

УДК 62-83

https://doi.org/10.33619/2414-2948/98/30

## ПАТЕНТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

©*Мурашко Д. А.*, Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Нижнекамск, Россия, *kent\_55\_1@mail.ru*

©*Гаврилов Е. Н.*, SPIN-код: 8536-2670, канд. техн. наук, Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Нижнекамск, Россия, *noble-86@mail.ru*

©*Сagdеева Г. С.*, SPIN-код: 2953-4605, канд. пед. наук, Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Нижнекамск, Россия, *sagdeeva\_g@mail.ru*

## PATENT INVESTIGATION OF A FREQUENCY-CONTROLLED ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE

©*Murashko D.*, Kazan National Research Technological University, Nizhnekamsk, Russia, *kent\_55\_1@mail.ru*

©*Gavrilov E.*, SPIN-code: 8536-2670, Ph.D., Kazan National Research Technological University, Nizhnekamsk, Russia, *noble-86@mail.ru*

©*Sagdeeva G.*, SPIN-code: 2953-4605, Ph.D., Kazan National Research Technological University, Nizhnekamsk, Russia, *sagdeeva\_g@mail.ru*

*Аннотация.* В настоящее время внедрение энергосберегающего оборудования и технологий является приоритетной задачей в РФ. Эффективность использования энергоресурсов в России не превышает 30%, т. е. около 2/3 подведенной энергии теряется в процессе ее конечного использования. Современный уровень развития техники позволяет иметь коэффициент полезного использования энергоресурсов не менее 50–60%, что позволяет создавать благоприятные условия для решения важных ресурсосберегающих задач любого производства. Одним из приоритетных направлений энергосбережения в промышленности является внедрение частотно-регулируемого электропривода. В мировой практике регулируемый электропривод признан одной из наиболее эффективных энергосберегающих и ресурсосберегающих экологически чистых технологий.

*Abstract.* Currently, the introduction of energy-saving equipment and technologies is a priority task in the Russian Federation. The efficiency of energy resources utilization in our country does not exceed 30%, i. e. about 2/3 of the supplied energy is lost in the process of its final use. The modern level of technology development allows to have a coefficient of useful use of energy resources not less than 50-60%, which allows to create favorable conditions for solving important resource-saving tasks of any production. One of the priority directions of energy saving in industry is the introduction of variable frequency drive. In the world practice regulated electric drive is recognized as one of the most effective energy-saving and resource-saving environmentally friendly technologies.

*Ключевые слова:* энергосбережение, частотный преобразователь, частотно-регулируемый электропривод.

*Keywords:* energy saving, frequency converter, frequency-controlled electric drive.

На сегодняшний день в развитых странах основными потребителями всей вырабатываемой электроэнергии являются электроприводы. При огромном расходе электричества, темпы которого постоянно возрастают ввиду роста производственной и иной деятельности человека, становится актуальной задача минимизации их энергопотребления. Энергосбережение представляет собой в первую очередь снижение непроизводительных потерь энергии. Применение энергосберегающих методов в рабочих циклах приводов не только способствует эффективному использованию энергетических ресурсов страны и их значительной экономии, но и является одним из возможных направлений решения экологических проблем, связанных с производством электроэнергии [1].

В существующей технической практике широкое распространение получила система электронный преобразователь частоты - асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором. Единственным рациональным способом плавно регулировать скорость такого двигателя является изменение частоты приложенного к его обмоткам напряжения [2].

Важные свойства частотного регулирования: практическое постоянство потерь при изменении скорости и одинаковой нагрузке; управление динамическими режимами с нужной мерой сокращения потерь при пусках и торможениях. Потери энергии при пуске — площадь фигуры, заключенной между кривыми электромагнитной мощности  $P_{эм} = M\omega_0$  и мощности на валу  $P_2 = M\omega$  (Рисунок 1).

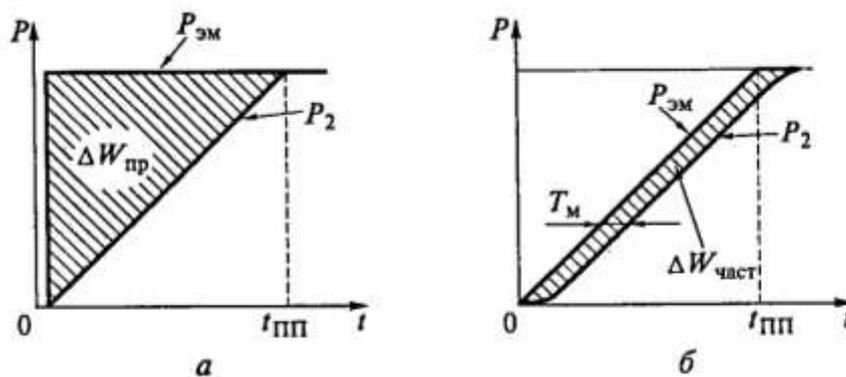


Рисунок 1. Потери энергии при прямом (а) и частотном (б) пуске

При прямом пуске (торможении) электромагнитная мощность возникает практически мгновенно, а мощность на валу, пропорциональная скорости, нарастает в неуправляемом темпе переходного процесса. Потери энергии определяются площадью треугольника. Потери энергии при частотном пуске (торможении) — заштрихованная область — будут зависеть от управляемого времени переходного процесса  $t_{nn}$  [3].

На Рисунке 2 представлен сравнительный график мощности, потребляемой насосом, в зависимости от расхода при регулировании дросселированием и частотном регулировании. Разность между значениями этими кривыми при заданном расходе позволяет определить экономию энергии при частотном регулировании по сравнению с регулированием дроссельной заслонкой. Значительное снижение момента нагрузки при снижении скорости вращения приводного двигателя, характерное для рассматриваемых механизмов, обеспечивает существенную экономию электроэнергии при использовании регулируемого электропривода и позволяет создать принципиально новую технологию транспортировки воды, воздуха и т. д., обеспечивающую эффективное регулирование производительности агрегата (<https://goo.su/3leKojv>).

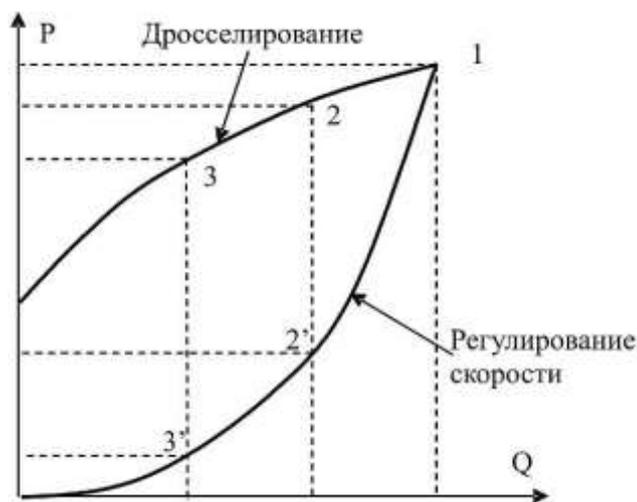


Рисунок 2. Зависимость потребляемой мощности от расхода

Был проведен патентный анализ энергосбережения частотно регулируемым асинхронным электроприводом. Результаты поиска занесены в Таблицу. Глубина патентного поиска составила 17 лет.

Таблица

ПАТЕНТНЫЙ АНАЛИЗ

№ n/n	Номер патента	Название патента	Автор патента	Патентоо бладатель	Суть изобретения
1	2282299	Частотно-регулируемый электропривод (20.08.2006)	Малахов Алексей Петрович, Глазыгин Михаил Владимирович, Малахов Алексей Алексеевич	Новосибирский государственный технический университет	Изобретение относится к области электротехники и силовой промышленной электроники, а именно — к мощным высоковольтным частотно-регулируемым при-водам (ЧРП). Сущность изобретения состоит в том, что в частотно-регулируемом электроприводе (ЧРП), содержащем силовой трансформатор, по крайней мере, с четырьмя трехфазными вторичными обмотками, группу выпрямительно-инверторных преобразователей частоты и приводной электродвигатель с 2Р числом полюсов, соединенных последовательно, согласно данному изобретению, обмотка приводного электродвигателя выполнена из 2Р идентичных катушечных групп, каждая из которых подключена к отдельному трехфазному выпрямительно-инверторному преобразователю частоты, каждый из которых, в свою очередь, подключен к соответствующим вторичным обмоткам силового трансформатора с коэффициентом трансформации, равным 2Р.

№ n/n	Номер патента	Название патента	Автор патента	Патентоо бладатель	Суть изобретения
2	2498496	Энергосберегающая система управления асинхронным электроприводом (10.11.2013)	Козярук Анатолий Евгихиевич, Васильев Богдан Юрьевич, Емельянов Александр Петрович	ФГБОУ ВО "Национальный минерально-сырьевой университет Горный"	Изобретение относится к области электротехники и может быть использовано в системах управления электроприводами общепромышленного применения. Технический результат — снижение энергопотребления частотно-регулируемого асинхронного электропривода при снижении нагрузок двигателя ниже номинальных. Энергосберегающая система правления асинхронным электроприводом содержит блок ввода заданной частоты вращения асинхронного двигателя, регулятор напряжения, блок драйверов, автономный инвертор напряжения, вычислитель проекций вектора тока статора, вычислитель активного тока статора, умножители, согласующий усилитель, фильтр, интегратор, вычислители синуса и косинуса угла поворота вектора напряжения, блок переключений режимов работы электропривода, блок широтно-импульсной модуляции и датчик тока, связанные между собой так, как указано в материалах заявки.
3	2688143	Энергоэффективный и надежный электротехнический комплекс (20.05.2019)	Багуманова Камила Раилевна, Костоломов Евгений Михайлович	Общество с ограниченной ответственностью Научно-технический центр "Интерм"	Изобретение относится к области электротехники и может быть использовано в системе распределения и преобразования электроэнергии в качестве регулируемого электрического привода насосов кустов скважин, в том числе погружных электроцентробежных насосов, размещённых на одном кусте и предназначенных для подъёма из пласта на поверхность скважинной жидкости, содержащей нефть, а также для добычи воды из водоносных пластов и для закачки воды в продуктивные нефтяные пласты с целью поддержания пластового давления, также может использоваться в качестве регулируемого электрического привода механизмов буровой установки и для других механизмов. В качестве электродвигателей могут применяться асинхронные двигатели, синхронные двигатели, вентильные двигатели и двигатели постоянного тока. Техническим результатом является обеспечение электромагнитной совместимости системы электроснабжения с частотно-регулируемым электроприводом.
4	2748215	Устройство для повышения энергоэффективности асинхронного электропривода (21.05.2021)	Миханюшин Виктор Викторович, Бурков Алексей Федорович	ФГБОУ ВО "Морской государственный университет имени адмирала Г.И. Невельского"	Изобретение относится к электротехнике. Технический результат заключается в повышении энергоэффективности электропривода и его надежности. Устройство для повышения энергоэффективности асинхронного электропривода, содержащее асинхронный трехфазный короткозамкнутый электродвигатель и магнитный пускатель, фазометр и/или датчик тока, выход которого соединен с контроллером. Изобретение относится к области энергосбережения и может быть использовано в судовом и береговом асинхронном электроприводе для повышения его энергоэффективности при малом коэффициенте загрузки установленного электродвигателя.

В результате проведенного патентного анализа была определена динамика изобретательской деятельности по устройствам преобразования частоты (Рисунок 3).

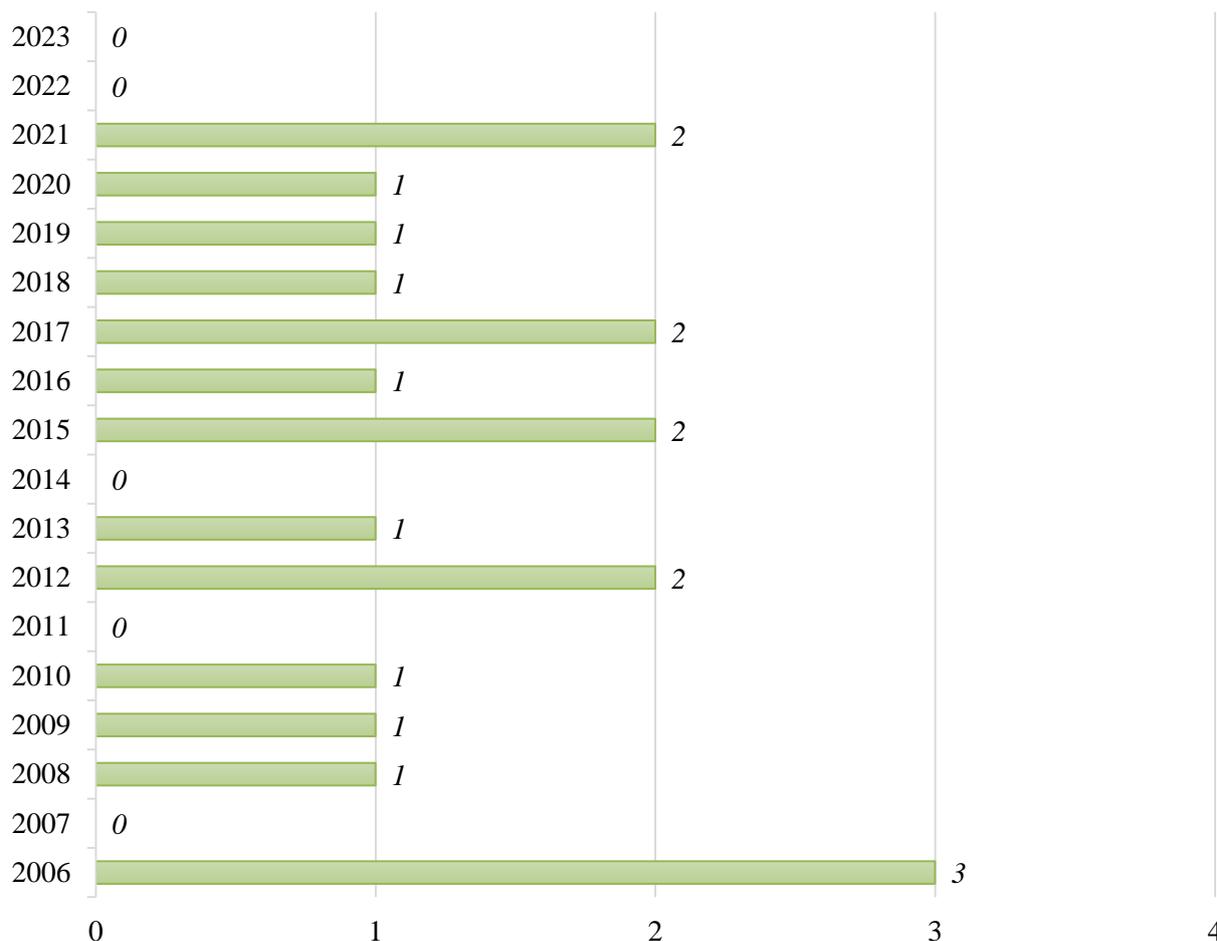


Рисунок 3. Патентная активность частотно-регулируемого асинхронного электропривода (<https://www.fips.ru/>)

В целом, применение частотно-регулируемого асинхронного электропривода в насосных и вентиляторных установках дает следующие преимущества: экономия транспортируемого продукта за счет снижения непроизводительных расходов до 25%; снижение аварийности сети и снижение аварийности электрооборудования за счет устранения ударных пусковых токов; снижение уровня шума, создаваемого технологическим оборудованием; удобство автоматизации; удобство и простота внедрения.

Частотно-регулируемый асинхронный электропривод со звеном постоянного тока позволяет регулировать скорость вниз и вверх от основной, соответствующей частоте 50 Гц, при минимальных возможных потерях, управлять временем переходных процессов и снижать до желаемого уровня потери энергии, сопровождающие переходный процесс.

#### Список литературы:

1. Зайцев Д. Ю., Пикалов А. А., Прибылова Н. В. Энергосберегающие режимы работы асинхронных электродвигателей // Инновационные технологии и технические средства для АПК. 2017. С. 222-225. EDN: YURMHP.
2. Костенко М. П., Пиотровский Л. М. Электрические машины. СПб.: Энергия, 1973. 648 с.

3. Ильинский Н. Ф., Москаленко В. В. Электропривод: энерго- и ресурсосбережение. М.: Академия, 2008. 208 с.

*References:*

1. Zaitsev, D. Yu., Pikalov, A. A., & Pribylova, N. V. (2017). Energoberegayushchie rezhimy raboty asinkhronnykh elektrodvigatelyei. In *Innovatsionnye tekhnologii i tekhnicheskie sredstva dlya APK* (pp. 222-225). (in Russian).
2. Kostenko, M. P., & Piotrovskii, L. M. (1973). *Elektricheskie mashiny*. St. Petersburg. (in Russian).
3. П'инский, Н. Ф., & Москаленко, В. В. (2008). *Электропривод: энерго- и ресурсосбережение*. Moscow. (in Russian).

*Работа поступила  
в редакцию 05.12.2023 г.*

*Принята к публикации  
14.12.2023 г.*

---

*Ссылка для цитирования:*

Мурашко Д. А., Гаврилов Е. Н., Сагдеева Г. С. Патентное исследование частотно-регулируемого асинхронного электропривода // Бюллетень науки и практики. 2024. Т. 10. №1. С. 259-264. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/98/30>

*Cite as (APA):*

Murashko, D., Gavrilov, E., & Sagdeeva, G. (2024). Patent Investigation of a Frequency-controlled Asynchronous Electric Drive. *Bulletin of Science and Practice*, 10(1), 259-264. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/98/30>