

УДК 621.314.2, 621.316.72, 608.3

DOI:10.17213/0136-3360-2019-1-52-58

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПОСТРОЕНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА НА ВХОДЕ В ЭНЕРГИЮ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА НА ВЫХОДЕ

В.И. Авдзейко, В.М. Рулевский, Е.С. Паскаль, В.И. Карнышев

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники.
Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40.

Исследованы тенденции развития преобразователей энергии переменного тока на входе в энергию переменного тока на выходе (АС/АС) без промежуточного преобразования в постоянный ток и с промежуточным преобразованием в постоянный ток на основе анализа временных рядов патентов США за 2007 – 2017 гг. Отмечено, что наиболее перспективным направлением при разработке АС/АС преобразователей являются транзисторные схемы с промежуточным преобразованием в постоянный ток. Благодаря преобразованию параметров электрической энергии на высокой частоте такие схемы позволяют добиться оптимальных массогабаритных показателей, обеспечивают гальваническую развязку между питающей сетью и нагрузкой, позволяют подключать приборы, параметры входного напряжения у которых значительно отличаются по величине от напряжения питающей сети. Полученные результаты подтверждают целесообразность использования патентного анализа для поиска и оценки перспективных технических (технологических) решений, описываемых в рамках Международной патентной классификации.

Ключевые слова: конвертеры (преобразователи) энергии, тиристоры, транзисторы, патентный анализ, МПК, патентное ведомство США, временные ряды, прогнозные оценки.

Для цитирования: Авдзейко В.И., Рулевский В.М., Паскаль Е.С., Карнышев В.И. Анализ способов построения преобразователей энергии переменного тока на входе в энергию переменного тока на выходе // Изв. вузов. Электромеханика. 2019. Т. 62, № 1. С. 52-58. DOI:10.17213/0136-3360-2019-1-52-58.

Введение

Выбор перспективного направления на этапе технико-экономического обоснования является залогом эффективности реализации любого проекта. Прогнозирование направления развития техники и технологий в конкретных областях знания позволяет облегчить и упростить задачу выбора за счёт концентрации и оптимизации финансовых, материальных, кадровых и иных ресурсов, а также даёт возможность сократить сроки проведения и стоимость как НИОКР, так и выпуска новой техники. В качестве инструмента прогнозирования и выявления перспективных направлений развития авторы предлагают использовать метод патентного анализа, основанный на формировании временных рядов патентов, выданных на изобретения в рамках Международной патентной классификации (МПК).

Патентный метод прогнозирования

За последние годы широкое распространение в области прогнозирования технических

(технологических) направлений развития получили библиометрические методы: патентный, публикационный, цитатно-индексный и другие. Все они основаны на свойстве научно-технической информации, содержащейся в первоисточниках, отражать и опережать по времени процесс практической реализации научно-технических достижений в виде выпускаемой продукции, а также определять тенденции развития на национальном, отраслевом и корпоративном уровнях [1].

Преимущество патентного анализа основано на строгой классификации патентной информации, её доступности в национальных и международных базах данных, большом объёме постоянно пополняемых данных и других её свойствах, обеспечивающих достоверность прогнозирования: конкретные технические и технологические характеристики [2], техническая реализуемость и коммерческая ценность [3]. Эта информация может использоваться при анализе конкурентоспособности и тенденций развития технологий, а также служит важным показателем

технологических усовершенствований [4]. Своевременное использование патентной информации позволяет корректировать поставленные цели, оценивать имеющиеся возможности, разрабатывать технологические и даже глобальные стратегии развития целых отраслей и предприятий.

Применение Международной патентной классификации

Одним из факторов, влияющих на широкое распространение патентного анализа, является Международная патентная классификация (МПК), которая позволяет осуществлять эффективный поиск и классификацию любого технического решения в соответствии со 130 классами, 639 подклассами, 7453 основными группами и 73403 подгруппами, существующими в 17-й версии МПК. Сочетание патентного анализа и МПК позволяет анализировать, прогнозировать и выявлять перспективные направления развития любых технических решений, описываемых в рамках МПК [5]. Поскольку патентная информация является общедоступной и представляет собой источник обширных технологических знаний, её использование для прогнозирования тенденций технологического развития активно началось ещё в XX в. [6].

К сожалению, в российской практике патентному анализу и прогнозированию тенденций технического (технологического) развития на его основе уделяется недостаточное внимание, в то время как за рубежом по данной тематике проводятся ежегодные конференции высокого уровня, начиная с 2012 г. Причём исследования в этой области интенсивно ведутся специалистами Тайваня, Южной Кореи, США, Китая и ряда европейских стран.

В настоящей работе демонстрируются возможности патентного анализа на примере исследования направлений развития преобразова-

телей энергии переменного тока на входе в энергию переменного тока на выходе (AC/AC), используемых для изменения напряжения, частоты или количества фаз (группа МПК H02M5/00).

Несмотря на большое количество информационных ресурсов, содержащих патентную информацию, наиболее значимым, с точки зрения глубины поиска, объема и доступности полнотекстовых описаний патентов является база данных патентов США [7]. Заявки на получение патентов подаются в *USPTO* ведущими фирмами (организациями) большинства промышленно развитых стран мира, что позволяет говорить о репрезентативности и достоверности формируемых прогнозных оценок.

За счет ранее созданного задела [8] авторы провели патентный анализ и выявили перспективные направления развития преобразователей AC/AC на основе данных Патентного ведомства США.

Анализ преобразователей AC/AC

Преобразователи AC/AC используются для согласования параметров питающей сети (величины напряжения, частоты и количества фаз) с входными параметрами подключаемого оборудования.

В соответствии с МПК преобразователи AC/AC выполняются без промежуточного преобразования в постоянный ток (БПП) и с промежуточным преобразованием в постоянный ток (СПП) с помощью статических или динамических преобразователей, а также путем сочетания статических и динамических преобразователей, электромашинных и других динамических или статических преобразователей.

Распределение патентов США на изобретения, выданных на преобразователи БПП и СПП с 2007 по 2017 гг., приведено на рис. 1.

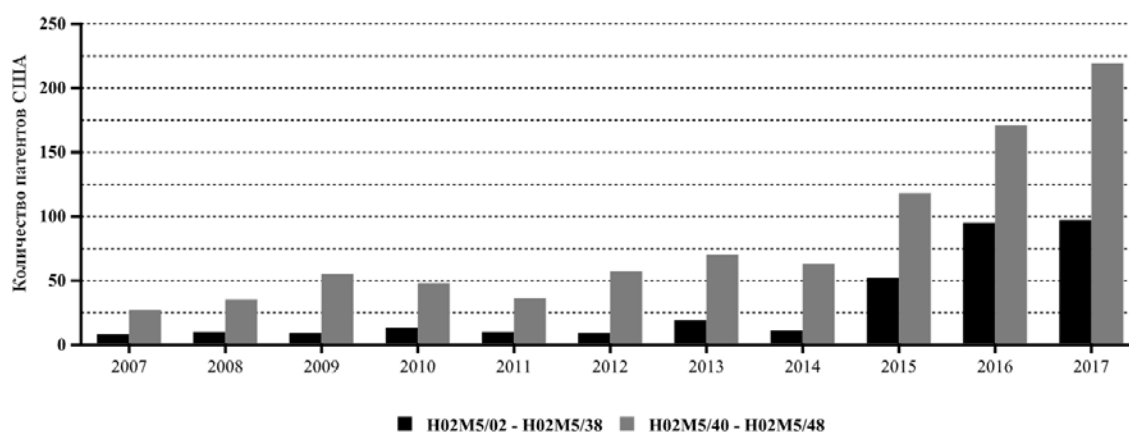


Рис. 1. Количество патентов США, выданных на преобразователи БПП (H02M5/02 – H02M5/36) и СПП (H02M5/40 – H02M5/48) в постоянный ток

В настоящее время используются практически только статические преобразователи. Динамические и электромашинные преобразователи из-за недостаточной надежности, низких массогабаритных показателей, высокого уровня шума, необходимости регулярного обслуживания не применяются. Например, за период с 1976 по 2017 гг. на динамические преобразователи без промежуточного преобразования в постоянный ток выдано всего 5 патентов США (H02M 5/32 – 5/36), а с промежуточным преобразованием (H02M 5/46) – 1 патент. Дальнейший анализ проводился только для статических преобразователей БПП (H02M 5/04 – 5/297) и СПП (H02M 5/42 – 5/458).

Патентный анализ статических преобразователей AC/AC без промежуточного преобразования в постоянный ток

В соответствии с МПК статические преобразователи AC/AC без промежуточного преобразования могут быть выполнены на элементах с полным сопротивлением (H02M5/06 – 5/08), на трансформаторах (H02M5/10 – 5/18), на газоразрядных, электронных или полупроводниковых приборах без управляющего электрода (H02M5/20) или на газоразрядных, электронных или полупроводниковых приборах с управляющим электродом (H02M5/22 – 5/297).

Преобразователи на газоразрядных, электронных или полупроводниковых приборах без управляющего электрода так же, как и на элементах с полными сопротивлениями, в том числе только на конденсаторах, не нашли практического применения, на них выдано за последние 10 лет соответственно 20 и 6 патентов из 390 патентов, выданных за это время на все статические преобразователи БПП. Поэтому к перспективным направлениям эти преобразователи отнести нельзя.

Количество патентов за последние 10 лет на трансформаторах и на газоразрядных, электронных или полупроводниковых приборах с управляющим электродом приведено на рис. 2.

Из 61 патента, выданного на статические преобразователи, выполненные на трансформаторах, 14 патентов было выдано на устройства для преобразования только амплитуды напряжения или тока, 12 – для преобразования между цепями с разным числом фаз, 13 – для преобразования частоты и 1 патент – для преобразования формы колебания. Исходя из количества патентов, выданных за последние 10 лет, ни одно из этих направлений нельзя отнести к перспективным.

Проведём анализ схем с использованием приборов типа тиратрона или тиристора, для которых требуется применение средств гашения (H02M5/25 – 5/27) и с использованием приборов типа триода или транзистора, для которых требуется непрерывный управляющий сигнал (H02M5/275 – 5/297). На рис. 3 показано количество патентов, выданных на эти устройства. Отметим, что, начиная с 2014 г., выявилась тенденция, когда транзисторные схемы стали развиваться быстрее тиристорных.

В свою очередь преобразователи с использованием приборов типа тиратрона или тиристора, для которых требуется применение средств гашения разряда, в соответствии с МПК могут быть выполнены с использованием только газоразрядных или электронных ламп (H02M5/253), с использованием только полупроводниковых приборов (H02M5/257), а также для преобразования частоты (H02M5/27). Причём последние по времени патенты на преобразователи с использованием газоразрядных и электронных приборов были выданы ещё в 1978 г. На рис. 4 приведено количество патентов, выданных на преобразова-

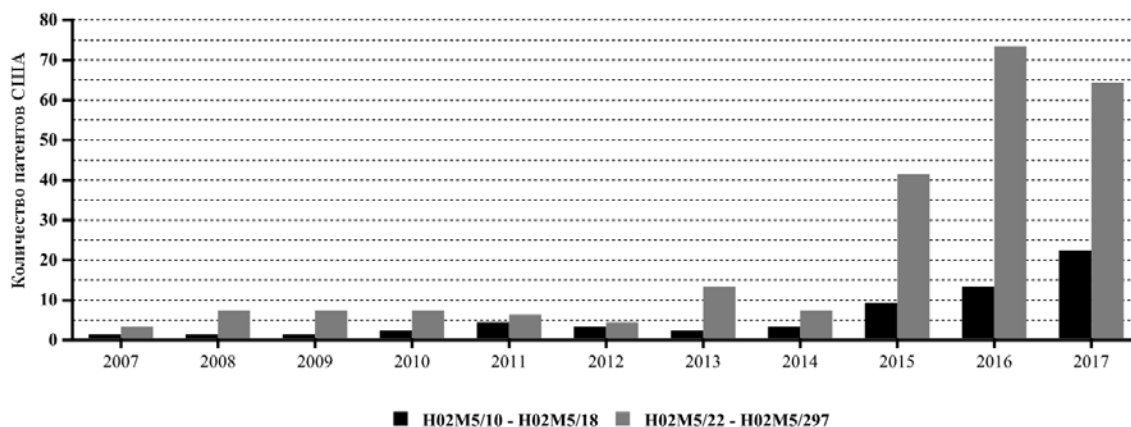


Рис. 2. Количество патентов США, выданных на преобразователи Б1111, выполненных на трансформаторах (H02M5/10 - H02M5/18) и на газоразрядных, электронных или полупроводниковых приборах с управляющим электродом (H02M5/22 - H02M5/297)

тели с использованием только полупроводниковых приборов (тиристоров) и на тиристорные преобразователи частоты.

Как показано на рисунке, наибольшее применение нашли схемы преобразователей на тиристорах. За последние 10 лет выдано патентов на них в 2 раза больше, чем на преобразователи частоты (52 патента против 25).

В случае схем с использованием приборов типа триода или транзистора, для которых требуется непрерывный управляющий сигнал, распределение патентов выглядит следующим образом (рис. 5). При этом, начиная с 1976 г., на преобразователи с использованием только электронных или газоразрядных ламп в *USPTO* не было выдано ни одного патента.

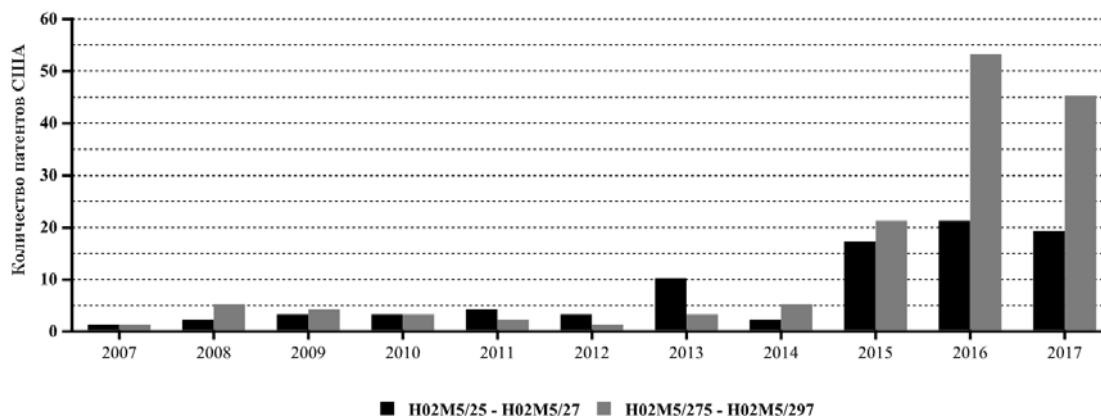


Рис. 3. Количество патентов США, выданных на статические преобразователи, выполненные по схемам, описываемым подгруппами МПК H02M5/25 - H02M5/27 и H02M 5/275 - H02M5/297

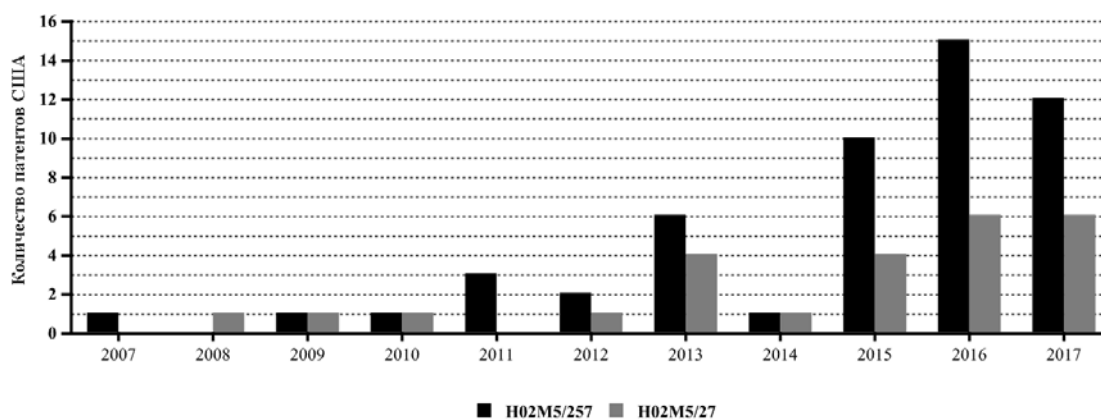


Рис. 4. Количество патентов США, выданных на преобразователи с использованием только тиристоров (H02M5/257) и на тиристорные преобразователи частоты (H02M5/27)

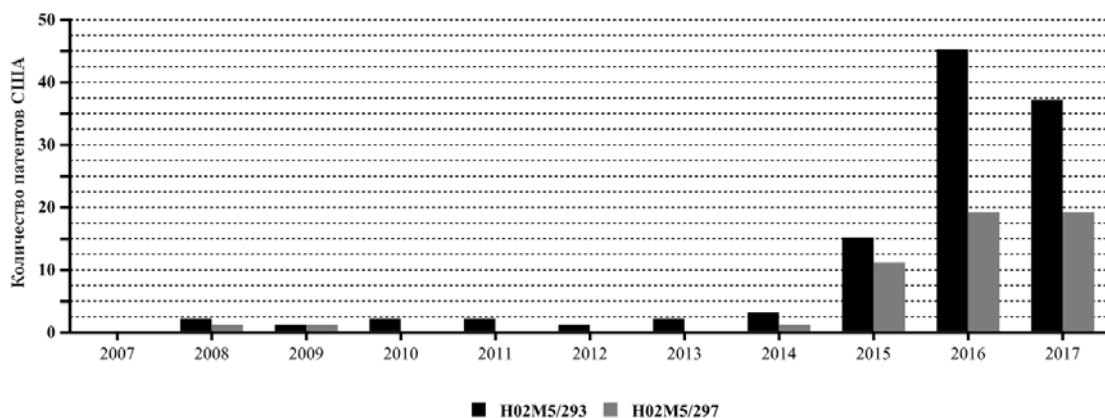


Рис. 5. Количество патентов США, выданных на преобразователи БПП с использованием только транзисторов (H02M5/293) и на транзисторные преобразователи частоты (H02M5/297)

Таблица 1

Количество патентов на транзисторные и тиристорные варианты преобразователей БПП

Подгруппа МПК	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
H02M5/257	1	0	1	1	3	2	6	1	10	15	12
H02M5/27	0	1	1	1	0	1	4	1	4	6	6
H02M5/293	0	2	1	2	2	1	2	3	15	45	37
H02M5/297	0	1	1	0	0	0	0	1	11	19	19

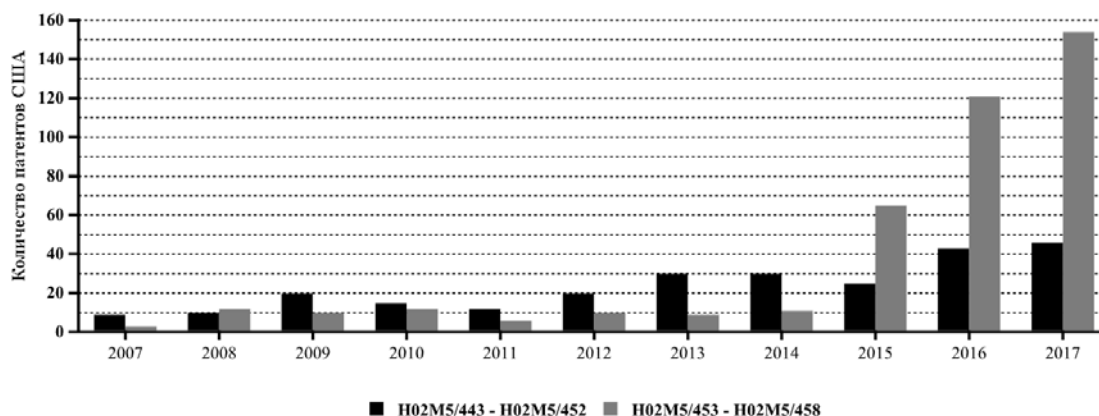


Рис. 6. Количество патентов США, выданных на тиристорные (H02M5/443 - H02M5/452) и транзисторные (H02M5/453 - H02M5/458) схемы преобразователей СПП

Для сравнения в табл. 1 приведено количество патентов, выданных на преобразователи с использованием только тиристоров или транзисторов и тиристорные и транзисторные преобразователи частоты. Очевидно, что схемы, выполненные только на транзисторах, так же как и транзисторные преобразователи частоты нашли наибольшее применение и являются более перспективными. Количество патентов, выданных на них в 2017 г., в 3 раза опережает тиристорные варианты.

Патентный анализ статических преобразователей AC/AC с промежуточным преобразованием в постоянный ток

На преобразователи с использованием только электронных или газоразрядных ламп со средствами гашения разряда и непрерывным управляющим сигналом, начиная с 1976 г., выдано соответственно 1 и 3 патента. Поэтому дальнейший анализ проведем для преобразователей с использованием тиристоров, для которых требуются средства гашения (H02M5/443 – 5/452), и с использованием транзисторов, для которых требуются непрерывные сигналы управления

(H02M5/453 – 5/458). Количество патентов на эти преобразователи приведено на рис. 6.

В 2017 г. на транзисторные схемы преобразователей СПП было выдано в 3 раза больше патентов США, чем на тиристорные преобразователи. Подобная тенденция в изменении количества патентов позволяет утверждать, что и в ближайшие годы транзисторные схемы будут больше востребованы.

ВЫВОДЫ

1. Патентный анализ на основе временных рядов числа патентов США на изобретения, соответствующих конкретным подгруппам МПК, позволяет выявлять перспективные направления развития, в том числе и преобразователей энергии.

2. В ближайшие годы следует ожидать дальнейшего развития тиристорных и транзисторных преобразователей энергии переменного тока на входе в энергию переменного тока на выходе.

3. По сравнению с тиристорными схемами статические преобразователи БПП и СПП на транзисторах имеют лучшие перспективы за счет большей универсальности.

Данное исследование выполнено при финансовой поддержке РРФИ в рамках поддержанного научного проекта Ns 18-07-01270.

ЛИТЕРАТУРА

1. Campbell R.S. Patent trends as a technological forecasting tool // World Patent Information. 1983. Vol. 5, Pp. 137- 143.
2. Chen J.L., Liu S.J., Tseng C.H. Technological innovation and strategy adaptation in the product life cycle // Technology Management: Strategies and Application. 2000. Vol. 5. No. 3. Pp. 183-202.
3. Kuznets S. Innovative activity: problems of definition and measurement / In «The Rate and Direction of Inventive Activity», R. Nelson, Ed., Princeton University Press, New Jersey, NY, USA, 1962.
4. Ernst H. The use of patent data for technological forecasting: the diffusion of CNC-technology in the machine

tool industry // Small Business Economics. 1997. Vol. 9. No. 4, Pp. 361-381.

5. Анализ динамики выдачи патентов для выявления перспективных направлений развития в области силовой электроники / В.И. Авдзейко, В.И. Карнышев, Р.В. Мещеряков, А.А. Шелупанов, Л.В. Парнюк // Вестник Томского государственного университета. Экономика. 2015. № 394. С. 159–169.
6. Dar-Zen Chen, Chang-Pin Lin, Mu-Hsuan Huang, Yi-Tung Chan. Technology forecasting via published patent applications and patent grants // Journal of Marine Science and Technology. 2012. Vol. 20. No. 4. Pp. 345 – 356.
7. Schmoch U. Patent analyses in the changed legal regime of the US Patent Law since 2001. Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research, Breslauer Strasse 48, 76139 Karlsruhe, Germany World Patent Information 31 (2009) 299-303.
8. Прогнозирование тенденций развития и выявление перспективных технологий в области преобразовательной техники / В.И. Авдзейко, В.И. Карнышев, Р.В. Мещеряков, Л.В. Парнюк // Изв. вузов. Электромеханика. 2017. Т. 60. №2. С. 51-56.

Авдзейко Владимир Игоревич – канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник, заместитель начальника научного управления Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. E-mail: avi@main.tusur.ru

Рулевский Виктор Михайлович – канд. техн. наук, проректор по научной работе и инновациям Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. E-mail: rvm@tusur.ru

Паскаль Евгения Сергеевна – мл. науч. сотрудник, аспирант Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. E-mail: evgeniapascal@gmail.com

Карнышев Владимир Иванович – канд. техн. наук, начальник патентно-информационного отдела Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. E-mail: pio@main.tusur.ru

Поступила в редакцию

5 октября 2018 г.

*Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Elektromekhanika
(Russian Electromechanics) 2019, vol, 62, no, 1, pp. 52-58*

AN ANALYSIS OF DESIGN METHODS FOR AC POWER INPUT INTO AC POWER OUTPUT CONVERTERS

V.L. Avdzeyko, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics. 40, Lenin Avenue, Tomsk, 634050, Russian Federation.

V.M. Rulevskiy, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics. 40, Lenin Avenue, Tomsk, 634050, Russian Federation.

E.S. Paskal, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics. 40, Lenin Avenue, Tomsk, 634050, Russian Federation.

V.L. Kamyshev, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics. 40, Lenin Avenue, Tomsk, 634050, Russian Federation.

In the paper, an analysis of time series of the US patents issued in 2007 - 2017 is presented. The analysis concerns specific trends in the advancement of AC power input into AC power output converters without intermediate conversion into DC and with intermediate conversion into DC. As a result of the research, it was concluded that the most promising trend in designing of AC/AC converters are development of transistor circuits with intermediate conversion to DC. Due to conversion of electric energy parameters at high frequency, such circuits allow to achieve optimal weight-size parameters, to provide a galvanic isolation between supply network and load, and allow to hook up devices whose input voltage parameters differ significantly from the supply voltage. The results obtained confirm the usefulness of the patent

analysis for searching and evaluation of promising technical (technological) solutions described by the International Patent Classification.

Key words: energy converters, thyristors, transistors, patent analysis, International Patent Classification, USPTO, time series, forecasting.

For citation: Avdzeyko V.I., Rulevskiy V.M., Paskal E.S., Karnyshev V.I. [An Analysis of Design Methods for AC Power Input Into AC Power Output Converters]. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Elektromekhanika = Russian Electromechanics*, 2019, vol. 62, no. 1, pp. 52-58. (In Russ.) DOI:10.17213/0136-3360-2019-1-52-58.

Acknowledgement. This study has been carried out with the financial support from the Russian Foundation for Basic Research in the framework of the supported research project No. 18-07-01270A.

REFERENCES

1. Campbell R.S. Patent trends as a technological forecasting tool // *World Patent Information*. 1983. Vol. 5. Pp. 137-143.
2. Chen J.L., Liu S.J., Tseng C.H. Technological innovation and strategy adaptation in the product life cycle // *Technology Management: Strategies and Application*. 2000. Vol. 5. No. 3. Pp. 183-202.
3. Kuznets S. Innovative activity: problems of definition and measurement // In "The Rate and Direction of Inventive Activity", R. Nelson, Ed., Princeton University Press, New Jersey, NY, USA, 1962.
4. Ernst H. The use of patent data for technological forecasting: the diffusion of CNC-technology in the machine tool industry // *Small Business Economics*. 1997. Vol. 9. No. 4. Pp. 361-381.
5. Avdzeiko V.L., Karnyshev V.I., Meshcheryakov R.V., Shelupanov A.A., Pamyuk L.V. Analiz dinamiki vydachi patentov dlya vyyavleniya perspektivnykh napravlenii razvitiya v oblasti silovoi elektroniki [Analysis of the patent issue for identifying promising areas of development in the field of power electronics]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2015, no. 394, pp. 159-169. (In Russ.)
6. Dar-Zen Chen, Chang-Pin Lin, Mu-Hsuan Huang, Yi-Tung Chan. Technology forecasting via published patent applications and patent grants. // *Journal of Marine Science and Technology*. 2012. Vol. 20. No. 4. Pp. 345-356.
7. Schmoch Ulrich. Patent analyses in the changed legal regime of the US Patent Law since 2001. Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research, Breslauer Strasse 48, 76139 Karlsruhe, Germany *World Patent Information* 31 (2009) 299-303.
8. Avdzeiko V.I., Kamyshev V.L., Meshcheryakov R.V., Pamyuk L.V. Prognozirovanie tendentsii razvitiya i vyyavlenie perspektivnykh tekhnologii v oblasti preobrazovatel'noi tekhniki [Prediction of development trends and identification of promising technologies in the field of converting equipment]. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Elektromekhanika = Russian Electromechanics*. 2017, vol. 60, no. 2, pp. 51-56. (In Russ.)

Information about the authors:

Vladimir I. Avdzeyko, Candidate of Technical Sciences. E-mail: avi@main.tusur.ru

Viktor M. Rulevskiy, Candidate of Technical Sciences. E-mail: rvm@tusur.ru

Evgeniya S. Paskal, Post-graduate student. E-mail: evgeniapascal@gmail.com

Vladimir I. Kamyshev, Candidate of Technical Sciences. E-mail: pio@main.tusur.ru

Received October 5, 2018