателя внутреннего сгорания, достигаемой улучшением охлаждения статорной части электрогенератора, снижением теплового воздействия на штуцеры подвода охлаждающей жидкости, снижением теплового потока в статор от корпуса турбогенератора, снижением тепловой нагрузки на передний подшипниковый узел, снижением теплового воздействия на подводящие шланги и корпус турбогенератора.

Технический результат достигается тем, что турбогенератор, содержащий корпус, передний подшипник скольжения, заднюю крышку, установленную на корпус через уплотнительные элементы, задний подшипник скольжения, запрессованный в заднюю крышку, в которой расположены отверстия под штуцеры подачи и слива масла из подшипника, турбину с валом, установленную в подшипники скольжения, на которой концентрично установлен ротор, статор электрической машины, установленный концентрично в корпус, упорный подшипник, пробку, которая герметично закрывает полость турбогенератора, причем статор электрической машины установлен в корпус через уплотнительные кольца и зафиксирован от радиального и осевого перемещения установочными винтами, а на корпусе располагаются кожух охлаждения со штуцерами подачи и слива охлаждающей жидкости, установленный через уплотнительные кольца

и зафиксированный гайкой, который совместно со сквозной проточкой и окнами на корпусе, а также наружной поверхностью статора отделенной от корпуса уплотнительными кольцами образует полость охлаждения непосредственно поверхности статора, передняя крышка, установленная через уплотнительные элементы, на которой
5 установлена втулка охлаждения через уплотнительные элементы, имеющая отверстия под штуцеры подачи и слива охлаждающей жидкости, причем во втулку охлаждения с помощью уплотнительных элементов установлена крышка втулки охлаждения, образуя в сборе полость охлаждения, а на втулку охлаждения установлены тепловой экран кольцевой формы, выполненный из высокотемпературных сплавов с низкой
10 теплопроводностью, который имеет малую площадь контакта со втулкой, ограничивающий тепловой поток от отработавших газов в сторону корпуса турбогенератора, направляющий сопловой аппарат турбины, тепловые экраны штуцеров, выполненные из тонколистовой нержавеющей стали, установленные на направляющий сопловой аппарат, причем ротор электрической машины зафиксирован
15 от радиального смещения лысками, а от осевого смещения дистанционной втулкой и дистанционной втулкой малой посредством гайки, причем уплотнительные кольца выполнены из бутадиен-нитрильного каучука, образующие герметичное соединение между элементами.

Конструкция турбогенератора также имеет следующие дополнительные отличия:
20 - для слива масла из внутреннего пространства электрогенератора в нижней части корпуса предусмотрены отверстия для штуцеров;
- для упрощения изготовления и облегчения процесса сборки турбогенератора передний подшипник скольжения запрессован в переднюю крышку, а пробка установлена на заднюю крышку через уплотнительную прокладку и выполнена
25 резьбовой;
- турбина с валом имеет проточки на валу за колесом турбины, в которые установлены уплотнительные кольца, сделанные из чугуна, имеющие разрезную пружинную конструкцию и зафиксированные за счет трения наружной поверхности о поверхность отверстия во втулке охлаждения, для предотвращения прорыва
30 отработавших газов внутрь турбогенератора и для предотвращения попадания моторного масла в турбину;
- статор электрической машины зафиксирован от проворота посредством установочных винтов и имеет внутри обмоток датчики температур, для измерения температуры обмоток и снижения нагрузки на генератор при превышении допустимой
35 температуры, что повысит надежность турбогенератора;
- для предотвращения попадания масла в электрогенератор маслоотражательные экраны, установленные на корпус и на переднюю крышку, имеют соосный и минимальный зазор между внутренними торцевыми поверхностями маслоотражательных экранов и турбиной с валом.

40 Полезная модель иллюстрируется четырьмя чертежами, на которых представлен общий вид турбогенератора (фиг. 1), общий вид турбогенератора в разрезе (фиг. 2), вид спереди (фиг. 3) поперечный разрез турбогенератора (фиг. 4),

Турбогенератор состоит из корпуса 1 с кожухом охлаждения 2, в котором располагаются штуцеры 3, через которые производится подача и слив охлаждающей
45 жидкости для электромашины и уплотнительные кольца 4. На корпус 1 с помощью болтового соединения с центрированием по опорному пояску установлена передняя крышка 5 через уплотнительное кольцо 6 с установленным в переднюю крышку передним подшипником скольжения 7, которая имеет резьбовые отверстия (на чертеже

не обозначены) для подвода и слива масла с установленными в них штуцерами 8 и 9 через уплотнительные элементы (на чертеже не обозначены). На корпус 1 установлена задняя крышка 10 с установленным в нее задним подшипником скольжения 11 через уплотнительное кольцо 12, которая имеет резьбовые отверстия (на чертеже не обозначены) для подвода и слива масла с установленными в них штуцерами 13 и 14 через уплотнительные элементы (на чертеже не обозначены). На переднюю крышку 5 с помощью болтового соединения установлена втулка охлаждения 15 через уплотнительное кольцо 16, в которой располагаются отверстиями подвода и отвода охлаждающей жидкости, в которые установлены штуцеры 17 и 18 через уплотнительные элементы (на чертеже не обозначены) и крышка 19 через уплотнительные кольца 20 и 21, образующие полость охлаждения. На втулку охлаждения 15 установлен тепловой экран 22. В подшипники скольжения 7 и 11 установлена турбина 23, имеющая посадочные лыски под ротор электрической машины 25, зафиксированный на валу посредством дистанционной втулки 26, дистанционной втулки малой 27 и гайки 28. Между дистанционной втулкой 26 и дистанционной втулки малой 27 располагается упорный подшипник 29, зафиксированный на корпусе 1 посредством опорного пояса и болтовых соединений. В корпус 1 установлен статор электрической машины 30 с выводными контактами обмоток и датчиков температур (на чертеже не обозначены) через уплотнительные кольца 41 и зафиксирован установочными винтами 24. На втулку охлаждения 15 устанавливается направляющий аппарат турбины 31, зафиксированный на ней с помощью болтового соединения проставками 32, который имеет фланцы для подключения турбогенератора в систему выпуска отработавших газов, на который также установлены тепловые экраны штуцеров 42. Для защиты ротора и статора электрической машины от попадания в них масла с одной стороны на корпусе 1 с помощью болтового соединения и опорного пояса установлен маслоотражательный экран 33, а с другой стороны на передней крышке 5 с помощью болтового соединения и опорного пояса установлен маслоотражательный экран 34. На заднюю крышку 10 установлена резьбовая пробка 35 через прокладку 36. Для подвода и слива масла к упорному подшипнику 29 в корпусе 1 предусмотрены резьбовые отверстия (на чертеже не обозначены) под штуцер подачи масла 37, установленного через уплотнительные элементы и сливной штуцер 38 установленного через уплотнительные элементы, а также имеются два резьбовых отверстия (на чертеже не обозначены) под штуцеры 39 для слива масла попавшего в электрическую машину. На валу турбины 23 установлены уплотнительные пружинные чугунные кольца 40, ограничивающие попадание отработавших газов в полость генератора, и моторного масла в полость турбины.

Тепловой экран 22 в виде кольцевой формы, выполнен из высокотемпературных сплавов с низкой теплопроводностью, имеет малую площадь контакта со втулкой охлаждения 15, ограничивающий тепловой поток от отработавших газов в сторону корпуса турбогенератора

Уплотнительные кольца 4, 6, 12, 41 выполнены из бутадиен-нитрильного каучука, а 16, 20, 21 из фторкаучука образуют герметичное соединение между элементами.

Тепловые экраны штуцеров 42, выполненные из тонколистовой нержавеющей стали, установлены на направляющий сопловой аппарат 31, что позволяет дополнительно снизить тепловое воздействие на штуцеры подвода охлаждающей жидкости и снизить тепловой поток в корпус турбогенератора.

Работа турбогенератора производится следующим образом: Направляющий аппарат турбины 31, являющийся несущим элементом турбогенератора, установлен в систему выпуска двигателя внутреннего сгорания посредством фланцев. Направляющий аппарат

турбины 31 установлен на втулке охлаждения 15 посредством проставок болтового соединения и проставок 32, втулка охлаждения в свою очередь закреплена с помощью болтового соединения на передней крышке 5 соединенной болтовым соединением с корпусом 1, на котором установлена задняя крышка 10 образующие вместе основной корпусной узел. Отработавшие газы двигателя попадают из соплового аппарата турбины 31 на лопатки турбины 23, на которой установлен ротор электрической машины 25, закрепленный посредством дистанционной втулки 26, дистанционной втулки малой 27 и гайки 28, турбина 23 располагается в радиальных подшипниках скольжения 7 и 11, а осевое перемещение ограничено фланцами дистанционных втулок 26, 27 и расположением упорного подшипника 29. Крутящий момент, появляющийся на валу благодаря отработавшим газам, передается посредством турбины 23 на ротор электрической машины 25, магнитное поле которого, при вращении относительно статора 30, закрепленного в корпусе 1 винтами 24, наводит в обмотках статора ЭДС, вследствие чего на клеммах статора электрической машины 30, подключенной к электрической нагрузке, протекает электрический ток, приводящий к появлению тормозного крутящего момента. Для смазки подшипников скольжения 7 и 11 в передней крышке 5 и задней крышке 10 предусмотрены отверстия для установки штуцеров подвода масла из системы смазки двигателя внутреннего сгорания 8 и 13, и штуцеров слива масла в картер двигателя внутреннего сгорания 9 и 14. Смазка упорного подшипника производится через штуцер подвода масла 37, установленный в корпусе 1, и через штуцер 38 масло сливается в картер двигателя.

Для передачи крутящего момента на турбине с валом 23 имеются лыски, а на роторе электрической машины 13 имеется паз, за счет чего обеспечивается фиксация. Положение ротора электрической машины 13 относительно турбины с валом 23 обеспечивается за счет дистанционной втулки 14 и фланца подшипника 15 закрепленные с помощью гайки 16. Положение ротора электрической машины 13 относительно статора электрической машины 17 обеспечивается геометрическими размерами и упорным подшипником 17, располагающимся между дистанционной втулкой 14 и фланцем подшипника 15 и закрепленном на корпусе 1 посредством болтового соединения.

Для обеспечения стабильной работы турбогенератор имеет две полости охлаждения во втулке охлаждения 9 совместно с резьбовой крышкой 10 и в корпусе 1 образованной кожухом охлаждения 2, статором 30 и уплотнительными кольцами 41 со штуцерами подвода и слива охлаждающей жидкости 3 и 4. Для обеспечения легкого скольжения турбины 23 сна установлена в подшипниках скольжения 7 и 11, расположенных в передней и задней крышке 5 и 10 соответственно, в которых располагаются каналы подвода и слива масла к подшипникам. Конфигурация масляных каналов выполнена таким образом, что масло подводится к упорному подшипнику 29. Чтобы обеспечить защиту электрических компонентов от попадания масла на корпус 1 установлены маслоотражательные экраны 33 и 34. Для защиты от воздействия окружающей среды на задний подшипник 11 на заднюю крышку 10 устанавливается пробка 35 через прокладку 36.

Улучшение охлаждения статорной части электрогенератора 30 реализуется за счет непосредственной подачи охлаждающей жидкости на наружную поверхность статора 30 через проточку и окна на корпусе турбогенератора 1, которые через уплотнительные кольца 41 образуют полость охлаждения непосредственно поверхности статора. Снижение теплового потока в статор 30 от корпуса 1 турбогенератора обусловлено снижением площади контакта за счет установки уплотнительных колец 41 и фиксации статора стопорными винтами 24. Снижением тепловой нагрузки на передний

подшипниковый узел, представляющий собой передний подшипник 7, запрессованный в переднюю крышку турбогенератора 5, на которой расположена втулка охлаждения 15, при пропускании охлаждающей жидкости через которую производится охлаждение масла и подшипникового узла.

5 Снижением теплового воздействия на корпус 1 турбогенератора и подводящие шланги (на чертеже не обозначены), подключаемые к штуцерам 17, за счет тепловых экранов штуцеров 42 и от разогретого до высокой температуры направляющего аппарата турбины 31 в сторону корпуса турбогенератора.

10 Кроме того, корпус 1 турбогенератора, за счет своей конструкции, а именно за счет сквозной проточки на корпусе, существенно улучшает охлаждение электрической машины, поскольку охлаждающая жидкость подается непосредственно на поверхность статора 30 электрической машины.

15 Таким образом, за счет улучшения охлаждения статорной части электрогенератора, снижения теплового воздействия на штуцеры подвода охлаждающей жидкости, снижения теплового потока в статор от корпуса турбогенератора, снижения тепловой нагрузки на передний подшипниковый узел, снижения теплового воздействия на подводящие шланги и корпус турбогенератора, достигается повышение надежности работы турбогенератора, приводимого в движение за счет энергии отработавших газов двигателя внутреннего сгорания.

20

(57) Формула полезной модели

1. Турбогенератор, содержащий корпус, передний подшипник скольжения, заднюю крышку, установленную на корпус через уплотнительные элементы, задний подшипник скольжения, запрессованный в заднюю крышку, в которой расположены отверстия
25 под штуцеры подачи и слива масла из подшипника, турбину с валом, установленную в подшипники скольжения, на которой концентрично установлен ротор, статор электрической машины, установленный концентрично в корпус, упорный подшипник, пробку, которая герметично закрывает полость турбогенератора, отличающийся тем, что статор электрической машины установлен в корпус через уплотнительные кольца
30 и зафиксирован от радиального и осевого перемещения установочными винтами, а на корпусе располагаются кожух охлаждения со штуцерами подачи и слива охлаждающей жидкости, установленный через уплотнительные кольца и зафиксированный гайкой, который совместно со сквозной проточкой и окнами на корпусе, а также наружной поверхностью статора, отделенной от корпуса уплотнительными кольцами, образует
35 полость охлаждения непосредственно поверхности статора, передняя крышка, установленная через уплотнительные элементы, на которой установлена втулка охлаждения через уплотнительные элементы, имеющая отверстия под штуцеры подачи и слива охлаждающей жидкости, причем во втулку охлаждения с помощью
40 уплотнительных элементов установлена крышка втулки охлаждения, образуя в сборе полость охлаждения, а на втулку охлаждения установлены тепловой экран кольцевой формы, выполненный из высокотемпературных сплавов с низкой теплопроводностью, который имеет малую площадь контакта со втулкой, ограничивающий тепловой поток от отработавших газов в сторону корпуса турбогенератора, направляющий сопловой аппарат турбины, тепловые экраны штуцеров, выполненные из тонколистовой
45 нержавеющей стали, установленные на направляющий сопловой аппарат, причем ротор электрической машины зафиксирован от радиального смещения лысками, а от осевого смещения - дистанционной втулкой и дистанционной втулкой малой посредством гайки, причем уплотнительные кольца выполнены из бутадиен-нитрильного каучука,

образующие герметичное соединение между элементами.

2. Турбогенератор по п. 1, отличающийся тем, что в нижней части корпуса предусмотрены отверстия для штуцеров под слив масла из внутреннего пространства электрогенератора.

5 3. Турбогенератор по п. 1, отличающийся тем, что передний подшипник скольжения запрессован в переднюю крышку, а пробка установлена на заднюю крышку через уплотнительную прокладку и выполнена резьбовой.

10 4. Турбогенератор по п. 1, отличающийся тем, что турбина с валом имеет проточки на валу за колесом турбины, в которые установлены уплотнительные кольца, сделанные из чугуна, имеющие разрезную пружинную конструкцию и зафиксированные за счет трения наружной поверхности о поверхность отверстия во втулке охлаждения.

5. Турбогенератор по п. 1, отличающийся тем, что статор электрической машины зафиксирован от проворота посредством посадки с натягом и имеет внутри обмоток датчики температур.

15 6. Турбогенератор по п. 1, отличающийся тем, что содержит маслоотражательные экраны, установленные на корпус и на переднюю крышку, обеспечивающие конструктивно соосный и минимальный зазор между внутренними торцевыми поверхностями маслоотражательных экранов и турбиной с валом.

20

25

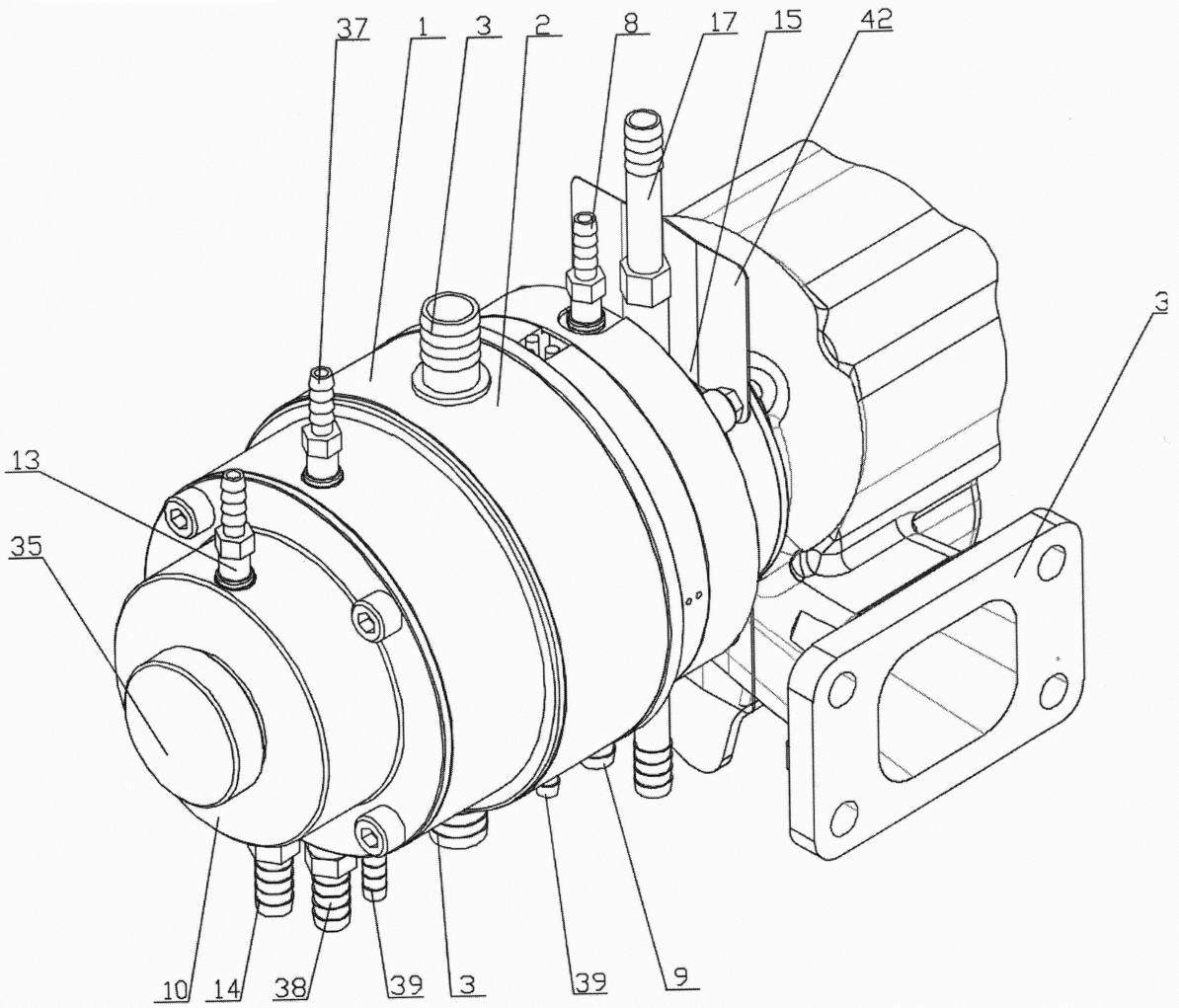
30

35

40

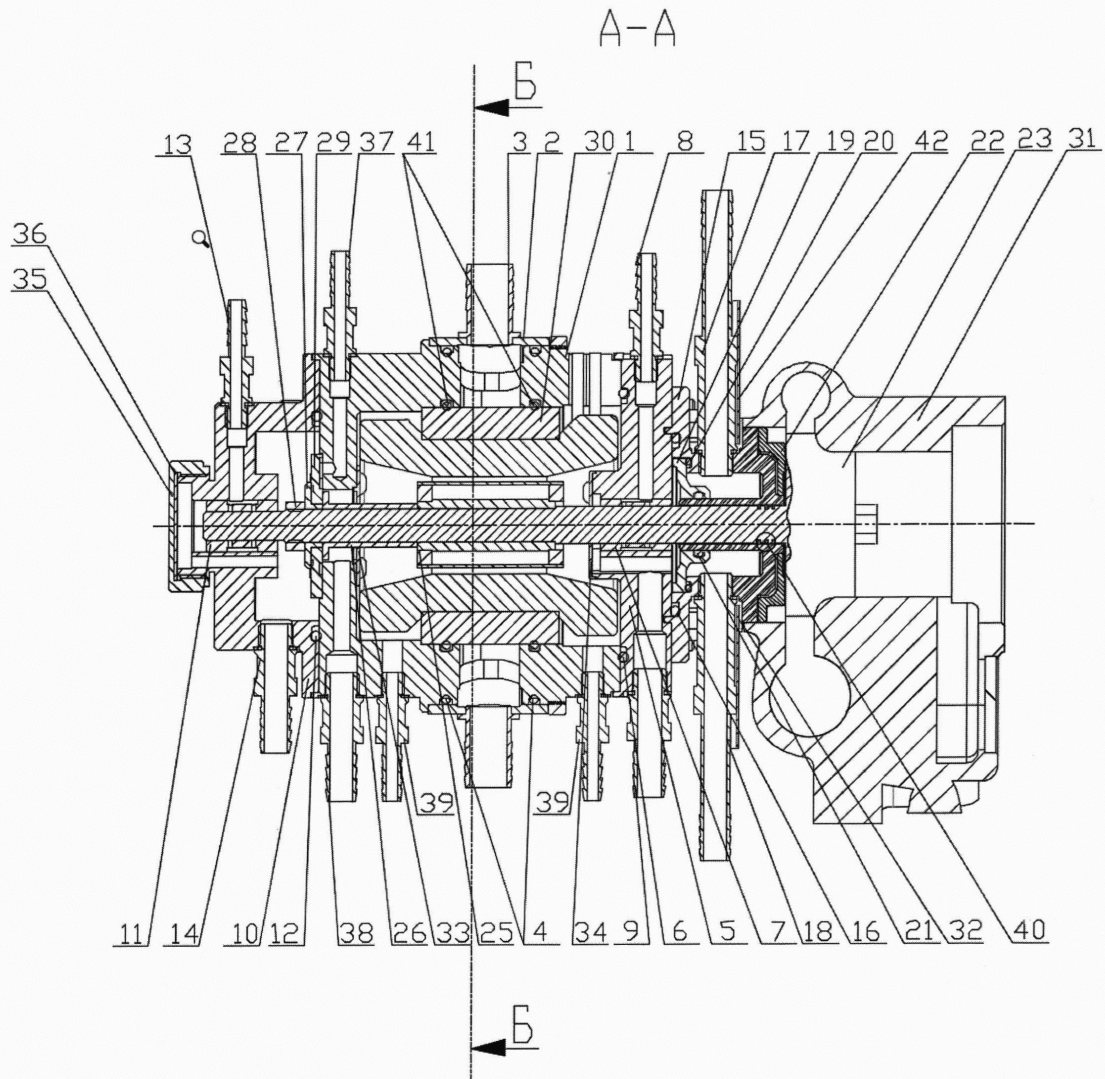
45

1

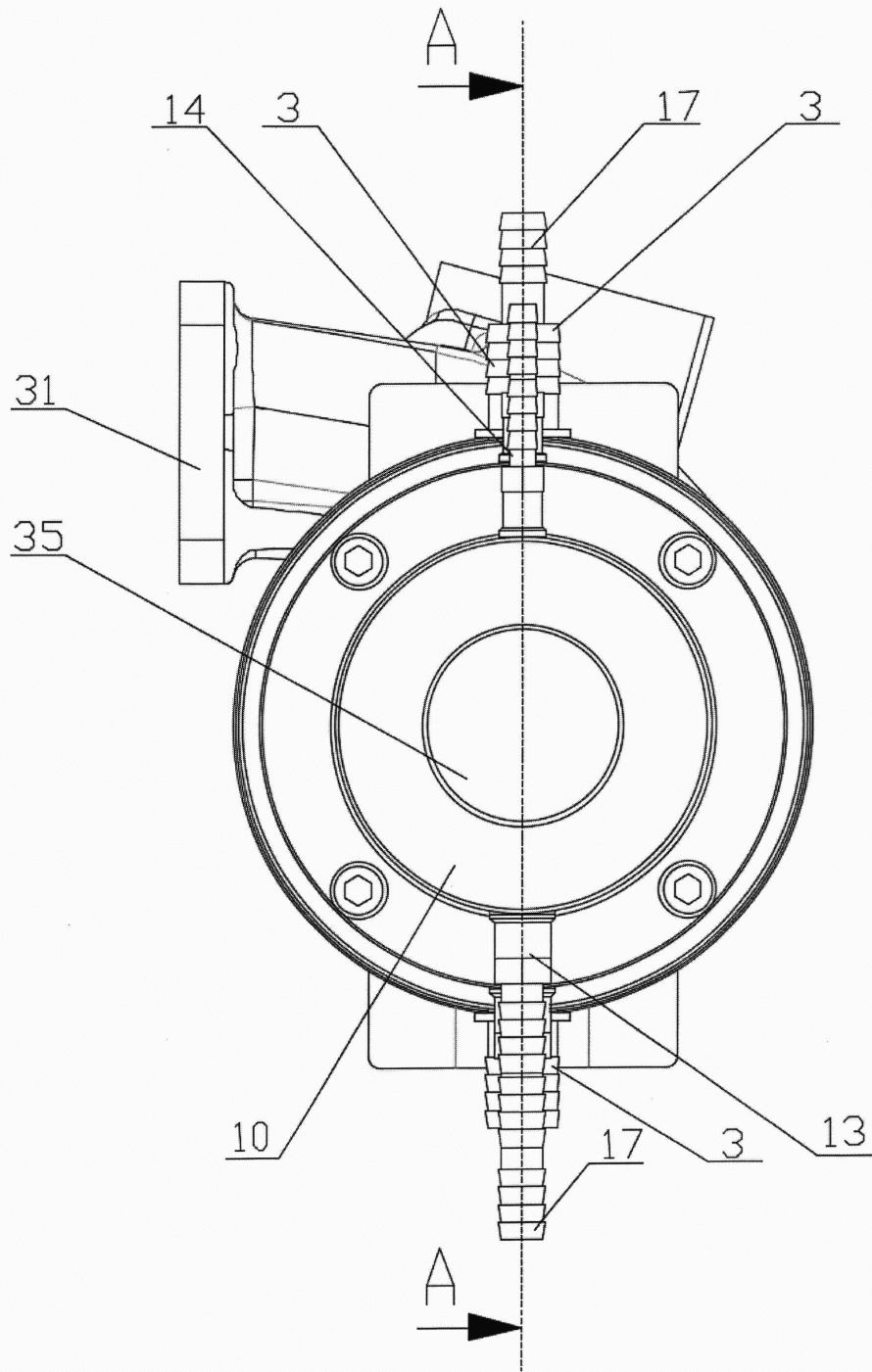


Фиг. 1

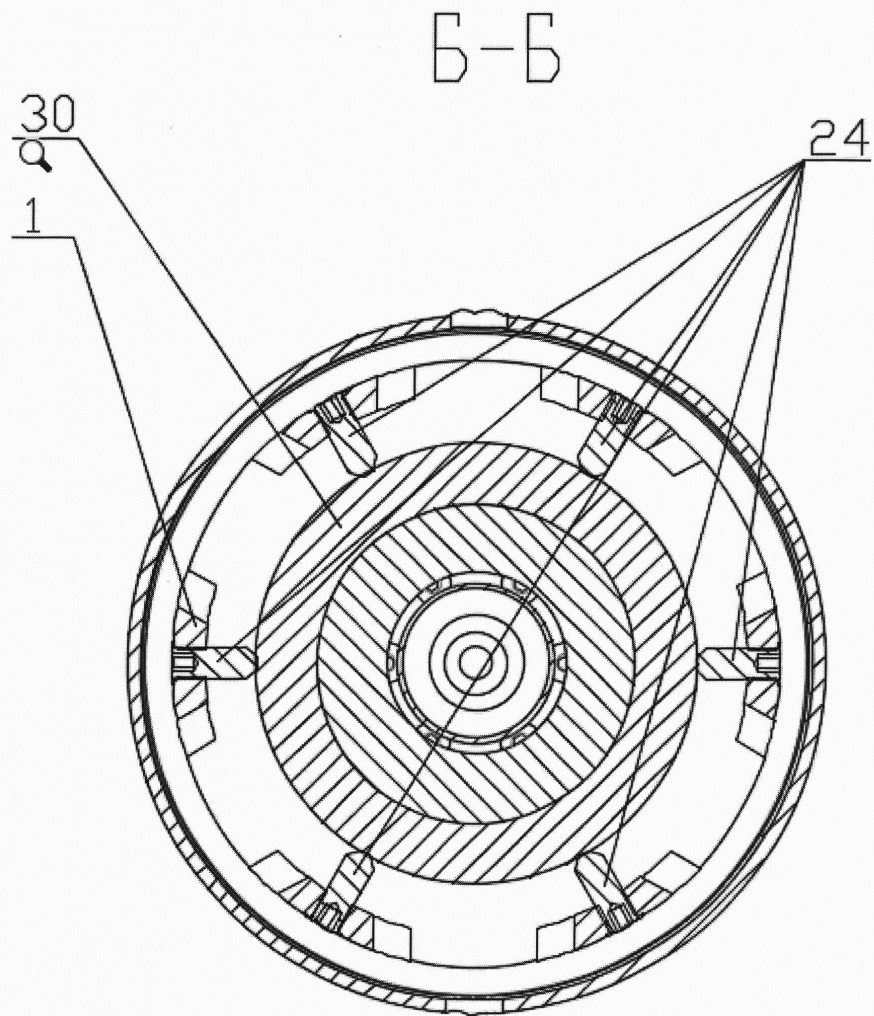
2



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4