

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202000308** (13) **A1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**

(43) Дата публикации заявки
2022.02.24

(51) Int. Cl. **H02K 17/02** (2006.01)
H02K 17/32 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2020.08.11

(54) **АКСИАЛЬНЫЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ ПРИВОД-ГЕНЕРАТОР**

(96) 2020000076 (RU) 2020.08.11

(72) Изобретатель:

(71) Заявитель:
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ "КУБАНСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ" (ФГБОУ ВО
"КубГТУ") (RU)**

**Кашин Яков Михайлович, Варенов
Александр Борисович (RU)**

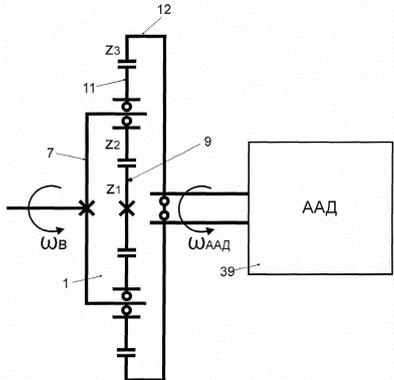
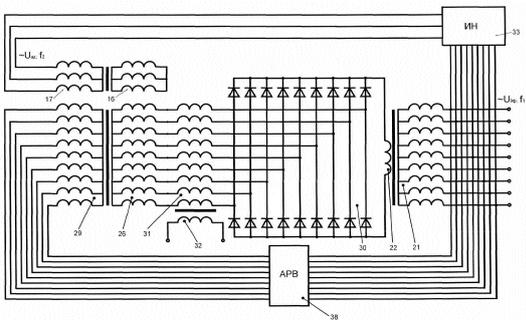
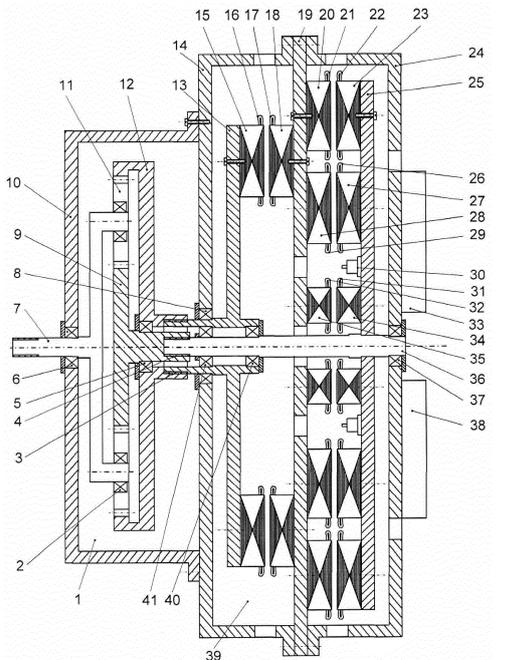
(57) Изобретение относится к электрическим машинам и может быть использовано для преобразования механической энергии вращения в электрическую. Аксиальный дифференциальный привод-генератор содержит автоматический регулятор возбуждения, основной генератор, асинхронный возбудитель, вольтодобавочное устройство, асинхронный двигатель, дифференциальный планетарный редуктор и автономный инвертор, при этом основной генератор состоит из аксиальных магнитопроводов индуктора и якоря, асинхронный возбудитель и вольтодобавочное устройство состоят из аксиальных магнитопроводов статора и ротора каждый, при этом магнитопровод статора вольтодобавочного устройства размещен внутри магнитопровода статора асинхронного возбудителя, который размещен внутри магнитопровода якоря основного генератора, магнитопровод ротора вольтодобавочного устройства размещен внутри магнитопровода ротора асинхронного возбудителя, который размещен внутри магнитопровода индуктора основного генератора, асинхронный двигатель содержит аксиальные магнитопровод статора со статорной обмоткой и магнитопровод ротора с короткозамкнутой роторной обмоткой, а дифференциальный планетарный редуктор содержит водило, солнечную шестерню, сателлит и коронную шестерню, при этом коронная шестерня установлена на валу солнечной шестерни и состыкована с ротором асинхронного двигателя, а водило сопряжено с сателлитом.

A1

202000308

202000308

A1



МПК

H02K 29/00 (2006.01)

H02K 19/38 (2006.01)

H02K 19/36 (2006.01)

H02K 1/06 (2006.01)

Аксиальный дифференциальный привод-генератор

Изобретение относится к электротехнике, в частности, к электрическим машинам переменного тока, и может быть использовано, например, для преобразования механической энергии вращения в электрическую энергию переменного тока.

Известен электромашинный агрегат для получения постоянной частоты (авт. св. № 372637, опубликовано 15.07.1974, авторы Красношапка М.М., Красношапка Д.М.), содержащий синхронный генератор, связанный с валом приводного двигателя через дифференциальный редуктор, регулируемый асинхронной машиной, подключенной параллельно к выходу синхронного генератора. Асинхронная машина в известном агрегате выполнена полюсно-переключаемой и подключена к выходу генератора через регулятор напряжения.

Недостатком известного из авт. св. № 372637 электромашинного агрегата является скачкообразное изменение частоты вращения магнитного поля синхронного генератора при переключении количества пар полюсов, которое приводит к скачкообразному изменению выходного напряжения синхронного генератора электромашинного агрегата.

Наиболее близким к заявляемому изобретению по технической сущности и принятый авторами за прототип является аксиальная многофазная двухвходовая электрическая машина-генератор (патент РФ № 2688923, опубликован 23.05.2019, авторы Кашин Я.М., Кириллов Г.А., Варенов А.Б., Артемьев А.В.), содержащая корпус, возбуждатель и основной генератор, уста-

новленные на одном валу, закрепленном в корпусе генератора в подшипниковых щитах, при этом возбудитель содержит аксиальный магнитопровод статора, и аксиальный магнитопровод ротора, основной генератор состоит из аксиального магнитопровода индуктора основного генератора, в пазы которого уложена однофазная обмотка возбуждения основного генератора, и аксиального магнитопровода с многофазной обмоткой якоря основного генератора, при этом аксиальный магнитопровод статора возбудителя и аксиальный магнитопровод с многофазной обмоткой якоря основного генератора жестко закреплены в корпусе на его боковой поверхности соосно друг другу, а их общей осью симметрии является ось симметрии вала, причем аксиальный магнитопровод статора возбудителя размещен внутри аксиального магнитопровода с многофазной обмоткой якоря основного генератора, а аксиальный магнитопровод ротора возбудителя и аксиальный магнитопровод индуктора основного генератора жестко закреплены на валу посредством диска соосно друг другу, а их общей осью симметрии является ось симметрии вала, причем аксиальный магнитопровод ротора возбудителя размещен внутри аксиального магнитопровода с однофазной обмоткой якоря основного генератора. На наружной боковой стороне корпуса известной аксиальной многофазной двухвходовой электрической машины-генератора жестко закреплен автоматический регулятор возбуждения, вход которого подключен к многофазной обмотке якоря основного генератора, возбудитель выполнен асинхронным, при этом в пазы аксиального магнитопровода статора асинхронного возбудителя уложена многофазная статорная обмотка асинхронного возбудителя, подключенная к выходу автоматического регулятора возбуждения с обратным по отношению к многофазной обмотке якоря основного генератора порядком чередования фаз, в пазы аксиального магнитопровода ротора асинхронного возбудителя уложена многофазная роторная обмотка асинхронного возбудителя, а в корпусе дополнительно установлено вольтодобавочное устройство, состоящее из аксиального магнитопровода ротора, в пазы которого уложена многофазная роторная обмотка, и аксиального магнитопровода ста-

тора, в пазы которого уложена однофазная статорная обмотка, выполненная с возможностью подключения к внешнему источнику постоянного тока, при этом аксиальный магнитопровод статора вольтодобавочного устройства жестко закреплен в корпусе на его боковой поверхности и размещен внутри аксиального магнитопровода статора асинхронного возбудителя соосно с ним, а их общей осью симметрии является ось симметрии вала, при этом аксиальный магнитопровод ротора вольтодобавочного устройства жестко закреплен на валу посредством диска и размещен внутри аксиального магнитопровода ротора асинхронного возбудителя соосно с ним, а их общей осью симметрии является ось симметрии вала, при этом однофазная обмотка возбуждения основного генератора через многофазный двухполупериодный выпрямитель и многофазную роторную обмотку вольтодобавочного устройства подключена к многофазной роторной обмотке асинхронного возбудителя, при этом число пар полюсов многофазной роторной обмотки вольтодобавочного устройства выбрано таким образом, чтобы частота ЭДС, индуцируемой в этой обмотке, была равна частоте ЭДС, индуцируемой в многофазной роторной обмотке асинхронного возбудителя.

Однако недостатком известной из патента РФ № 2688923 аксиальной многофазной двухвходовой электрической машины-генератора является нестабильная частота выходного напряжения, зависящая от частоты вращения приводного вала. Данная электрическая машина-генератор может использоваться только в сети переменного тока нестабильной частоты, либо в сети постоянного тока совместно с выпрямительным устройством.

Вследствие этого для использования указанной электрической машины-генератора в сети переменного тока стабильной частоты необходимо дополнительно устанавливать привод постоянной частоты вращения.

Задачей предполагаемого изобретения является усовершенствование электрической машины-генератора, позволяющее получить электрическую энергию переменного тока стабильной частоты.

Технический результат заявленного изобретения – минимизация разности между фактическим значением частоты выходного напряжения генератора и заданным при изменении частоты вращения приводного вала.

Технический результат изобретения достигается тем, что в аксиальном дифференциальном привод-генераторе, содержащем корпус, автоматический регулятор возбуждения и установленные на одном валу, закрепленном в корпусе в первом и втором подшипниковых узлах, основной генератор, асинхронный возбудитель и вольтодобавочное устройство, при этом основной генератор состоит из аксиального магнитопровода индуктора основного генератора, в пазы которого уложена однофазная обмотка возбуждения основного генератора, и аксиального магнитопровода с многофазной обмоткой якоря основного генератора, асинхронный возбудитель состоит из аксиального магнитопровода статора, в пазы которого уложена многофазная статорная обмотка асинхронного возбудителя, и аксиального магнитопровода ротора, в пазы которого уложена многофазная роторная обмотка асинхронного возбудителя, вольтодобавочное устройство состоит из аксиального магнитопровода ротора, в пазы которого уложена многофазная роторная обмотка, и аксиального магнитопровода статора, в пазы которого уложена однофазная статорная обмотка, выполненная с возможностью подключения к внешнему источнику напряжения постоянного тока, при этом осью симметрии аксиальных магнитопроводов основного генератора, асинхронного возбудителя и вольтодобавочного устройства является ось симметрии вала, а аксиальный магнитопровод статора вольтодобавочного устройства размещен внутри аксиального магнитопровода статора асинхронного возбудителя, аксиальный магнитопровод статора асинхронного возбудителя размещен внутри аксиального магнитопровода с многофазной обмоткой якоря основного генератора, при этом аксиальные магнитопроводы ротора вольтодобавочного устройства, ротора асинхронного возбудителя, и индуктора основного генератора жестко закреплены на валу посредством диска соосно друг другу, аксиальный магнитопровод ротора вольтодобавочного устройства

размещен внутри аксиального магнитопровода ротора асинхронного возбудителя, аксиальный магнитопровод ротора асинхронного возбудителя размещен внутри аксиального магнитопровода с однофазной обмоткой возбуждения основного генератора, при этом ко входу автоматического регулятора возбуждения подключена многофазная обмотка якоря основного генератора, а к его выходу с обратным по отношению к многофазной обмотке якоря основного генератора порядком чередования фаз подключена многофазная статорная обмотка асинхронного возбудителя, при этом однофазная обмотка возбуждения основного генератора через многофазный двухполупериодный выпрямитель и многофазную роторную обмотку вольтодобавочного устройства подключена к многофазной роторной обмотке асинхронного возбудителя, при этом число пар полюсов многофазной роторной обмотки вольтодобавочного устройства выбрано таким образом, чтобы частота ЭДС, индуцируемой в этой обмотке, была равна частоте ЭДС, индуцируемой в многофазной роторной обмотке асинхронного возбудителя, при этом корпус содержит передний, средний и задний щиты, автоматический регулятор возбуждения жестко закрепляют на заднем щите с наружной стороны, аксиальные магнитопроводы статора вольтодобавочного устройства, статора асинхронного возбудителя и якоря основного генератора жестко закрепляют на среднем щите со стороны аксиальных магнитопроводов ротора вольтодобавочного устройства, ротора асинхронного возбудителя, и индуктора основного генератора соответственно, а с противоположной стороны на валу устанавливают трехфазный аксиальный асинхронный двигатель, содержащий жестко закрепленный на среднем щите аксиальный магнитопровод статора трехфазного аксиального асинхронного двигателя, в пазы которого укладывают трехфазную статорную обмотку, и установленный на валу во втором, третьем и четвертом подшипниковых узлах ротор трехфазного аксиального асинхронного двигателя, на котором напротив аксиального магнитопровода статора трехфазного аксиального асинхронного двигателя жестко закрепляют аксиальный магнитопровод ротора трехфазного аксиального

асинхронного двигателя, в пазы которого уложена трехфазная короткозамкнутая роторная обмотка, а на переднем щите корпуса с наружной стороны устанавливают дифференциальный планетарный редуктор, содержащий крышку, водило, солнечную шестерню, сателлит и коронную шестерню, при этом солнечную шестерню дифференциального планетарного редуктора состыковывают с валом посредством первого шлицевого соединения, коронную шестерню дифференциального планетарного редуктора устанавливают на валу солнечной шестерни в пятом подшипниковом узле и состыковывают с ротором трехфазного аксиального асинхронного двигателя посредством второго шлицевого соединения, водило дифференциального планетарного редуктора устанавливают в крышке в шестом подшипниковом узле и посредством седьмого подшипникового узла сопрягают с сателлитом, при этом на заднем щите с наружной стороны жестко закрепляют автономный инвертор напряжения, вход которого подключают на линейное напряжение многофазной обмотки якоря основного генератора, а выход соединяют с трехфазной статорной обмоткой трехфазного аксиального асинхронного двигателя.

Предлагаемое изобретение, выполняя, как и прототип, функцию преобразования механической энергии вращения в электрическую энергию, позволяет получить электрическую энергию переменного тока стабильной частоты.

Получение электрической энергии переменного тока стабильной частоты при изменении частоты вращения приводного вала достигается путем минимизации разности между фактическим значением частоты выходного напряжения генератора и заданным при изменении частоты вращения приводного вала.

Выполнение корпуса, содержащим передний, средний и задний щиты, позволяет разместить на этих щитах устройства, стабилизирующие частоту выходного напряжения при изменении частоты вращения приводного вала, а именно:

- на переднем щите корпуса с наружной стороны устанавливают дифференциальный планетарный редуктор, содержащий крышку, водило, солнечную шестерню, сателлит и коронную шестерню,

- на среднем щите со стороны аксиальных магнитопроводов ротора вольтодобавочного устройства, ротора асинхронного возбудителя, и индуктора основного генератора жестко закрепляют аксиальные магнитопроводы статора вольтодобавочного устройства, статора асинхронного возбудителя и якоря основного генератора соответственно, а с противоположной стороны среднего щита жестко закреплен аксиальный магнитопровод статора трехфазного аксиального асинхронного двигателя, установленного на валу,

- на заднем щите с наружной стороны жестко закреплен автономный инвертор напряжения, и автоматический регулятор напряжения.

Водило дифференциального планетарного редуктора, установленное в крышке в шестом подшипниковом узле и посредством седьмого подшипникового узла сопряженное с сателлитом, позволяет передавать механическую энергию вращения от приводного двигателя на вал не напрямую, а через сателлит и солнечную шестерню дифференциального планетарного редуктора, обеспечивая тем самым возможность получения электрической энергии переменного тока стабильной частоты при изменении частоты вращения приводного вала. Это достигается путем стабилизации частоты вращения вала (ротора) аксиальной многофазной двухвходовой электрической машины-генератора с помощью изменения (стабилизации) частоты вращения вала при изменении частоты вращения вала приводного двигателя и, соответственно, водила.

Подключение входа автономного инвертора напряжения на линейное напряжение многофазной обмотки якоря основного генератора позволяет измерить разность между фактическим значением частоты выходного напряжения генератора и заданным и преобразовать её в управляющее напряжение, необходимое для управления частотой вращения вала трехфазного аксиального асинхронного двигателя с целью изменения через коронную шестер-

ню, сателлиты и солнечную шестерню частоты вращения вала для минимизации отклонения его фактической частоты вращения от заданной и, соответственно минимизации отклонения фактического значения частоты выходного напряжения привод-генератора от заданного.

Подключение выхода автономного инвертора напряжения к трехфазной статорной обмотке, уложенной в пазы аксиального магнитопровода статора трехфазного аксиального асинхронного двигателя, позволяет обеспечить в ней необходимую величину электрических токов, создающих соответствующее вращающееся магнитное поле, пересекающее витки трехфазной короткозамкнутой роторной обмотки, уложенной в пазы аксиального магнитопровода ротора трехфазного аксиального асинхронного двигателя, установленного напротив аксиального магнитопровода статора на валу во втором, третьем и четвертом подшипниковых узлах. Это поле создает в трехфазной короткозамкнутой роторной обмотке электрические токи, которые взаимодействуют с вращающимся магнитным полем, в результате чего возникает вращающий момент, вращающий ротор в направлении и с частотой, необходимыми для минимизации отклонения фактической частоты вращения вала от заданной.

Установка коронной шестерни дифференциального планетарного редуктора на валу солнечной шестерни в пятом подшипниковом узле, состыковка ее с ротором трехфазного аксиального асинхронного двигателя посредством второго шлицевого соединения, позволяет передать посредством второго шлицевого соединения соответствующее по направлению и частоте вращение от ротора трехфазного аксиального асинхронного двигателя через сателлиты на солнечную шестерню дифференциального планетарного редуктора, состыкованную с валом посредством первого шлицевого соединения, благодаря чему возникает возможность стабилизировать частоту вращения вала, а соответственно частоту выходного напряжения.

На фиг. 1 представлен общий вид предлагаемого аксиального дифференциального привод-генератора в разрезе, на фиг. 2 – его электрическая

схема, на фиг. 3 – кинематическая схема дифференциального планетарного редуктора, сочлененного с ротором трехфазного аксиального асинхронного двигателя.

Аксиальный дифференциальный привод-генератор (фиг. 1) содержит корпус, автоматический регулятор возбуждения 38 и установленные на одном валу 36, закрепленном в корпусе в первом 37 и втором 41 подшипниковых узлах, основной генератор, асинхронный возбудитель и вольтодобавочное устройство.

Основной генератор состоит из аксиального магнитопровода 23 индуктора основного генератора, в пазы которого уложена однофазная обмотка 22 возбуждения основного генератора, и аксиального магнитопровода 20 с многофазной обмоткой 21 якоря основного генератора.

Асинхронный возбудитель состоит из аксиального магнитопровода 28 статора, в пазы которого уложена многофазная статорная обмотка 29 асинхронного возбудителя, и аксиального магнитопровода 27 ротора, в пазы которого уложена многофазная роторная обмотка 26 асинхронного возбудителя.

Вольтодобавочное устройство состоит из аксиального магнитопровода 34 ротора, в пазы которого уложена многофазная роторная обмотка 31, и аксиального магнитопровода 35 статора, в пазы которого уложена однофазная статорная обмотка 32, выполненная с возможностью подключения к внешнему источнику напряжения постоянного тока.

Осью симметрии аксиальных магнитопроводов основного генератора, асинхронного возбудителя и вольтодобавочного устройства является ось симметрии вала 36.

Аксиальный магнитопровод 35 статора вольтодобавочного устройства размещен внутри аксиального магнитопровода 28 статора асинхронного возбудителя, аксиальный магнитопровод 28 статора асинхронного возбудителя размещен внутри аксиального магнитопровода 20 с многофазной обмоткой 21 якоря основного генератора.

Аксиальные магнитопроводы ротора вольтодобавочного устройства 34, ротора асинхронного возбудителя 27, и индуктора основного генератора 22 жестко закреплены на валу 36 посредством диска 25 соосно друг другу.

Аксиальный магнитопровод 34 ротора вольтодобавочного устройства размещен внутри аксиального магнитопровода 27 ротора асинхронного возбудителя, аксиальный магнитопровод 27 ротора асинхронного возбудителя размещен внутри аксиального магнитопровода 23 с однофазной обмоткой 22 возбуждения основного генератора.

Ко входу автоматического регулятора возбуждения 38 подключена многофазная обмотка 21 якоря основного генератора, а к его выходу с обратным по отношению к многофазной обмотке 21 якоря основного генератора порядком чередования фаз подключена многофазная статорная обмотка 29 асинхронного возбудителя

Однофазная обмотка 22 возбуждения основного генератора через многофазный двухполупериодный выпрямитель 30 и многофазную роторную обмотку 31 вольтодобавочного устройства подключена к многофазной роторной обмотке 26 асинхронного возбудителя, при этом число пар полюсов многофазной роторной обмотки 31 вольтодобавочного устройства выбрано таким образом, чтобы частота ЭДС, индуцируемой в этой обмотке, была равна частоте ЭДС, индуцируемой в многофазной роторной обмотке асинхронного возбудителя.

Корпус содержит передний 14, средний 19 и задний 24 щиты. Автоматический регулятор возбуждения 38 жестко закреплен на заднем щите 24 с наружной стороны. Аксиальные магнитопроводы статора вольтодобавочного устройства 35 статора асинхронного возбудителя 28 и якоря основного генератора 20 жестко закреплены на среднем щите 19 со стороны аксиальных магнитопроводов ротора вольтодобавочного устройства, ротора асинхронного возбудителя, и индуктора основного генератора соответственно. С противоположной стороны на валу 36 установлен трехфазный аксиальный асинхронный двигатель 39, содержащий жестко закрепленный на среднем

щите 19 аксиальный магнитопровод 18 статора трехфазного аксиального асинхронного двигателя, в пазы которого уложена трехфазная статорная обмотка 17, и установленный на валу 36 во втором 41, третьем 40 и четвертом 8 подшипниковых узлах ротор 13 трехфазного аксиального асинхронного двигателя, на котором напротив аксиального магнитопровода 18 статора трехфазного аксиального асинхронного двигателя 39 жестко закреплен аксиальный магнитопровод 15 ротора трехфазного аксиального асинхронного двигателя, в пазы которого уложена трехфазная короткозамкнутая роторная обмотка 16. На переднем щите 14 корпуса с наружной стороны установлен дифференциальный планетарный редуктор 1, содержащий крышку 10, водило 7, солнечную шестерню 9, сателлит 11 и коронную шестерню 12.

Солнечная шестерня 9 дифференциального планетарного редуктора 1 состыкована с валом 36 посредством первого шлицевого соединения 4.

Коронная шестерня 12 дифференциального планетарного редуктора 1 установлена на валу солнечной шестерни 9 в пятом подшипниковом узле 5 и состыкована с ротором 13 трехфазного аксиального асинхронного двигателя 39 посредством второго шлицевого соединения 3.

Водило 7 дифференциального планетарного редуктора 1 (фиг. 1, 2) установлено в крышке 10 в шестом подшипниковом узле 6 и посредством седьмого подшипникового узла 2 сопряжено с сателлитом 11.

На заднем щите 24 с наружной стороны жестко закреплен автономный инвертор напряжения 33 (фиг. 1, 2), вход которого подключен на линейное напряжение многофазной обмотки 21 якоря основного генератора, а выход соединен с трехфазной статорной обмоткой 17 трехфазного аксиального асинхронного двигателя.

Аксиальный дифференциальный привод-генератор работает следующим образом.

Механическая энергия вращения поступает в привод-генератор от внешнего источника на вал 36, закрепленный в корпусе в первом 37 и втором 41 подшипниковых узлах, через водило 7 установленного на переднем щите

14 корпуса с наружной стороны дифференциального планетарного редуктора 1, установленное в крышке 10 в шестом подшипниковом узле 6 и сопряженное посредством седьмого подшипникового узла 2 с сателлитом 11.

Водило 7 через солнечную шестерню 9 дифференциального планетарного редуктора 1, которая состыкована с валом 36 посредством первого шлицевого соединения 4, приводит вал 36 во вращение.

При вращении вала 36 в начальный момент времени магнитный поток, создаваемый постоянным током однофазной статорной обмотки 32 вольтодобавочного устройства, уложенной в пазы аксиального магнитопровода 35 статора вольтодобавочного устройства, на которую подается напряжение постоянного тока от внешнего источника, наводит ЭДС в многофазной роторной обмотке 31 вольтодобавочного устройства, уложенной в пазы аксиального магнитопровода 34 ротора вольтодобавочного устройства. Эта ЭДС выпрямляется многофазным двухполупериодным выпрямителем 30 и подается на однофазную обмотку 22 возбуждения основного генератора, уложенную в пазы аксиального магнитопровода 23 индуктора основного генератора. Под действием выпрямленной ЭДС по однофазной обмотке 22 возбуждения основного генератора протекает электрический ток, который создаёт магнитный поток.

Магнитный поток однофазной обмотки 22 возбуждения основного генератора взаимодействует с многофазной обмоткой 21 якоря основного генератора, уложенной в пазы аксиального магнитопровода 20, и наводит в ней многофазную систему ЭДС, которая через автоматический регулятор возбуждения (АРВ) 38, жестко закрепленный на заднем щите 24 с наружной стороны, подается на многофазную статорную обмотку 29 асинхронного возбудителя, уложенную в пазы аксиального магнитопровода 28 статора асинхронного возбудителя. Под действием этой многофазной ЭДС по многофазной статорной обмотке 29 асинхронного возбудителя протекает электрический ток, который создает вращающееся магнитное поле. Так как многофазная статорная обмотка 29 асинхронного возбудителя подключена

через автоматический регулятор возбуждения 38 к многофазной обмотке 21 якоря основного генератора с обратным по отношению к ней чередованием фаз, то магнитное поле, создаваемое током, протекающим по многофазной статорной обмотке 29 асинхронного возбудителя, и многофазная роторная обмотка 26 асинхронного возбудителя, уложенная в пазы аксиального магнитопровода 27 ротора асинхронного возбудителя, вращаются в разные стороны. Асинхронный возбудитель работает в режиме асинхронного преобразователя частоты со скольжением, большим единицы. Вращающееся магнитное поле многофазной статорной обмотки 29 асинхронного возбудителя взаимодействует с многофазной роторной обмоткой 26, уложенной в пазы аксиального магнитопровода 27 ротора асинхронного возбудителя, жестко закрепленного на валу 36 посредством диска 25 соосно с аксиальным магнитопроводом 23 индуктора основного генератора, и наводит в ней многофазную систему ЭДС повышенной частоты. Эта ЭДС суммируется с ЭДС многофазной роторной обмотки 31 вольтодобавочного устройства, уложенной в пазы аксиального магнитопровода ротора 34 вольтодобавочного устройства. Суммарная ЭДС выпрямляется многофазным двухполупериодным выпрямителем 30 и подается на однофазную обмотку 21 возбуждения основного генератора, уложенную в пазы аксиального магнитопровода 20 индуктора основного генератора. Под действием этой суммарной выпрямленной ЭДС по однофазной обмотке 22 возбуждения основного генератора протекает электрический ток, который создаёт магнитный поток.

Магнитный поток однофазной обмотки 22 возбуждения основного генератора взаимодействует с многофазной обмоткой 21 якоря основного генератора, уложенной в пазы аксиального магнитопровода 20, и индуцирует в ней многофазную систему ЭДС, которая через автоматический регулятор возбуждения 38 подается на многофазную статорную обмотку 29 асинхронного возбудителя, при этом по ней протекает электрический ток, который создает вращающееся магнитное поле. Процесс возбуждения основного генератора продолжается до тех пор, пока напряжение многофазной об-

мотки 21 якоря основного генератора, уложенной в пазы аксиального магнитопровода 22, не станет равным номинальному значению. После этого многофазная обмотка 21 якоря основного генератора, уложенная в пазы аксиального магнитопровода 22, подключается к внешней сети.

Вращение коронной шестерни 12 дифференциального планетарного редуктора 1 осуществляется установленным на валу 36 во втором 41, третьем 40 и четвертом 8 подшипниковых узлах ротором 13 трехфазного аксиального асинхронного двигателя 39, с которым она состыкована посредством второго шлицевого соединения 3.

Стабилизация величины $U_{9\phi}$ выходного напряжения (фиг. 2) осуществляется следующим образом. Выходное напряжение $U_{9\phi}$ снимается с многофазной обмотки 21 якоря основного генератора и подается в сеть и на вход автоматического регулятора возбуждения 38. С выхода автоматического регулятора возбуждения 38 выходное напряжение $U_{9\phi}$ подается на многофазную статорную обмотку 29 асинхронного возбудителя. При изменении выходного напряжения $U_{9\phi}$ по величине изменяется величина выходного напряжения автоматического регулятора возбуждения 38 и соответственно величина электрического тока, протекающего в многофазной статорной обмотке 29 асинхронного возбудителя. Соответственно изменяется создаваемый этим электрическим током магнитный поток, который взаимодействует с многофазной роторной обмоткой 26 асинхронного возбудителя. Вследствие этого наводимая этим магнитным потоком в многофазной роторной обмотке 26 асинхронного возбудителя ЭДС изменяется. Эта ЭДС выпрямляется многофазным двухполупериодным выпрямителем 30 и подается на однофазную обмотку возбуждения 22 основного генератора. Величина постоянного тока, протекающего в однофазной обмотке возбуждения 22 основного генератора изменяется, вызывая изменение индуктируемого этим током магнитного потока возбуждения основного генератора и, соответственно изменение наводимого этим магнитным потоком ЭДС в многофазной обмотке 21 якоря основного

генератора. Выходное напряжение $U_{9\phi}$, снимаемое с многофазной обмотки 21 якоря основного генератора, становится равным заданному.

Стабилизация частоты f_1 выходного напряжения $U_{9\phi}$ (фиг. 2, 3) осуществляется следующим образом. При изменении частоты вращения ω_b водила 7 дифференциального планетарного редуктора 1 изменяется частота вращения вала 36 с установленным на нем аксиальными магнитопроводом 23 индуктора основного генератора с однофазной обмоткой 22 возбуждения основного генератора. Вследствие этого частота ЭДС, наводимой в многофазной обмотке 21 якоря основного генератора, а, соответственно, и частота f_1 выходного напряжения $U_{9\phi}$ изменяется.

Линейное напряжение многофазной обмотки 21 якоря основного генератора подается на вход инвертора напряжения 33 (ИН). В инверторе напряжения 33 осуществляется сравнение фактического значения частоты выходного напряжения с заданным. На выходе инвертора напряжения 33 формируется сигнал управления (напряжение $U_{ад}$ заданной частоты f_2 , величина которого для получения высоких энергетических показателей трехфазного асинхронного двигателя 39 изменяется в соответствии с законом регулирования $U_{ад}/f_2 = \text{const}$. (А.В. Иванов-Смоленский, Электрические машины, том 1, Машины переменного тока, Москва: Издательский дом МЭИ, 2006, с. 575). Это напряжение с выхода инвертора напряжения 33 поступает на трехфазную статорную обмотку 17, уложенную в пазы жестко закрепленного на среднем щите 19 аксиального магнитопровода 18 трехфазного аксиального асинхронного двигателя 39.

Частота f_2 и величина напряжения $U_{ад}$, приложенного к трехфазной статорной обмотке 17 трехфазного аксиального асинхронного двигателя 39, изменяются.

Под действием напряжения $U_{ААД}$ в трехфазной статорной обмотке 17 протекают электрические токи, которые создают вращающееся магнитное поле, пронизывающее витки трехфазной короткозамкнутой роторной обмотки 16, уложенной в пазы аксиального магнитопровода 15 ротора трехфазно-

го аксиального асинхронного двигателя 39. Под действием этого магнитного поля в трехфазной короткозамкнутой роторной обмотке 16 индуцируется ЭДС, под действием которой в трехфазной короткозамкнутой роторной обмотке 16 протекают электрические токи. Взаимодействие этих токов с вращающимся магнитным полем, созданным электрическими токами, протекающими в трехфазной статорной обмотке 17, вызывает возникновение вращающего электромагнитного момента, под действием которого ротор 13 трехфазного аксиального асинхронного двигателя 39, приходит во вращении. Направление и частота вращения ротора 13 зависят от частоты f_2 и величины напряжения $U_{Ад}$, приложенного к трехфазной статорной обмотке 17 трехфазного аксиального асинхронного двигателя 39, таким образом, что частота вращения $\omega_{ад}$ ротора 13 трехфазного аксиального асинхронного двигателя 39 изменяется в сторону уменьшения или увеличения в зависимости от характера изменения частоты вращения вала 36.

Изменение частоты вращения ротора 13 трехфазного аксиального асинхронного двигателя 39 приводит к изменению частоты вращения связанной с ним посредством второго шлицевого соединения 3 коронной шестерни 12 (фиг. 1, 3) дифференциального планетарного редуктора 1. Вследствие этого изменится частота вращения солнечной шестерни 9 (фиг. 1), установленной на валу 36 в пятом подшипниковом узле 5, и, соответственно, изменится до заданного значения частота вращения связанного с ней посредством второго шлицевого соединения 3 вала 36. Значение частоты f_1 выходного напряжения $U_{9ф}$ становится равным заданному.

Таким образом, трехфазный аксиальный асинхронный двигатель 39 осуществляет докрутку вала 36 с установленными на нем элементами магнитной системы привод-генератора (аксиальных магнитопроводов асинхронного возбуждателя, вольтодобавочного устройства и основного генератора с уложенными в их пазы соответствующими обмоткам) при уменьшении частоты f_1 выходного напряжения $U_{9ф}$ или его торможение при увеличении частоты f_1 .

Достоинствами предлагаемого аксиального дифференциального привод-генератора перед известным электромашинным агрегатом получения постоянной частоты, принятым за аналог, является плавное регулирование частоты во всем диапазоне регулирования и работа асинхронного двигателя без превышения допустимой мощности потерь за счет использования частотного регулирования его частоты вращения, которое обеспечивает минимальное скольжение. В то время как в электромашинном агрегате, принятым за аналог, для увеличения частоты вращения магнитного поля генератора и снижения при этом скольжения асинхронной машины производится переключение числа ее пар полюсов и ступенчатое увеличение частоты.

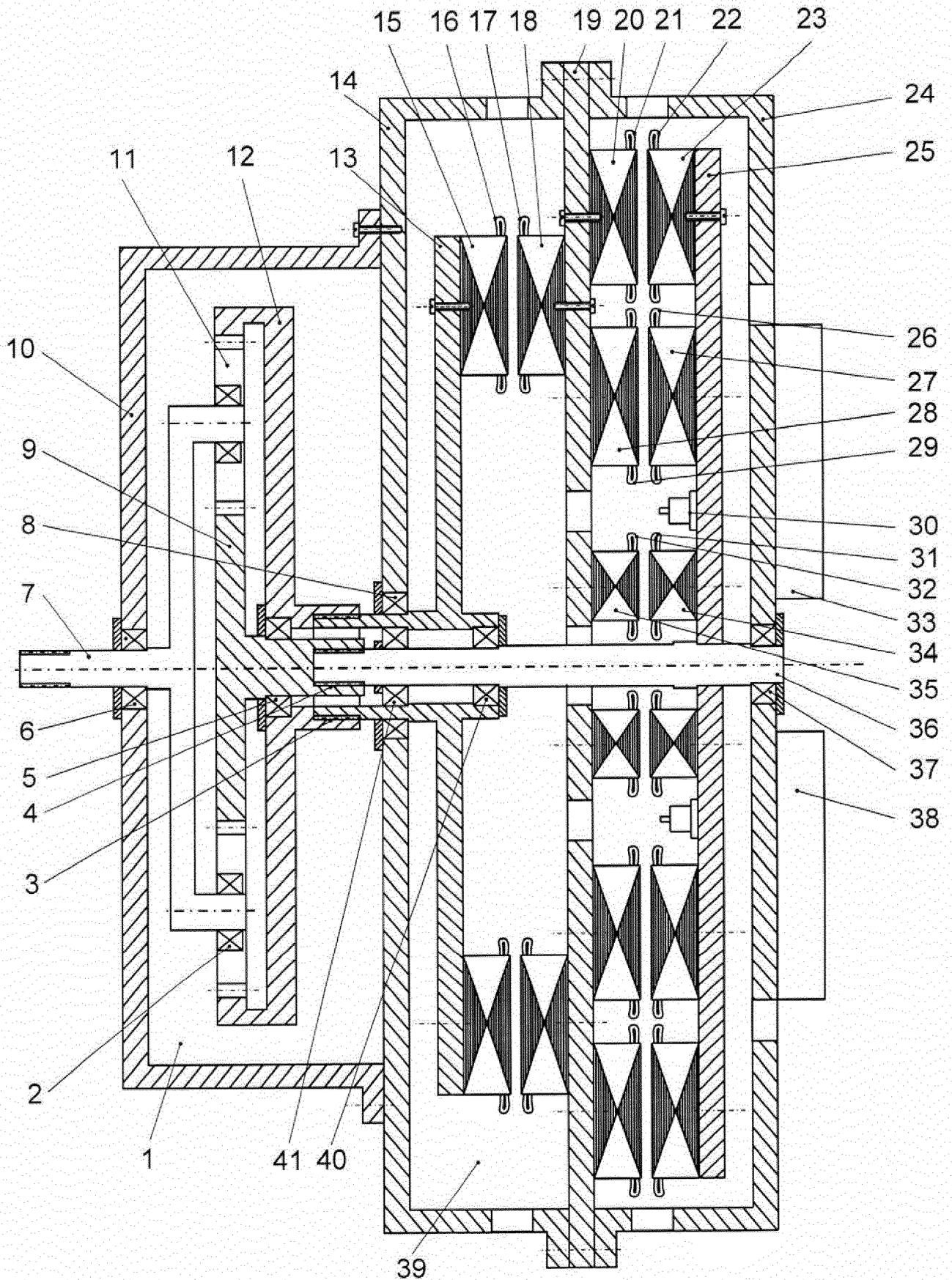
Формула изобретения

1. **Аксиальный дифференциальный привод-генератор**, содержащий корпус, автоматический регулятор возбуждения и установленные на одном валу, закрепленном в корпусе в первом и втором подшипниковых узлах, основной генератор, асинхронный возбудитель и вольтодобавочное устройство, при этом основной генератор состоит из аксиального магнитопровода индуктора основного генератора, в пазы которого уложена однофазная обмотка возбуждения основного генератора, и аксиального магнитопровода с многофазной обмоткой якоря основного генератора, асинхронный возбудитель состоит из аксиального магнитопровода статора, в пазы которого уложена многофазная статорная обмотка асинхронного возбудителя, и аксиального магнитопровода ротора, в пазы которого уложена многофазная роторная обмотка асинхронного возбудителя, вольтодобавочное устройство состоит из аксиального магнитопровода ротора, в пазы которого уложена многофазная роторная обмотка, и аксиального магнитопровода статора, в пазы которого уложена однофазная статорная обмотка, выполненная с возможностью подключения к внешнему источнику напряжения постоянного тока, при этом осью симметрии аксиальных магнитопроводов основного генератора, асинхронного возбудителя и вольтодобавочного устройства является ось симметрии вала, а аксиальный магнитопровод статора вольтодобавочного устройства размещен внутри аксиального магнитопровода статора асинхронного возбудителя, аксиальный магнитопровод статора асинхронного возбудителя размещен внутри аксиального магнитопровода с многофазной обмоткой якоря основного генератора, при этом аксиальные магнитопроводы ротора вольтодобавочного устройства, ротора асинхронного возбудителя, и индуктора основного генератора жестко закреплены на валу посредством диска соосно друг другу, аксиальный магнитопровод ротора вольтодобавочного устройства размещен внутри аксиального магнитопровода ротора асинхронного возбудителя, ак-

сиальный магнитопровод ротора асинхронного возбудителя размещен внутри аксиального магнитопровода с однофазной обмоткой возбуждения основного генератора, при этом ко входу автоматического регулятора возбуждения подключена многофазная обмотка якоря основного генератора, а к его выходу с обратным по отношению к многофазной обмотке якоря основного генератора порядком чередования фаз подключена многофазная статорная обмотка асинхронного возбудителя, при этом однофазная обмотка возбуждения основного генератора через многофазный двухполупериодный выпрямитель и многофазную роторную обмотку вольтодобавочного устройства подключена к многофазной роторной обмотке асинхронного возбудителя, при этом число пар полюсов многофазной роторной обмотки вольтодобавочного устройства выбрано таким образом, чтобы частота ЭДС, индуктируемой в этой обмотке, была равна частоте ЭДС, индуктируемой в многофазной роторной обмотке асинхронного возбудителя, отличающийся тем, что корпус содержит передний, средний и задний щиты, при этом автоматический регулятор напряжения жестко закреплен на заднем щите с наружной стороны, аксиальные магнитопроводы статора вольтодобавочного устройства, статора асинхронного возбудителя и якоря основного генератора жестко закреплены на среднем щите со стороны аксиальных магнитопроводов ротора вольтодобавочного устройства, ротора асинхронного возбудителя, и индуктора основного генератора соответственно, а с противоположной стороны на валу установлен трехфазный аксиальный асинхронный двигатель, содержащий жестко закрепленный на среднем щите аксиальный магнитопровод статора трехфазного аксиального асинхронного двигателя, в пазы которого уложена трехфазная статорная обмотка, и установленный на валу во втором, третьем и четвертом подшипниковых узлах ротор трехфазного аксиального асинхронного двигателя, на котором напротив аксиального магнитопровода статора трехфазного аксиального асинхронного двигателя жестко закреплен аксиальный магнитопровод ротора трехфазного аксиального

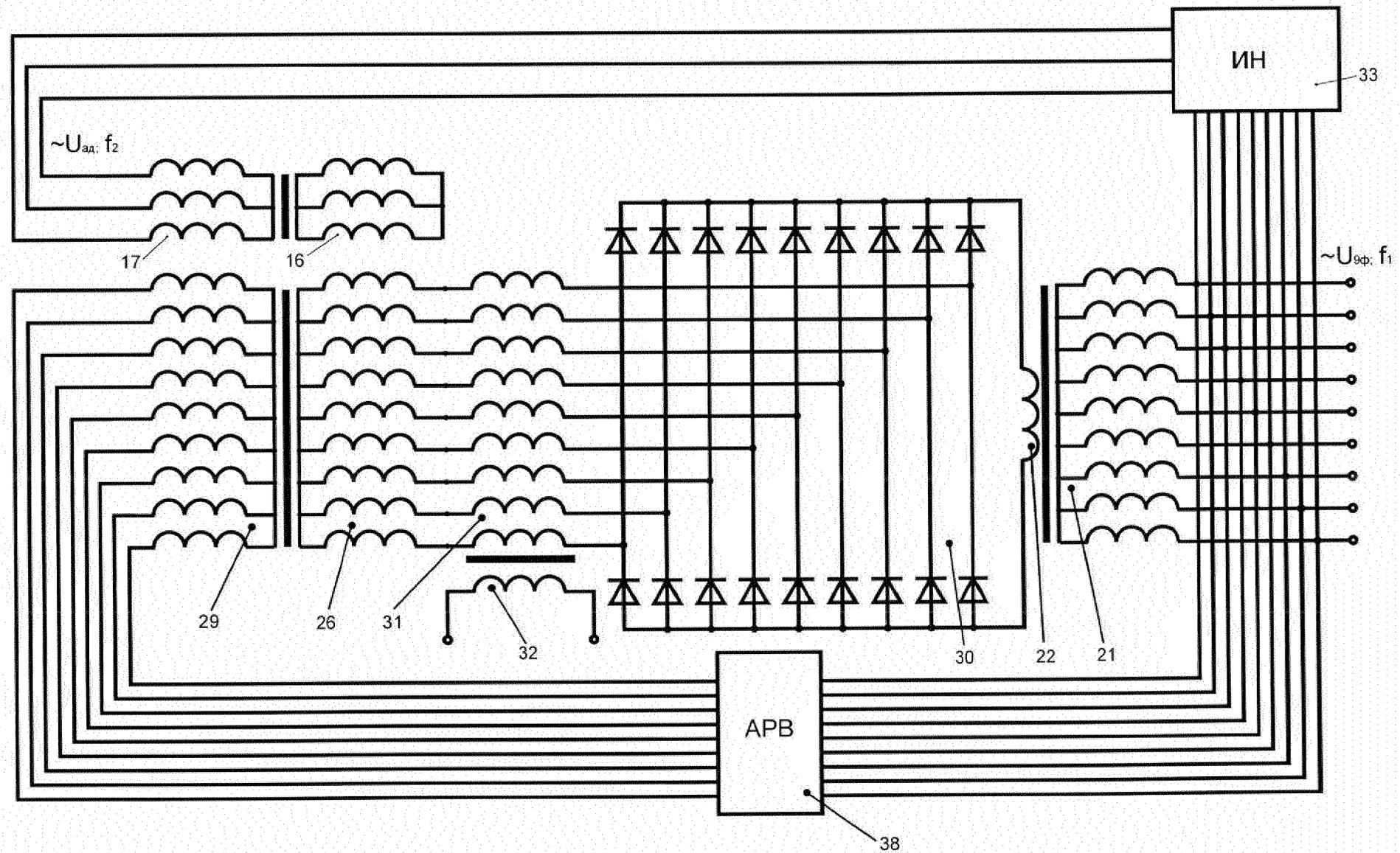
асинхронного двигателя, в пазы которого уложена трехфазная короткозамкнутая роторная обмотка, а на переднем щите корпуса с наружной стороны установлен дифференциальный планетарный редуктор, содержащий крышку, водило, солнечную шестерню, сателлит и коронную шестерню, при этом солнечная шестерня дифференциального планетарного редуктора состыкована с валом посредством первого шлицевого соединения, коронная шестерня дифференциального планетарного редуктора установлена на валу солнечной шестерни в пятом подшипниковом узле и состыкована с ротором трехфазного аксиального асинхронного двигателя посредством второго шлицевого соединения, водило дифференциального планетарного редуктора установлено в крышке в шестом подшипниковом узле и посредством седьмого подшипникового узла сопряжено с сателлитом, при этом на заднем щите с наружной стороны жестко закреплен автономный инвертор напряжения, вход которого подключен на линейное напряжение многофазной обмотки якоря основного генератора, а выход соединен с трехфазной статорной обмоткой трехфазного аксиального асинхронного двигателя.

Аксиальный дифференциальный привод-генератор



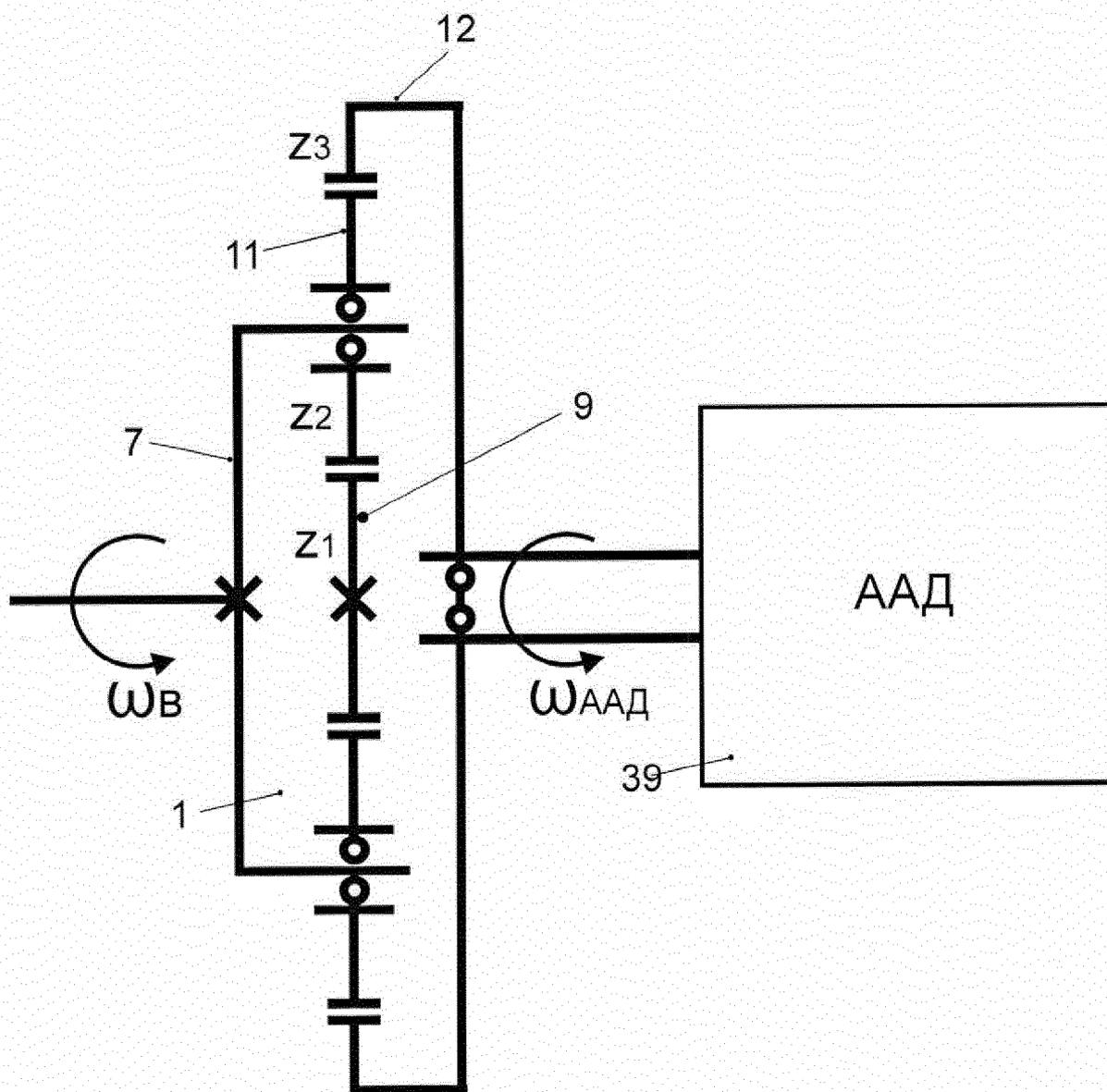
Фиг. 1

Аксиальный дифференциальный привод-генератор



Фиг. 2

Аксиальный дифференциальный привод-генератор



Фиг. 3

ОТЧЕТ О ПАТЕНТНОМ ПОИСКЕ
(статья 15(3) ЕАПК и правило 42 Патентной инструкции к ЕАПК)

Номер евразийской заявки:

202000308

А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:

H02K 17/02 (2006.01)

H02K 17/32 (2006.01)

Согласно Международной патентной классификации (МПК)

Б. ОБЛАСТЬ ПОИСКА:

Просмотренная документация (система классификации и индексы МПК)

H02K 17/02, 17/32, 16/02, 19/38, 19/36, 47/06, 3/22, 29/00, 47/00, 9/00, 1/32, 1/20, 9/09, H02J 1/10, 9/08, G05F 1/70

Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, используемые поисковые термины)
EAPATIS, Espacenet

В. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ

Категория*	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
A	RU 2 589 730 C1 (ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ" (ФГБОУ ВО "КубГТУ")), 10.07.2016, описание, фиг. 1	1
A	RU 2 623 214 C1 (ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ" (ФГБОУ ВО "КубГТУ")), 23.06.2017, описание, фиг. 1, 2	1
A	RU 2 633 359 C1 (ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ" (ФГБОУ ВО "КубГТУ")), 12.10.2017, описание, фиг. 1, 2	1
A	US 6897581 B2 (HONEYWELL INTERNATIONAL INC.), 24.05.2005, описание, фиг. 3	1
A	US 6023152 A (PILLER-GMBH), 08.02.2000, описание, фиг. 1, 2	1

последующие документы указаны в продолжении

* Особые категории ссылочных документов:

«А» - документ, определяющий общий уровень техники

«D» - документ, приведенный в евразийской заявке

«E» - более ранний документ, но опубликованный на дату подачи евразийской заявки или после нее

«O» - документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д.

"P" - документ, опубликованный до даты подачи евразийской заявки, но после даты испрашиваемого приоритета"

«Т» - более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения

«X» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну или изобретательский уровень, взятый в отдельности

«Y» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий изобретательский уровень в сочетании с другими документами той же категории

«&» - документ, являющийся патентом-аналогом

«L» - документ, приведенный в других целях

Дата проведения патентного поиска: **05/04/2021**

Уполномоченное лицо:

Заместитель начальника отдела механики,
физики и электротехники


Д.Ф. Крылов