

УДК 338.27, 31 1.2

DOI: 10.17213/0136-3360-2017-1-51-56

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ И ВЫЯВЛЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЛАСТИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

*В.И. Авдзейко, В.И. Карнышев, Р.В. Мещеряков, Л.В. Парнюк*

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

*Для выявления перспективных направлений развития конкретных тематик исследований предлагается использовать метод патентного анализа. Перспективность и достоверность этого метода объясняется свойством патентной информации опережать по времени реализацию научно-технических достижений в производстве. Патентный анализ выполнен на основе построения временных рядов 4665 патентов США, за период с 1976 по 2015 гг. на примере исследования тенденций развития преобразователей энергии постоянного тока на входе в энергию переменного тока на выходе (МПК H02M 7/42 – 7/64). Проведенный анализ подтвердил перспективность использования патентного метода анализа для различных технических отраслей.*

**Ключевые слова:** динамика развития, прогнозные оценки, патентный анализ. МПК. временные ряды, преобразователи, тиристоры, транзисторы.

**Для цитирования:** Авдзейко В.И., Карнышев В.И., Мещеряков Р.В., Парнюк Л.В. Прогнозирование тенденций развития и выявление перспективных технологий в области преобразовательной техники // Изв. вузов. Электромеханика. 2017. Т. 60. № 2. С. 51-56. DOI: 10.17213/0136-3360-2017-2-51-56.

### Введение

Проблема выбора наиболее эффективных направлений технического (технологического) развития является одной из важнейших задач. Одним из инструментов для её решения является разработка и практическое применение методов прогнозирования.

В частности, авторами настоящей работы исследованы методы анализа и прогнозирования развития технологий, основанные на экспертных оценках (Дельфи, анализ иерархий, построение сценария и т.д.) [1]. В результате сделан вывод о том, что их можно использовать для объяснения текущего состояния в конкретной области, но они мало пригодны для прогнозирования возможных тенденций. При этом использование субъективных оценок не позволяет добиться необходимой точности прогнозов, поскольку они не опираются на временные данные.

### Формирование прогнозных оценок на базе патентного анализа

В последние годы большое внимание уделяется исследованию и совершенствованию методов опережающего прогнозирования. Их цель состоит в выявлении перспектив конкретных направлений научно-технического развития на основе сбора, обработки и анализа информации,

содержащейся в патентах, публикациях и т.п., которая опережает по срокам практическую реализацию научно-технических достижений.

Наиболее часто при формировании прогнозных оценок, касающихся развития технологий, используется патентная информация [2], поскольку она содержит большой объём конкретной технической информации (цели, ключевые слова, организации-патентообладатели, авторские коллективы и т.д.). Кроме того, дополнительным преимуществом патентов следует считать наличие общепринятой Международной патентной классификации (МПК).

При этом патентная статистика является надёжным и устойчивым индикатором развития различных технических направлений. Так. Кэмпбэлл и др. [3] показали, что данные о патентах можно рассматривать в качестве инструмента прогнозирования, предназначенного для принятия решений на национальном, отраслевом и корпоративном уровнях. Модде отметил [4], что статистический анализ данных о международных патентах является ценным инструментом для корпоративного технологического прогнозирования и планирования. Утверждается [5], что анализ патентов является в настоящее время одним из лучших способов отслеживания технических и технологических изменений, поскольку позволяет предсказать появление новых разрабо-

ток на рынке за 6 – 18 месяцев до их фактического выхода.

### Использование Международной патентной классификации

Вместе с тем, упомянутые подходы к прогнозированию имеют свои ограничения и недостатки, связанные с большими затратами ресурсов на обработку исследуемых текстов и потерями информации при ее обработке [6]. Один из путей устранения этих недостатков, связанный с использованием МПК, рассмотрен в [7]. В работе [1] предложена методика прогнозирования направлений технологического развития, основанная на проведении патентного анализа с помощью МПК. Ее использование и ранжирование патентов по дате подачи заявки или дате выдачи позволяет выявлять тенденции исследуемых технологий [8].

### Патентный анализ на основе ресурсов USPTO

Одним из крупнейших и постоянно пополняемых ресурсов, обеспечивающих непосредственный доступ (в отличие от баз данных Европейской патентной организации [9], *WIPO*, других национальных ведомств, например, [10]) к полнотекстовым описаниям патентов, является Патентное ведомство США (*USPTO*) [11].

С учетом особенностей доступа к патентной информации *USPTO* в работах [12–14] описан программный подход, позволяющий формировать перечни патентов США по заданной совокупности номеров патентов, подгруппам МПК и ключевым словам, создавать обновляемые локальные БД патентов США, получать сведения о количественном распределении патентов во всех подгруппах МПК, формировать временные ряды, осуществлять их обработку и строить графические зависимости для временного интервала с 1976 по 2015 гг.

### Пример анализа для конкретной подгруппы МПК

Возможности патентного анализа с помощью указанного программного комплекса были исследованы на конкретном примере — для подгруппы МПК H02M7/42 «Необратимое преобразование энергии постоянного тока на входе в энергию переменного тока на выходе». Анализ и выявление перспективных направлений в области проектирования данного класса преобразователей был проведен для интервала 1976–2015 гг., начиная с иерархии МПК верхнего уровня (разделы, классы, подклассы) и заканчивая иерархией нижнего уровня (группы, основные группы и подгруппы).

Всего за указанный временной период в подгруппах МПК H02M7/42 – H02M7/64 на преобразователи энергии постоянного тока на входе в энергию переменного тока на выходе (далее – *DC/AC*) выдано 4665 патентов США. При этом за последние десять лет число выданных патентов возросло с 58 в 2006 г. до 457 в 2015 г.

Для определения причины такого роста был проведен количественный анализ распределения патентов в соответствующих подгруппах МПК. Согласно классификации преобразователи *DC/AC* могут быть выполнены на базе следующих устройств:

- с помощью статических преобразователей (H02M7/44 – H02M7/5395) (далее – СП) – 4377 патентов;

- с помощью динамических преобразователей (H02M7/54 – H02M7/62) (далее – ДП) – 16 патентов;

- путем сочетания статических и динамических преобразователей или путем сочетания электромашинных и других динамических и (или) статических преобразователей (H02M 7/64) (далее – СП и ДП) – 3 патента.

Следовательно, преобразование энергии с выходом на переменном токе производится, в основном, статическими преобразователями.

В связи с тем, что производство СП на ламповых приборах (тиратроны, триоды) уже прекращено, основное распространение получили преобразователи, выполненные на тиристорах со средствами гашения (H02M7/515 – H02M7/529) и на транзисторах с непрерывным управлением (H02M7/537 – H02M7/5395).

На рис. 1 виден растущий тренд транзисторных СП *DC/AC* и падающий – тиристорных преобразователей, что подтверждает перспективность проектирования статических преобразователей *DC/AC* в транзисторном варианте. Количество транзисторных СП возрастает с 13 в 1976 г. до 226 в 2015 г., а тиристорных падает с 65 до 14.

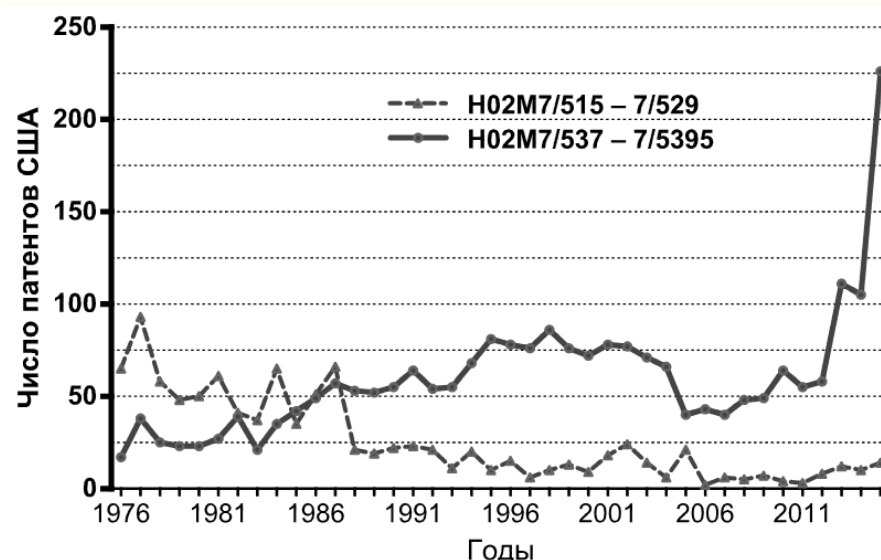


Рис. 1. Временные ряды числа  $N$  патентов США, выданных на тиристорные (1 – МПК H02M7/515 – H02M7/529) и транзисторные (2 – МПК H02M7/537 – H02M7/5395) варианты построения статических преобразователей с 1976 по 2015 гг.

В табл. 1 приведено количество патентов, выданных на различные схемы выполнения силовой схемы преобразователей (в соответствии с классификацией МПК) для тиристорных и транзисторных вариантов за период с 1976 по 2015 гг. Среди тиристорных вариантов реализации СП наибольшее количество патентов выдано на схемы с автоматическим управлением формой или частотой выходного сигнала – 194 патента, на схемы с ZС-резонансным контуром в основной схеме – 114 патентов и мостовые схемы – 58 патентов. Среди транзисторных СП наибольшее число патентов выдано на мостовые схемы – 1135 патентов, на двухтактные схемы – 456 патента, на схемы с автоколебаниями – 272 патента и схемы с автоматическим управлением формой или частотой выходного сигнала – 224 патента.

Для схем тиристорных статических преобразователей в табл. 2 приведено количество патентов, выданных с 2006 по 2015 гг.

Приведенные данные позволяют сделать вывод о том, что эти схемы пока ещё применяются, но тенденция к увеличению числа патентов отсутствует. Экстраполяция временного ряда на ближайшие 2-3 года не позволяет говорить о появлении прорывных решений для тиристорных схем.

Аналогично табл. 3 построена для транзисторных схем. Как видно из приведенных диаграмм, положительная динамика прослеживается для всех схем. Однако среди них наибольшее применение нашли мостовые схемы, доля которых среди транзисторных вариантов построения СП *DC/AC* отражена на рис. 2.

Таблица 1

Вариант выполнения силовой части СП <i>DC/AC</i>		С автоколебаниями	Со специальными устройствами запуска	По двухтактной схеме	По мостовой схеме	С LC-резонансным контуром	С автоматическим управлением формой или частотой
Тиристорный	Подгруппы МПК	H02M7/516	H02M7/517	H02M7/519	H02M7/521	H02M7/523	H02M7/525 – 7/529
	Кол-во патентов	5	19	23	58	114	194
Транзисторный	Подгруппы МПК	H02M7/5383 – 7/53862	H02M7/5375	H02M7/538 – 7/5381	H02M7/5387 – 7/5388	–	H02M7/539 – 7/5395
	Кол-во патентов	272	5	456	1135	–	224

Таблица 2

СП <i>DC/AC</i> на тиристорах	Варианты схем	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
	Схемы с управлением формой или частотой	1	0	0	1	2	1	1	2	1	3
	Схемы с LC-контуром	0	2	1	1	1	0	1	3	1	1
	Мостовые схемы	1	3	1	1	0	1	3	3	3	3

Таблица 3

Статические преобразователи <i>DC AC</i> на транзисторах	Варианты схем	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
	Мостовые схемы	28	23	29	29	40	27	32	53	44	103
	Двухтактные схемы	6	4	2	5	7	1	4	9	5	27
	С автоколебаниями	0	0	1	3	1	6	8	4	8	11
	С управлением формой или частотой	1	э	2	4	3	8	2	3	7	24

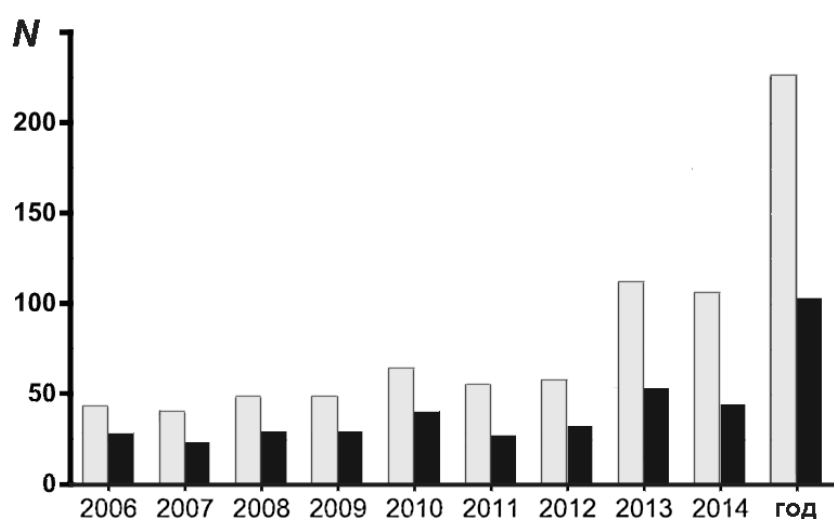


Рис. 2. Доля числа  $N$  патентов США, выданных на мостовые схемы (1 – МПК H02M7/5387 – H02M7/5388) в транзисторных вариантах (2 – МПК H02M7/53 – H02M7/5395) построения СП DC/AC: ■ – 1 □ – 2

Следует отметить и стремительный рост за последние 3 года количества патентов на схемы с управлением формой или частотой (рост в 9 раз) и двухтактных схем (рост в 3 раза).

## ВЫВОДЫ

1. Патентный анализ на основе ресурсов *USPTO*, проведенный на глубину 40 лет, позволил утверждать о перспективности применения транзисторного варианта построения статических преобразователей постоянного тока в переменный.

2. Рост числа патентов на транзисторные СП DC/AC объясняется появлением мощных высоковольтных транзисторов, которые позволяют значительно расширить диапазон изменения выходных параметров проектируемых преобразователей.

3. Спад интереса к тиристорным вариантам объясняется необходимостью использования контуров коммутации (средств гашения тиристор), ухудшающих массогабаритные и другие показатели проектируемых устройств.

4. Патентный анализ на глубину 10 лет (2006 – 2015 гг.) показал, что в преобразовательной технике наиболее перспективными следует считать схему СП DC/AC, выполненную по мостовой схеме на транзисторах, а также силовые части СП DC/AC, выполненные на транзисторах по двухтактным схемам, схемам с автоколебаниями и схемам с управлением формой и частотой выходного напряжения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-07-00449\14 а.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Kim J., Hwang M., Jeong Do-Heon, Jung H. Technology trends analysis and forecasting application based on decision tree and statistical feature analysis // *Expert Systems with Applications*. Vol. 39 (2012). pp. 12618- 12625.
2. Jun S., Lee S.-J. Emerging technology forecasting using new patent information analysis // *International Journal of Software Engineering and Its Applications*. Vol. 6. No. 3, July, 2012.
3. Campbell R.S. Patent trends as a technological forecasting tool // *World Patent Information*. 1983. Vol. 5. pp. 137-143.
4. Moge M.E. Using patent data for technology analysis and planning // *Research Technology Management*. 1991. Vol. 34. pp. 43-49.
5. Громова Н.М., Громова Н.И. Основы экономического прогнозирования. М.: Изд-во: Академия естествознания. 2006.
6. Fattori M., Pedrazzi G., Turra R. Text mining applied to patent mapping: a practical business case. *World Patent Information*. 2003. Vol. 25. pp. 335 – 342.
7. Jun S. IPC code analysis of patent documents using association rules and maps-patent analysis of database technology // *Communications in Computer and Information Science*. 2011. Vol. 258. pp. 21-30.
8. Bengisu M., Nekhili R. Forecasting emerging technologies with the aid of science and technology databases. *Technological Forecasting & Social Change*. 2006, Vol. 73, pp. 835 – 844.
9. Европейская патентная организация. URL: <http://ep.espacenet.com> (дата обращения 22.07.2016)
10. Патентное ведомство Японии. URL: <http://www.jpo.go.jp> (дата обращения 22.07.2016)
11. Патентное ведомство США. URL: Ссылка: <http://www.uspto.gov/>(дата обращения 22.07.2016)
12. Карнышев В.И., Авдзейко В.И., Парнюк Л.В. Создание специализированных баз данных патентной и реферативной информации // Современное образование: проблемы обеспечения качества подготовки специалистов в условиях перехода к многоуровневой системе высшего образования: материалы междунар. науч.-методич. конф., 2-3 февраля 2012 г., Россия, Томск. Томск, гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2012. С. 182- 183.
13. Анализ динамики выдачи патентов для выявления перспективных направлений развития в области силовой электроники / В.И. Авдзейко, В.И. Карнышев, Р.В. Мещеряков, Л.В. Парнюк, А.А. Шелупанов // *Вестн. Томского гос. ун-та*. 2015. № 394. С. 159–169.
14. Прогнозирование: формирование специализированных баз данных и построение временных рядов патентов / В.И. Авдзейко, В.И. Карнышев, Л.В. Парнюк, Р.В. Мещеряков // Доклады ТУСУР, 2015, № 4 (38). С. 183 – 188.

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

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

**Мещеряков Роман Валерьевич** – д-р техн. наук, проректор по науке и инновациям, профессор кафедры «Комплексная информационная безопасность электронно-вычислительных систем» Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. E-mail: mrv@keva.tusur.ru

**Парнюк Любовь Валериевна** — ведущий инженер патентно-информационного отдела Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. E-mail: scinews@main.tusur.ru

*Поступила в редакцию*

*19 декабря 2016 г.*

*Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Elektromekhanika  
(Russian Electromechanics) 2017, vol. 60, no. 2, pp. 51-56*

## **FORECASTING OF DEVELOPMENT TRENDS AND SPOTTING BREAKTHROUGH TECHNOLOGIES IN THE FIELD OF CONVERTER EQUIPMENT**

**V.I. Avdzejko**, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics. 40 Lenina Prospect, Tomsk, 634050, Russian Federation.

**V.I. Karnychev**, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics. 40 Lenina Prospect, Tomsk, 634050. Russian Federation.

**R.V. Meshcheryakov**, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics. 40 Lenina Prospect, Tomsk, 634050. Russian Federation.

**L.V. Parnyuk**, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics. 40 Lenina Prospect. Tomsk. 634050, Russian Federation.

*In the paper the authors propose to use the method of patent analysis for discovering perspective trends of development in particular research topics. This method is perspective and accurate due to the fact that patent information goes ahead of industrial implementation of technological solutions. Patent analysis is based on time series of 4665 US patents from 1976 to 2015 and covers the development trends of DC to AC power converters (IPC H02M 7/42-7/46). The given analysis proves the benefits of patent analysis for different fields of industry.*

*Key words:* dynamics of development, forecast, patent analysis, international patent classification, time series, converters, thyristors, transistors.

*Acknowledgement.* This work has been done in the framework of the 14-07-00449\14a project, which funded by the Russian Foundation for Basic Research (RFBR).

**For citation:** Avdzejko V.I., Karnychev V.I., Meshcheryakov R.V., Parnyuk L.V. Forecasting of Development Trends and Spotting Breakthrough Technologies in the Field of Converter Equipment // *Izv. vuzov. Elektromekhanika = Russian Electromechanics*. 2017, vol. 60, no. 2. pp. 51-56. DOI: 10.17213/0136-3360-2017-2-51-56.

### **REFERENCES**

1. Kim J., Hwang M., Jeong Do-Heon, Jung H. Technology trends analysis and forecasting application based on decision tree and statistical feature analysis. *Expert Systems with Applications*. 2012. Vol. 39. pp. 12618-12625.
2. Jun S., Lee S.-J. Emerging technology forecasting using new patent information analysis, *international Journal of Software Engineering and Its Applications*. 2012. Vol. 6, No. 3.

3. Campbell R.S. Patent trends as a technological forecasting tool. World Patent Information. 1983. Vol. 5, pp. 137-143.
4. Moge M.E. Using patent data for technology analysis and planning. Research Technology Management. 1991. Vol. 34. pp. 43-49.
5. Gromova N.M., Gromova N.I., *Osnovy ekonomicheskogo prognozirovaniya* [Fundamentals of economic forecasting]. Moscow. Izd-vo Akademiya estestvoznaniya. 2006.
6. Fattori M., Pedrazzi G., Turra R. Text mining applied to patent mapping: a practical business case. World Patent Information. 2003. Vol. 25. pp. 335-342.
7. Jun S. IPC code analysis of patent documents using association rules and maps-patent analysis of database technology. Communications in Computer and Information Science. 2011. Vol. 258. pp. 21-30.
8. Bengisu M., Nekhili R. Forecasting emerging technologies with the aid of science and technology databases. Technological Forecasting & Social Change. 2006. Vol. 73, pp. 835-844.
9. *Evropeiskaya patentnaya organizatsiya* [European Patent Office]. Available at: <http://ep.espacenet.com> (accessed 22.07.2016)
10. *Patentnoe vedomstvo Yaponii* [Japan Patent Office]. Available at: <http://www.jpo.go.jp> (accessed 22.07.2016)
11. *Patentnoe vedomstvo SShA* [US Patent and Trademark Office]. Available at: <http://www.uspto.gov/> (accessed 22.07.2016)
12. Kamyshev V.I., Avdzeiko V.I., Pamyuk L.V. [Development of specialized databases of patent and abstract information]. *Sovremennoe obrazovanie: problemy obespecheniya kachestva podgotovki spetsialislov v usloviyakh perekhoda k mnogourovnevnoi sisteme vysshego obrazovaniya: materialy mezhdunarodnoi nauchno-metodicheskoi konferentsii* [Conf.Proc. "Modern education: problems of quality education under transition to a multilevel system of higher education"]. Tomsk, Tomsk, gos. un-t sistem upravleniya i radioelektroniki. 2012. pp. 182-183 [In Russ.]
13. Avdzeiko V.I., Kamyshev V.I., Meshcheryakov R.V., Parnyuk L.V., Shelupanov A.A. Analiz dinamiki vydachi patentov dlya vyyavleniya perspektivnykh napravlenii razvitiya v oblasti silovoi elektroniki [Time series of US patents as the indicator of technological development perspectives]. *Vestnik Tomskogo gos. ttn-ia*, 2015. no. 394, pp. 159-169. [In Russ.]
14. Avdzeiko V.I., Kamyshev V.I., Parnyuk L.V., Meshcheryakov R.V. Prognozirovaniye: formirovaniye spetsializirovannykh baz dannykh i postroeniye vremennykh ryadov patentov [Forecasting: creation of technical database and time series of patents]. *Doklady TUSUR*. 2015, no. 4 (38). pp. 183-188. [In Russ.]

*Information about the authors:*

**Vladimir I. Avdzejko**, Candidate of Technical Sciences, Director of Science. E-mail: [avi@main.tusur.ru](mailto:avi@main.tusur.ru)

**Vladimir I. Karnychev**, Doctor of Technical Sciences, Professor. E-mail: [pio@main.tusur.ru](mailto:pio@main.tusur.ru)

**Roman V. Meshcheryakov**, Doctor of Technical Sciences, Professor. E-mail: [mrv@keva.tusur.ru](mailto:mrv@keva.tusur.ru)

**Lyubov V. Parnyuk**, Leading Engineer. E-mail: [scinews@main.tusur.ru](mailto:scinews@main.tusur.ru)

*Received December 19, 2016*