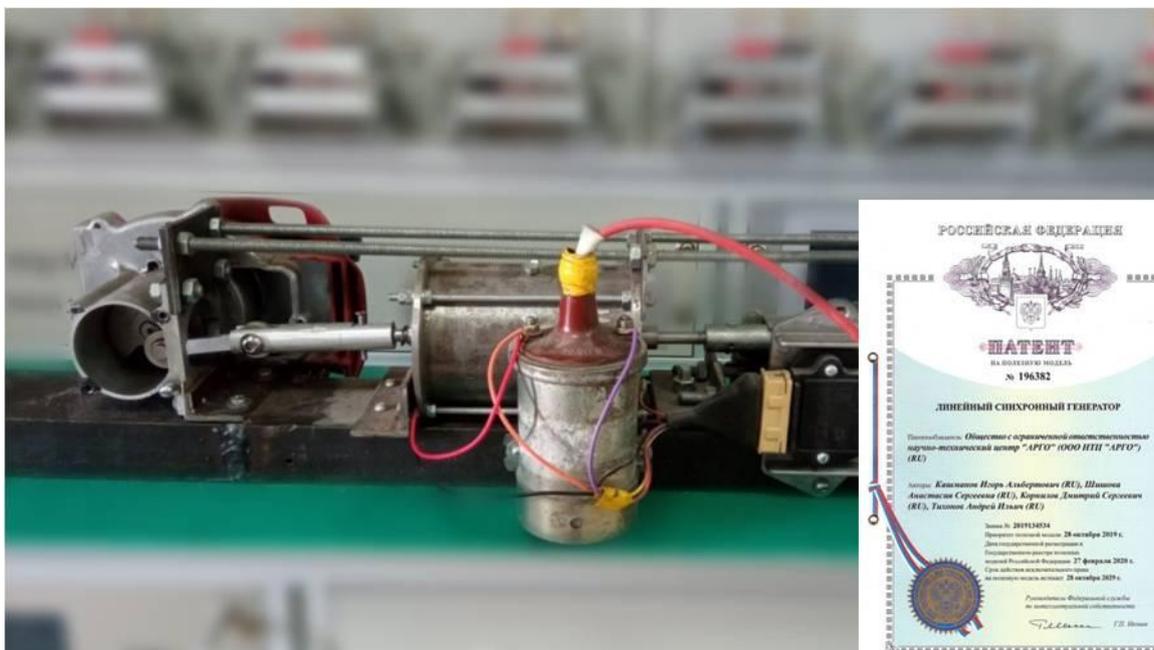


Прорывная технология экономии энергии и повышения эффективности двигателя на основе линейного синхронного генератора ООО НТЦ “Арго”

В 2019 году ООО НТЦ “Арго” запатентовало полезную модель линейного синхронного генератора, которая использует прорывную технологию экономии энергии и повышения мощности двигателя через использование свободнопоршневого линейного синхронного генератора.



Полезная модель линейного синхронного генератора ООО НТЦ “Арго” относится к области электротехники, а именно к линейным генераторам электрической энергии, и предназначена для использования в качестве автономных источников энергии.

Посмотреть патент можно по ссылкам:

- https://yandex.ru/patents/doc/RU196382U1_20200227
- <https://patents.google.com/patent/RU196382U1/ru?q=196382>)

Впервые широкой публике показатели двигателя были представлены на международном форуме “Армия 2023”, где обозначился серьезный интерес к разработке. Этот малогабаритный (масштабируемый), надежный и “всеядный” автономный генератор может найти применение в системах электроснабжения, в автомобилях и даже БПЛА.

Общую идею линейного синхронного генератора можно представить следующим образом. В металлическом цилиндре движутся навстречу внутренние противоположные (оппозитные) цилиндрические поршни. С разных сторон цилиндра установлены



инжекторы для впрыска топлива, а также впускные и выпускные порты для впуска и выпуска газов, также в зависимости от вида топлива могут добавляться свечи зажигания.

Генератор имеет модульную конструкцию, каждый модуль состоит из П-образных шихтованных сердечников, охватывающих коаксиальную кольцевую катушку, и расположенных на стальном немагнитном валу кольцевых стальных массивных магнитных полюсов и высококоэрцитивных кольцевых постоянных магнитов с аксиальной намагниченностью, модули оснащены фигурными скобами и ориентируются друг относительно друга со смещением. Технический результат: повышение энергоэффективности, повышение удельной мощности линейного синхронного генератора.

Почему такой генератор позволяет сэкономить топливо и повысить мощность линейного синхронного генератора:

- Избавившись от кривошипно-шатунного механизма двигателя со свободным поршнем имеет более высокий КПД из-за того, что кривошипно-шатунный механизм может вызывать потери энергии через трение и неоптимальное движение.
- Двигатель имеет более компактный размер из-за линейного расположения поршней.
- Могут быть более гибкими в отношении используемого топлива из-за их особенной конструкции и принципа работы, они не требуют сложных систем подачи топлива и зажигания, что упрощает адаптацию к различным видам топлива.
- Простота, надёжность в конструкции и в производстве из-за её линейности, простота в производстве.

Линейный синхронный генератор, включающий в себя стальной немагнитный вал транслятора, линейные подшипники, передний и задний фланцы, цилиндрический корпус, немагнитные непроводящие распорные втулки, стальные массивные магнитные полюса транслятора, П-образные шихтованные сердечники статора, кольцевые катушки статора, фигурные скобы, отличается тем, что генератор выполняется из однотипных модулей, собираемых в едином корпусе, причем каждый модуль содержит статор, состоящий из стандартных П-образных шихтованных сердечников, охватывающих коаксиальную кольцевую катушку, и транслятор, состоящий из расположенных на стальном немагнитном валу кольцевых стальных массивных магнитных полюсов и высококоэрцитивных кольцевых постоянных магнитов с аксиальной намагниченностью, а также фигурные скобы, расположенные в аксиальных вентиляционных каналах между П-образными сердечниками и предназначенные для турбулизации потоков охлаждающего газа и интенсификации отвода тепловой мощности с поверхностей катушек и П-образных сердечников, для чего модули в корпусе ориентируются друг относительно друга с небольшим постоянным смещением 10-15 градусов.

Известен линейный генератор постоянного тока с приводом от свободнопоршневого двигателя внутреннего сгорания, содержащий корпус с размещенными в нем статорной обмоткой возбуждения и якорь с постоянными магнитами, например неодимовыми, которые по числу и размерам соответствуют катушкам или катушечным группам статорной обмотки, а также датчики контроля положения якоря и электронную систему



управления, содержащую ряд функциональных блоков, обеспечивающих требуемый алгоритм его работы. - Свидетельство РФ на полезную модель № RU 143160 U1, 2013 г.

Недостатком известного линейного генератора постоянного тока является ряд конструктивных просчетов, не позволяющих получить высокие удельные и мощностные характеристики. Магнитная цепь статора представляет собой массивные нешихтованные кольца и тонкостенный массивный корпус, что приводит к появлению значительных вихревых токов в сердечнике статора, снижению результирующего магнитного потока, электромагнитной силы и полезной мощности генератора. Кольцевые постоянные магниты с аксиальной намагниченностью расположены на стальном магнитном штоке, в результате значительная часть магнитного потока постоянных магнитов замыкается по штоку, являясь потоком рассеяния, что ухудшает степень использования постоянных магнитов и значительно снижает выходную мощность генератора. Расположение поршней СПД на одном штоке с постоянными магнитами генератора и непосредственный контакт цилиндров СПД с корпусом статора генератора затрудняют обеспечение необходимого теплового режима работы генератора, что выразится в малой удельной мощности генератора и малом сроке службы.

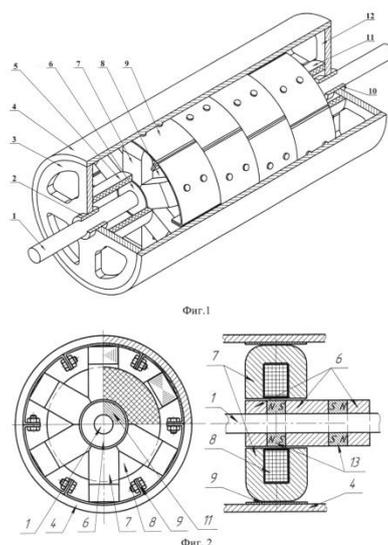
Известен также линейный электрический генератор, который содержит корпус, смонтированную в нем электромагнитную систему с несколькими расположенными на каркасе из немагнитного материала в ряд кольцевыми индуктивными катушками, генерирующий магнитный сердечник, установленный с возможностью возвратно-поступательного движения его внутри каркаса с кольцевыми индуктивными катушками. Магнитный сердечник содержит, как минимум, два кольцевых постоянных магнита с осевой намагниченностью, зафиксированных на оси из немагнитного материала с расположением навстречу друг другу одноименными полюсами, а число кольцевых индуктивных катушек на единицу больше числа постоянных магнитов - свидетельство РФ на полезную модель № RU 83373 U1, 2008 г. Недостатком его является неоптимальная конструкция магнитной системы. Отсутствие магнитных проставок между постоянными магнитами значительно уменьшает поток возбуждения. Кольцевые катушки расположены на каркасе из немагнитного материала, что уменьшает полезный магнитный поток, индуцируемую в катушках ЭДС и выходную мощность генератора.

В представленном устройстве указанные недостатки прототипа устранены.

На чертеже (фиг. 1) представлен линейный генератор, который содержит стальной немагнитный вал 1 транслятора, линейные подшипники 2 и 10, передний 3 и задний 12 фланцы, цилиндрический корпус 4, немагнитные непроводящие распорные втулки 5 и 11, стальные массивные магнитные полюса транслятора 6, П-образные шихтованные сердечники 7 статора, кольцевые катушки 8 статора, фигурные скобы 9.

На Фиг. 2 представлены вид спереди модуля синхронного линейного генератора с местным вырезом и продольное сечение модуля со следующими условными обозначениями:





- 1 - стальной немагнитный вал транслятора;
- 4 - цилиндрический корпус;
- 6 - стальные массивные магнитные полюса транслятора;
- 7 - П-образные шихтованные сердечники статора;
- 8 - кольцевая катушка статора;
- 9 - фигурные скобы;
- 13 - кольцевой постоянный магнит с осевой намагниченностью.

Генератор ООО НТЦ “Арго” работает со следующими особенностями и следующим образом.

Приводной механизм совершает колебательные движения вала 1 с расположенными на нем полюсами 6 и постоянными магнитами 13. При линейном перемещении полюсной системы транслятора относительно П-образных сердечников магнитопровода статора изменяются как значение, так и направление магнитного потока, проходящего через магнитопровод статора, изменяется потокосцепление этого магнитного потока с катушкой 8, в результате согласно закону электромагнитной индукции в катушке индуцируется переменная ЭДС. Применение стандартных П-образных сердечников из электротехнической трансформаторной стали позволяет снизить потери в стали, конструкция статора с катушкой, охватываемой П-образными сердечниками, минимизирует потоки рассеяния и повышает эффективность работы генератора. Рациональный выбор размеров стальных полюсов и постоянных магнитов транслятора позволяет получить форму ЭДС, близкую к синусоиде. Фигурные скобы, расположенные



в аксиальных вентиляционных каналах между П-образными сердечниками, интенсифицируют отвод тепловой мощности с поверхностей катушек и П-образных сердечников. Модульность конструкции генератора позволяет легко масштабировать проект, упрощает сборочные работы, ремонт и обслуживание генератора.

Таким образом, в предлагаемом устройстве задачи энергоэффективности и повышения удельной мощности решены за счет рациональной конструкции магнитной системы, интенсификации охлаждения активных частей генератора. Все это говорит о решении поставленных задач.

Но и при использовании мощных магнитов некоторые проблемы управления поршнем остаются. Их решение представляет собой серьезную техническую сложность и как появление мощных магнитов привело к улучшению контроля положения и скорости поршня, что повлияло на процесс генерации энергии, так развитие электроники может повлиять на решение проблем в нестабильности движения поршня и регулирования верхней мёртвой точки каждого из поршней.

Верхняя мертвая точка зависит от степени сжатия и скорости сгорания топливного заряда, и торможение поршня происходит за счет создания критического давления в камере и последующего самопроизвольного возгорания смеси. В отличие от обычных двигателей внутреннего сгорания, линейный генератор имеет плавающую верхнюю мертвую точку и длительность тактов. Малейшие ошибки в дозировке топливного заряда или нестабильность режима сгорания могут привести к остановке поршня или удару в боковые стенки.

В конечном итоге, современные процессоры, развитие искусственного интеллекта, технологий Big Data обладают значительной мощностью и уже массово доступны, а движение поршня можно регулировать программно-электронно с использованием магнитных катушек цилиндра.

Концепция двигателя с линейным генератором имеет потенциал для использования в различных секторах, и прежде всего в автомобильной промышленности и производстве беспилотных летательных аппаратов. В зарубежных источниках линейные генераторы известны как свободнопоршневые линейные генераторы (free piston engine linear generator (FPELG), free Piston Linear Generator (FPLG) или free piston engine (FPE)). О том, что автомобильный двигатель на основе свободнопоршневого линейного генератора изменит автомобильную промышленность в 2023 году сказал генеральный директор фирмы Toyota Кодзи Сато (выступление: [Toyota CEO "Our New W-Piston Engine Will Change The Car Industry" - YouTube](#)).

Также в своём выступлении Кодзи Сато говорит о том, что экономия топлива при использовании данного генератора составит 30 % по сравнению с использованием с обычными генераторами.

В случае успешного испытания и внедрения в производство линейного генератора данное внедрение в развитии в автомобильной промышленности, ЖКХ и производстве беспилотных летательных аппаратов будет иметь революционный эффект.



Массового промышленного выпуска данных генераторов у производителей нет до сих пор. Несколько компаний проводят исследования, испытания образцов и разработки в этой области, в том числе испытания производятся в России в ООО НТЦ «Арго», но на данный момент, они не были широко коммерциализированы или не использованы в массовом производстве.

