

УДК 621.314.6

https://doi.org/10.33619/2414-2948/98/29

ПАТЕНТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОСТОЯННОГО ТОКА НА ОСНОВЕ АКТИВНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ С КОРРЕКЦИЕЙ МОЩНОСТИ

©*Сабиров Д. Р.*, Казанский национальный исследовательский
технологический университет, г. Нижнекамск, Россия, diasskyline@mail.ru
©*Сagdеева Г. С.*, SPIN-код: 2953-4605, канд. пед. наук, Казанский национальный
исследовательский технологический университет,
г. Нижнекамск, Россия, sagdeeva_g@mail.ru

©*Ганиев Р. Н.*, SPIN-код: 4238-5458, канд. техн. наук, Казанский национальный
исследовательский технологический университет, г. Нижнекамск, Россия, n7007@mail.ru

PATENT RESEARCH OF DC ELECTRIC DRIVE POWER SUPPLY SYSTEMS BASED ON ACTIVE CONVERTERS WITH POWER CORRECTION

©*Saburov D.*, Kazan National Research Technological University,
Nizhnekamsk, Russia, diasskyline@mail.ru

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

©*Ganiev R.*, SPIN-code: 4238-5458, Ph.D., Kazan National Research
Technological University, Nizhnekamsk, Russia, n7007@mail.ru

Аннотация. Несмотря на то, что электропривод переменного тока в последнее время все больше «вытесняет» привод постоянного тока, он является вполне актуальным, т. к. целиком и полностью удовлетворяет требованиям ведения технологических процессов. Большое место занимает рассмотрение проблемы электромагнитной совместимости преобразовательных установок постоянного тока с питающей электрической сетью. Приведены исследования и анализ влияния вентильных нагрузок на качество питающей сети и способы повышения качества электроснабжения путем замены существующих преобразователей на активные преобразователи постоянного тока с коррекцией коэффициента мощности, а также выполнено патентное исследование.

Abstract. Despite the fact that the AC electric drive has recently been increasingly “displacing” the DC drive, it is quite relevant, because completely satisfies the requirements of technological processes. Consideration of the problem of electromagnetic compatibility of DC converter installations with the supply electrical network occupies a large place. The article provides research and analysis of the influence of valve loads on the quality of the power supply network and ways to improve the quality of power supply by replacing existing converters with active DC-DC converters with power factor correction, as well as a patent study.

Ключевые слова: реактивная мощность, качество сети, выпрямленное напряжение, активный выпрямитель, вентильный электропривод, патентное исследование.

Keywords: reactive power, network quality, rectified voltage, active rectifier, valve drive, patent research.

В настоящее время в промышленности для питания потребителей широко используется постоянный ток, при этом большая доля его потребления (до 30%) приходится на предприятия химической и нефтехимической отрасли. Для достижения высокой производительности электротехнологических установок и обеспечения их энергоэффективности требуется осуществлять управление активной мощностью потребителей постоянного тока с глубиной регулирования выпрямленного напряжения 80-100% при точности стабилизации постоянного тока 0,1-0,2% с быстродействием до нескольких секунд. Однако использование широко применяемых в настоящее время управляемых выпрямительных агрегатов с системами точной стабилизации тока на основе дросселей и силовых тиристоров приводит к увеличению потребления реактивной мощности и росту искажений синусоидальности входного тока и напряжения в точке подключения преобразовательного комплекса к энергосети. Данные обстоятельства ведут к необходимости завышения установленной мощности силового электротехнического оборудования и повышению расходов на электроэнергию [1].

Вентильные преобразователи оказывают все более сильное отрицательное воздействие на качество напряжения в питающей сети в связи с расширением их применения и увеличением единичной мощности. Как известно, это объясняется тем, что преобразователи, в особенности регулируемые, за счет сдвига первой гармоники тока относительно напряжения потребляют значительную реактивную мощность, зачастую с весьма неравномерным временным графиком, а за счет высших гармоник потребляемого тока являются источниками сильных искажений кривой напряжения сети. Оба этих фактора, кроме того, вызывают дополнительные потери мощности в питающей сети. Поэтому проблема улучшения коэффициента мощности преобразователей относится к числу одной из наиболее актуальных в современной преобразовательной технике и электроэнергетике. При работе в выпрямительном режиме вентильный преобразователь потребляет из сети переменного тока активную и реактивную мощность. При работе в инверторном режиме – отдает в сеть переменного тока активную мощность, потребляя реактивную. При $\alpha = 90^\circ$ вентильный преобразователь потребляет из сети переменного тока только реактивную мощность [2].

В наибольшей мере этот фактор проявляется при работе выпрямителя на противо ЭДС и постоянстве тока нагрузки как в нашем случае в электроприводе с двигателем постоянного тока. Здесь при выпрямленном напряжении, близком к нулю, реактивная мощность максимальна. Таким образом, с уменьшением выпрямленного напряжения реактивная мощность выпрямителя растет, увеличивая загрузку электрических сетей реактивным током, что в свою очередь сопровождается значительными потерями активной энергии и напряжения в сети, а также снижением пропускной способности всей системы электроснабжения. Таким образом, преобразовательные агрегаты являются крупными потребителями реактивной мощности, режим потребления которых имеет особенности, связанные с нелинейностью и нестабильностью параметров нагрузки. В электрических сетях промышленных предприятий со значительным удельным весом вентильных преобразователей несинусоидальность формы кривой напряжения может значительно превышать нормируемые ГОСТ пределы [3].

Наличие высокого уровня гармонических составляющих в системах электроснабжения промышленных предприятий приводит к следующим отрицательным явлениям: появлению дополнительных потерь активной мощности и электроэнергии в элементах сети; снижению коэффициента мощности; ограничению области применения конденсаторных батарей

вследствие возможности появления резонансных или близких к ним режимов на частотах высших гармоник; ускорению старения изоляции электрооборудования; появлению высших гармоник тока в сети выпрямленного напряжения; существенному увеличению погрешности счетчиков для учета активной и реактивной энергии, а также измерителей токов и напряжений; вредному действию на коммутацию трехфазных коллекторных двигателей; неправильному действию некоторых видов релейных защит, ухудшению качества, а в некоторых случаях к сбоям в работе систем контроля, автоматики, телемеханики и связи [4].

Освоение производства запираемых полупроводниковых вентилях послужило появлению нового энергетического объекта – активного выпрямителя (АВ). Название АВ отражает способность данного устройства активно влиять на энергетический баланс преобразователя с питающей сетью. Как правило, целью разработки АВ служит поддержание электромагнитной совместимости преобразователя с питающей сетью, предполагающей частичное или даже полное устранение в составе мощности сетевого входа пассивных составляющих. В условиях синусоидальности сетевого напряжения к числу пассивных составляющих полной мощности относят реактивную мощность основной гармоники и мощность искажения, создаваемой высшими гармониками потребляемого тока. Данные меры означают минимизацию потребляемого тока, так как в энергетическом балансе сетевого входа полностью компенсированного преобразователя остаётся лишь активная составляющая мощности первой гармоники. Усреднённое за период сети интегральное значение активной мощности АВ может быть положительного знака — в выпрямительном режиме или отрицательного знака — в инверторном режиме работы преобразователя. При необходимости функциональные возможности АВ позволяют не только устранять, но и генерировать пассивные составляющие мощности, с целью компенсации аналогичных составляющих других нагрузок в общей сети [5].

Был проведен патентный анализ. Результаты поиска занесены в Таблицу. Глубина патентного поиска составила 20 лет.

Таблица

ПАТЕНТНЫЙ АНАЛИЗ

№ n/n	Номер патента	Название патента	Автор патента	Патентооб- ладатель	Суть изобретения
1	211992	Трёхфазный активный фильтр для сетей с несимметричной нагрузкой	Александров Иван Викторович, Нос Олег Викторович	Новосибирский государственный технический университет	Полезная модель относится к области электротехники и может быть использована для улучшения показателей качества электрической энергии в трехфазных системах электроснабжения с наличием нелинейной несимметричной нагрузки, генерирующей высшие гармоники тока и потребляющей ток основной гармоники, сдвинутый по фазе относительно питающего напряжения, в устройствах компенсации гармонических составляющих токов и реактивной мощности нелинейной нагрузки произвольного вида. Задачей (техническим результатом) полезной модели является снижение уровня высших гармонических составляющих тока и реактивной мощности, обусловленной наличием фазового сдвига основной гармоники тока нагрузки относительно питающего напряжения, потребляемых из сети переменного тока нелинейной несимметричной нагрузкой.

№ n/n	Номер патента	Название патента	Автор патента	Патентооб- ладатель	Суть изобретения
2	156992	Многофазный активный выпрямитель	Муликов Дмитрий Сергеевич, Михальченко Геннадий Яковлевич	ООО "Компания промышленная электроника"	Заявляемая полезная модель относится к электротехнике, в частности к устройствам преобразования входной энергии переменного тока в энергию постоянного тока. Активные выпрямители широко используются в таких устройствах как: корректоры коэффициента мощности; активные выпрямители частотно-регулируемых электроприводов; компенсаторы реактивной мощности и мощности искажений; активные выпрямители электрохимических технологий; источники электропитания высоковольтных технологий; зарядные устройства аккумуляторных батарей и емкостных накопителей энергии; а так же в технологических источниках питания, нагрузка которых способна возвращать накопленную энергию в питающие сети.
3	161102	Трехфазный активный выпрямитель напряжения	Храмшин Тимур Рифатович, Храмшин Рифхат Рамазанович, Корнилов Геннадий Петрович, Крубцов Дмитрий Сергеевич	Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова	Полезная модель относится к области силовой преобразовательной техники и может быть использована для питания электроприводов постоянного тока, в составе преобразователей частоты для питания электроприводов переменного тока, в системах электропитания постоянным током, в силовых выпрямительных установках, питающихся от источников электрической энергии ограниченной мощности. Заявляемое устройство благодаря адаптации его системы управления к несимметрии трехфазного источника питания, путем введения предупредительного по напряжению обратной последовательности, обеспечивает симметрию фазных токов трехфазного активного выпрямителя напряжения, а также ограничивает размах колебания напряжения на конденсаторе емкостного фильтра в допустимых пределах.
4	2467462	Трехфазный активный выпрямитель	Козярук Анатолий Евтихийевич, Васильев Богдан Юрьевич, Свириденко Алексей Олегович	Санкт-Петербургский государственный горный университет	Изобретение относится к силовой преобразовательной технике и может быть использовано для питания электроприводов постоянного тока, в составе преобразователей частоты для питания электроприводов переменного тока, в системах электропитания постоянным током, в силовых выпрямительных установках, питающихся от источников электрической энергии ограниченной мощности. Техническим результатом изобретения является обеспечение коэффициента мощности выпрямителя, равного единице, упрощение и повышение надежности выпрямителя.

№ n/n	Номер патента	Название патента	Автор патента	Патентооб- ладатель	Суть изобретения
5	66619	Трёхфазный корректор коэффициента мощности	Кириенко Владимир Петрович, Слепченко Михаил Николаевич, Ивашечкин Сергей Анатольевич	Нижегородский государственный технический университет	Трёхфазный корректор коэффициента мощности относится к электротехнике, в частности, к силовой преобразовательной технике, и может быть использован в системах питания с мощными управляемыми выпрямительными установками. Техническим результатом является повышение коэффициента мощности сильнооточных электроприемников, содержащих в своем составе мощные управляемые выпрямители, за счет распределения потоков реактивной мощности и мощности искажения между отдельными его узлами, не имеющими общего накопителя энергии, и подключенными к питающей сети без использования дополнительного согласующего трансформатора.
6	192844	Трёхфазный преобразователь еременного тока в постоянный с повышенным коэффициентом мощности	Вольский Сергей Иосифович, Сорокин Дмитрий Александрович	Вольский Сергей Иосифович	Полезная модель относится к области электротехники, включая силовую преобразовательную технику, и предназначена для питания нагрузок постоянного тока от автономных или общесетевых источников трехфазного переменного тока с повышенным коэффициентом мощности. Техническим результатом полезной модели является повышение КПД за счет снижения потерь мощности благодаря снижению обратного напряжения и снижению длительности протекания силового тока через группы силовых диодов, и уменьшение себестоимости устройства, позволяющего применять силовые диоды выпрямителя с меньшими номинальными значениями допустимого обратного напряжения.
7	198721	Устройство подавления высших гармоник и коррекции коэффициента мощности сети.	Абрамович Борис Николаевич, Сычев Юрий Анатольевич, Зимин Роман Юрьевич.	Санкт-Петербургский горный университет	Полезная модель относится к электротехнике и электроэнергетике, а именно к устройствам компенсации высших гармоник в электрических сетях. Устройство может быть использовано в системах электроснабжения промышленных предприятий с большим количеством нелинейной нагрузки, генерирующей гармоники тока и напряжения. Техническим результатом является расширение функциональных возможностей устройства подавления высших гармоник и коррекции коэффициента мощности сети, а именно, помимо компенсации высших гармоник тока, создаваемых нелинейной нагрузкой, и коррекции реактивных составляющих тока нелинейной нагрузки, устройство способно осуществлять компенсацию высших гармоник напряжения и коррекцию реактивной мощности основной составляющей сети при сохранении исходной структуры устройства. [6]

В результате проведённого патентного анализа была определена динамика изобретательской деятельности по системам электроснабжения электропривода постоянного тока на основе активных преобразователей с коррекцией мощности.

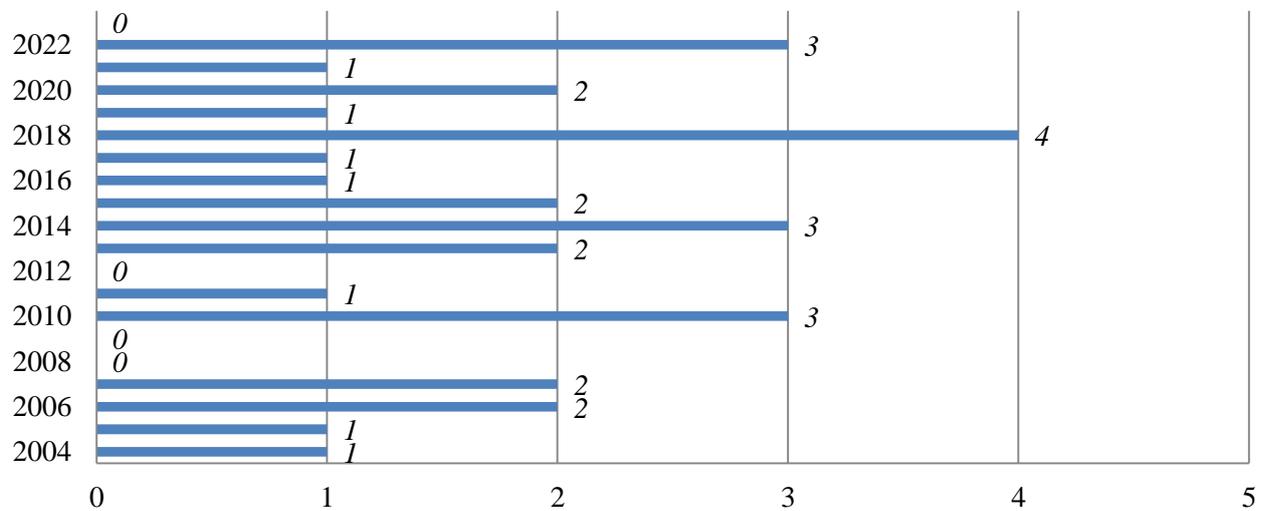


Рисунок. Патентная активность систем электроснабжения электропривода постоянного тока на основе активных преобразователей с коррекцией мощнос (<https://fips.ru>)

Заключение

Электрическая энергия является особым видом продукции, имеет определенные характеристики, по которым судят о пригодности в технологических процессах. Автоматизация, а также усложнение технологических процессов вместе со стремлением к повышению производительности труда на современных промышленных предприятиях обусловили применение мощных вентильных приводов, сварочных установок, мощных дуговых печей, которые оказывают существенное влияние на качество электрической сети. Качество электроэнергии, как и надежность является обязательным требованием, предъявляемым к системам электроснабжения и оценивается по следующим технико-экономическим показателям:

- технологический ущерб (брак, снижение производительности труда и механизмов, ухудшение качества продукции)
- электромагнитный ущерб (повреждение оборудования, увеличение потерь электроэнергии, нарушение работы связи, телемеханики, автоматики).

Проанализировав патентное исследование можно сделать выводы, что исследования в этой области являются крайне актуальными на сегодняшний день. На производствах внедряют перевооружения и модернизации оборудования, для уменьшения пагубных влияний и потерь мощностей на вентильных агрегатах. В будущем исследования будут успешно развиваться, т.к. энергетические ресурсы на нашей планете не бесконечны. Необходимо стремиться к эффективному использованию каждого кВт вырабатываемой мощности.

Список литературы:

- 1 Муллин И. Ю., Холявко А. О. Исследование электропривода постоянного тока с широтно-импульсным регулированием // Вестник Ульяновского государственного технического университета. 2013. №1 (61). С. 42-46. EDN: QGSFNB.

2. Бобков А., Бобков В., Копырин В. Силовая преобразовательная техника для мощных электротехнологических установок постоянного тока // Силовая электроника. 2004. №1. С. 66-68. EDN: MVRPEP.

3. Милослов А. В. Моделирование и сравнительный анализ трехфазных корректоров коэффициента мощности: Дисс. ... канд. техн. наук. Тольятти, 2019. 88 с.

4. Веприков А. А. Обоснование структуры и параметров высокоэффективных электротехнических комплексов для электропитания промышленных потребителей постоянного тока большой мощности: Дисс. ... канд. техн. наук. СПб., 2017. 133 с.

5. Ганиев Р. Н., Горбачевский Н. И., Дмитриев В. Н., Сидоров С. Н. Частотно-регулируемые электроприводы в технологиях шинопроизводства. Ульяновск: УлГТУ, 2015. 223 с.

References:

1. Mullin, I. Yu., & Khol'yavko, A. O. (2013). Issledovanie elektroprivoda postoyannogo toka s shirotno-impul'snym regulirovaniem. *Vestnik Ul'yankovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, (1 (61)), 42-46. (in Russian).

2. Bobkov, A., Bobkov, V., & Kopyrin, V. (2004). Silovaya preobrazovatel'naya tekhnika dlya moshchnykh elektrotekhnologicheskikh ustanovok postoyannogo toka. *Silovaya elektronika*, (1), 66-68. (in Russian).

3. Miloslov, A. V. (2019). Modelirovanie i sravnitel'nyi analiz trekhfaznykh korrektorov koeffitsienta moshchnosti: Diss. ... kand. tekhn. nauk. Tol'yatti. (in Russian).

4. Veprikov, A. A. (2017). Obosnovanie struktury i parametrov vysokoeffektivnykh elektrotekhnicheskikh kompleksov dlya elektropitaniya promyshlennykh potrebitelei postoyannogo toka bol'shoi moshchnosti: Diss. ... kand. tekhn. nauk. St. Petersburg. (in Russian).

5. Ganiev, R. N., Gorbachevskii, N. I., Dmitriev, V. N., & Sidorov, S. N. (2015). Chastotno-reguliruemye elektroprivody v tekhnologiyakh shinoproizvodstva. Ul'yankovsk. (in Russian).

Работа поступила
в редакцию 14.12.2023 г.

Принята к публикации
23.12.2023 г.

Ссылка для цитирования:

Сабилов Д. Р., Сагдеева Г. С., Ганиев Р. Н. Патентное исследование систем электроснабжения электропривода постоянного тока на основе активных преобразователей с коррекцией мощности // Бюллетень науки и практики. 2024. Т. 10. №1. С. 252-258. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/98/29>

Cite as (APA):

Saburov, D., Sagdeeva, G., & Ganiev, R. (2024). Patent Research of DC Electric Drive Power Supply Systems Based on Active Converters With Power Correction. *Bulletin of Science and Practice*, 10(1), 252-258. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/98/29>