собой для каждой из двух нагрузок, составляя тем самым ровно половину $U_{0\Sigma}$ напряжения $u_{0\Sigma}$, что физически очевидно, ибо при последовательности постоянных напряжений всегда $U_\Sigma = \sum_i U_i$. Однако и с учетом функций мгновенных значений переменных огибающих данное свойство тоже легко доказывается математически путем интегрирования u_{0k} и $u_{0\Sigma}$:

при m –чет:

$$U_{0кч} = (S_{а.ф}/2\theta_{кч})\int_{-\theta_{кч}}^{\theta_{кч}} \cos\vartheta\, d\vartheta = (S_{а.ф}\sin\theta_{кч})/\theta_{кч};$$

$$U_{0\Sigma ч} = (S_{а.д}/2\theta_{\Sigma ч})\int_{-\theta_{\Sigma ч}}^{\theta_{\Sigma ч}} \cos\vartheta\, d\vartheta = 2(S_{а.ф}\sin\theta_{\Sigma ч})/\theta_{\Sigma ч} = 2(S_{а.ф}\sin\theta_{кч})/\theta_{кч} = 2U_{0кч},$$

при m –нечет:

$$U_{0кн} = (S_{а.ф}/2\theta_{кн})\int_{-\theta_{кн}}^{\theta_{кн}} \cos\vartheta\, d\vartheta = (S_{а.ф}\sin\theta_{кн})/\theta_{кн};$$

$$U_{0\Sigma н} = (S_{а.д}/2\theta_{\Sigma н})\int_{-\theta_{\Sigma н}}^{\theta_{\Sigma н}} \cos\vartheta\, d\vartheta = (2S_{а.ф}\cos\theta_{\Sigma н}\sin\theta_{\Sigma н})/\theta_{\Sigma н} =$$

$$= (S_{а.ф}\sin 2\theta_{\Sigma н})/\theta_{\Sigma н} = 2(S_{а.ф}\sin\theta_{кн})/\theta_{кн} = 2U_{0кн}.$$

Отсюда $U_{0\Sigma} = 2U_{0k}$, $\forall m \in N$, ets.

Длительность λ импульса тока через каждый ПЭ равна длительности λ' одного из двух разнополярных ФС импульсов тока фазной секции: $\lambda = \lambda' = \lambda_ф/2 = 2\theta_k = \pi/m_ф = 2\pi/m$ (m –чет) $= 2\pi/m_ф = 2\pi/m$ (m –нечет).

Среднее значение $I_В$ тока $i_В$ через ПЭ и, значит, потери мощности $P_В$ в ПЭ прямо пропорциональны λ. От $\sqrt{\lambda'}$ симбатно зависит действующее значение $J_ф$ фазного тока $i_ф$ и габаритная мощность $\mathcal{P}_г$ источников ЭДС (ЭМА). $P_В$ и $\mathcal{P}_г$ определяют КПД и МГСП ВП. Отсюда следует также, что схемы с более широкими импульсами тока $i_ф$ выгоднее при данной их амплитуде $i_{а.ф}$, чем схемы с меньшей λ' и увеличенным во столько же раз значением $i_{а.ф}$ при равных ампер-секундах $\lambda' \cdot i_{а.ф}$.

Суммарное число ПЭ $В_\Sigma = 2В_k$, а числа $В_k = П_k = m = m_ф$ (m – нечет) $= 2m$ (m –чет), $\forall k = \overline{1,2}$.

Следовательно, при одинаковом, например с [6,15], числе лучей источников ЭДС устройство [36] содержит в 1,5 раза меньше ПЭ при меньшем в 2 раза числе $Ч_2$ секций ВО или числе $Т_2$ ЭМА в целом. Так как $\lambda_ф$ здесь в 2 раза больше, чем в [15], а ток $i_ф$ двухполупериоден и ре-

версивен, то использование мощности $\mathcal{P}_г$ намного лучше в бистворчатых ВП при одновременном устранении свойственного соответствующим лучевым ВП негативного явления постоянного подмагничивания магнитопровода ЭМА, ухудшающего процессы и МГСП. Таким образом, МГСП бистворчатых ВП существенно лучше равноценных по m лучевых ВП.

Вместе с тем благодаря сохранению для каждой нагрузки именно лучевой структуры (а не мостовой, как в традиционно известных [6 и др.]) ток любой из нагрузок рассматриваемых двухнагрузочных ВП протекает только через одно вентильное плечо ($В_{П k \mu} = 1$, $\forall k = \overline{1,2}$, $\forall \mu = \overline{1,П_k}$) против двух в мостовых, и это справедливо для любого и каждого из $П_k$ контуров, циклически и естественным образом переключающихся во времени в течение одного периода ЭДС. Тем самым, относительно ИП с индивидуальными для каждой нагрузки мостовыми ВП (например, [6,8,21, 24, 28 и др.]) в створчатых без ухудшения $\mathcal{P}_г$ минимум в 2 раза меньше потери напряжения и мощности в ПЭ для каждой нагрузки и минимум в 2 раза меньше число ПЭ в целом, что тоже обеспечивает лучшие КПД, надежность и МГСП.

Таким образом, выявленные выше достоинства и эффекты бистворчатых ВП предопределяют наибольшую выгоду практического их применения в качестве низковольтных биполярных, в том числе в составе сравнительно эффективных многоканальных ВИП.

Р. S. Когда статья была готова к печати, появилась информация о том, что в серии международных конференций, ежегодно организуемых за рубежом по разным проблемам знаменитым американским центром инженеров по электротехнике и радиоэлектронике (ИИЭР, IEEE), 18...19 сентября 1989 г. прошла специализированная конференция по биполярным схемам и биполярным технологиям (Минеаполис, шт.Миннесота, США).Результаты ее пока неизвестны автору, однако одно то, что "биполярная" тематика вынесена в само название международного форума свидетельствует о важности и перспективности нового технического направления, в том числе в области ИП, и, таким образом, идейная, теоретическая и практическая полезность и актуальность изложенных в статье сведений предопределены.

Список литературы

1. Пат.92564 Германия. *Ein neues Gleichrichter-Verfahren*/Ch.Pollak Заявл. 14.01.1896; Опубл. 18.06.1896//*ETZ*, *t*.18, 1897, *h*.25, *s*.359.

2. *Graetz L. Elektrochemisches Verfahren um Wechelströme zu verwandeln*//*ETZ*, *t*.18, 1897, *s*.424; *Ann. der Phys. and Chemic.*, 1897, 62; Электричество, 1897, № 23, с.339.

3. Миткевич В.Ф. Алюминиевый выпрямитель и его применение//Электричество, 1901, № 3.

4. Пат.50 СССР, МКИ H02M7/06. Устройство для выпрямления многофазного тока/А.Н.Ларионов. Заявл. 04.04.23; Опубл. в Б.И.,1924, № 2.

5. Аксенов В.Н. Выпрямители и трансформаторные подстанции. – М.: Связь. 1961, с.110,120,124.

6. Размадзе Ш.М. Преобразовательные схемы и системы. – М.: Высш.школа, 1967, с.483,502.

7. Репин А.М. О некоторых особенностях работы *m*-фазных выпрямителей: Докл. на научн.-техн.семинаре "ВИП электронной аппаратуры". – М.: МДНТП, 8 мая 1969.

8. Пат. 3585483 США, НКИ 321-4. *Power supply*/*C.D. Skirvin* – Заявл. 17.12.69; Опубл. 15.06.71.

9. Репин А.М. Анализ и расчет схем многократного умножения/В кн.: Транзисторные стабилизаторы на повышенные и высокие напряжения. – М.: Энергия. 1971, с.47.

10. Пат. 51-286 Япония, МКИ H03M7/02. Выпрямитель для двух нагрузок с равными напряжениями/Сирадо Такахико. – Заявл. 02.05.69; Опубл. 07.01.76.

11. А.с. 474085 СССР, МКИ H02M7/06. Преобразователь переменного напряжения в постоянное/Н.В.Правдин. – Заявл. 11.12.70; Опубл.в Б.И., 1975, № 22.

12. Пат. 3665287 США, МКИ 321-8. Мостовой выпрямитель для получения двух однополярных напряжений/*D.R. Cross a.o.*: – Заявл. 25.03.70; Опубл. 25.05.72.

13. Пат. 1049981 Англия, НКИ H2F. Выпрямитель для получения двух одинаковых напряжений/*A.L.Baker a.o.* – Заявл.11.01.65; Опубл.30.11.66.

14. А.с. 494829, СССР, МКИ H02M7/12. Устройство для получения двух выпрямленных напряжений разной величины/И.В.Кондрашев. – Заявл. 27.06.73; Опубл. в Б.И., 1975, № 45.

15. А.с. 613460 СССР, МКИ H02M7/06. Выпрямительное устройство для питания двух последовательно включенных нагрузок/Н.Н.Лаптев,В.А. Цишевский. – Заявл. 29.12.73; Опубл. в Б.И., 1978, № 24.

16. Стабилизаторы низких и милливольтовых напряжений/И.И. Белопольский, А.М.Репин, А.С.Христианов. – М.: Энергия, 1974, 160 с.

17. Пат. 3938025 США, НКИ 321-2. Преобразователь для двух однополярных стабилизированных напряжений с общей точкой/*R.E. Gustafson* (Швеция). – Заявл. 17.10.73; Опубл. 10.02.76.

18. Пат. 4109306 США, НКИ 363-61. Источник питания для двух однополярных нагрузок/*W.B. Mason*. – Заявл. 06.10.77; Опубл. 22.08.78.

19. А.с. 633123 СССР, МКИ H02M7/06. Преобразователь переменного напряжения в постоянное для питания *n* нагрузок/В.В.Птуха. – Заявл. 07.01.75; Опубл. в Б.И.; 1978, № 42.

20. А.с. 529530 СССР, МКИ H02M7/12. Преобразователь переменного тока в постоянный/В.В.Ивашин. – Заявл. 24.03.75; Опубл. в Б.И.,1976, № 35.

21. А.с. 525211 СССР, МКИ H02M7/12. Многоканальный стабилизированный выпрямитель/Н.И.Землянский, А.О.Салитренник, Л.Г.Смелянский.– Заявл. 16.05.75; Опубл. в Б.И.. 1976, № 30.

22. Пат. 55-33272 Япония, МКИ H02M7/06. Устройство питания двух однополярных нагрузок с неравными напряжениями/Заявл. 20.10.75;Опубл. 29.08.80.

23. А.с. 179305 ЧССР, МКИ H02M7/06. Выпрямитель для двух постоянных напряжений/*J.Malcher*.- Заявл. 09.09.75; Опубл. 15.06.79.

24. Пат. 2450502 Франция, МКИ H02M7/06. Устройство для питания генераторных ламп СВЧ/*P.J.Pierre*. - Заявл. 26.12.78; Опубл. 31.10.80.

25. А.с. 783927 СССР, МКИ H02M7/02. Преобразователь переменного напряжения в постоянное для питания двух нагрузок/С.В.Митрохин.- Заявл. 04.01.79; Опубл. в Б.И., 1980, № 4.

26. А.с. 917280, 917281, 928569, 959237, 1112513, 1156219, 1157633, 1494179, 1534697 СССР, МКИ H02M7/06...19, H02M9/00/А.М. Репин. - Заявл. 10.04.80...29.02.88; Опубл. в Б.И., 1982...90.

27. *Heye H. Zwei gleichspannungen aus einer trafowicklung//Funkschau. J.52.*1980, № 10, *s.* 109.

28. *Practical electronics. v.* 17, 1981, № 2, p.19.

29. А.с. 813627 СССР, МКИ H02M7/06. Преобразователь переменного напряжения в постоянное/Ю.С.Игольников. - Заявл. 29.06.79; Опубл. в Б.И., 1981, № 10.

30. А.с. 1356153 СССР, МКИ H02M7/12. Источник электроснабжения А.М.Репина/А.М.Репин. - Заявл. 29.04.83; Опубл. в Б.И., 1987, № 44.

31. А.с. 1072219 СССР, МКИ H02M7/17. Преобразователь переменного напряжения в постоянное/А.Ф.Синолицкий. - Заявл. 20.10.82; Опубл. в Б.И., 1986, № 35.

32. А.с. 1056398, 1070669, 1070670, 1228199...1228202, 1265918, 1282291, 1282292, 1309215, 1319205, 1334318, 1334319, 1347133, 1350789, 1501232, 1554091, 1561177 СССР, МКИ H02M7/06...12,162/А. М. Репин. - Заявл. 30.07.82...31.12.87; Опубл. в Б.И., 1983...90.

33. Репин А.М. Новые базовые технические решения и классификация вентильных преобразователей энергии//Вопр.радиоэлектр. Сер. Общ.вопр.радиоэлектрон. - 1985. - Вып.6, с.65...82.

34. А.с. 1166241 СССР, МКИ H02M7/08. Многоканальный ИП/Ю.П.Самчелеев, В.Г.Дрючин, В.А.Ошега, В.О.Квашнин. - Заявл. 04.01.84;Опубл. в Б.И., 1985, № 25.

35. Репин А.М. Экономичные высоковольтные преобразователи электроэнергии//Изв.АН СССР. Энергетика и трансп. - 1987, № 2, с.78...91.

36. Репин А.М. Преобразователь напряжения для двух разнополярных нагрузок. - Заявка на изобретение № 4470559 СССР,МКИ H02M7/162 Заявл. 08.08.88.

37. Репин А.М. Современные принципы построения и систематизация источников электропитания//Вопр.радиоэлектрон. Сер.Общ. вопр. радиоэлектрон. - 1989. - Вып.11, с.99,116,117.

38. Рожанский Л.Л. Статические электромагнитные преобразователи частоты. - М.: ГЭИ, 1959, с.19.

39. А.с. 174708 ЧССР, МКИ H02H7/125/*Bádal Jiří*. - Заявл. 21.08.75; Опубл. 15.10.78.

40. Блоки полупроводниковые выпрямительные типа БПВ5-100. Каталог 05.03.141-76. - М.: Информэлектро, 1976, с.1.

41. Вентильные двигатели постоянного и переменного тока/ Л. Я. Зиннер, А.И.Скороспешкин. - М.: Энергоиздат. 1981, с.107.

42. *Berhänger W. Der 5-phasen-schrittmotor und seine ansteuerung//Antriebstechnik.*- 1981, *t.* 20, № 7, *s.* 332.

43. Пат. 63-47078 Япония, МКИ H02P8/00. Система подачи питания в 5-фазный импульсный ЭД/Заявл. 26.03.81; Опубл. 20.09.88.

44. Thiry J.M.a.o. A simplified model of the multiple armature poliphase self-controlled synchronous machine.- "CPEED'83". Proc. 3rd IFAC Symp., Lousanne, 12...14 sept., 1983.- Oxford e.a., 1984, p.392.

45. А.с. 1181095 СССР, МКИ H02M7/162. Статический преобразователь переменного тока в постоянный/Н.А.Каримски и др. - Заявл. 29.03.84; Опубл. в Б.И., 1985, № 35.

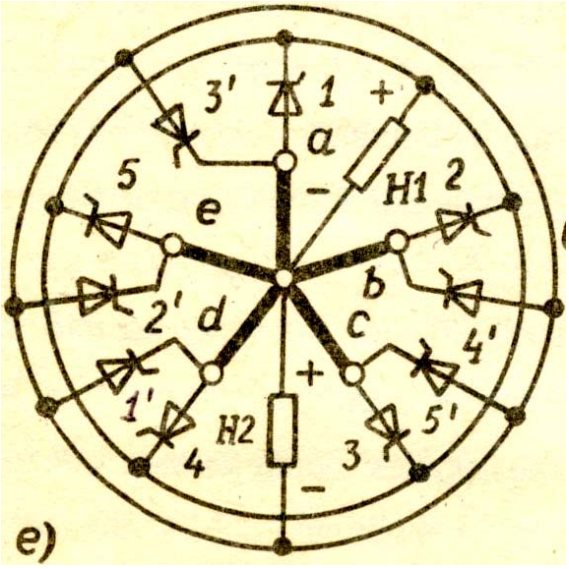
46. А.с. 1288862, 1345298, 1370706, 1374377, 1487139, 1487140, 1495956, а.с. по заявкам №№ 4628816, 4653973, 4654032, 4654033, 4654034, 4697926...4697929 СССР, МКИ H02M7/162/А.М.Репин. - Заявл. 06.02.85...30.05.89; Опубл. в Б.И., 1987...90.

47. Пат. 4755732 США, МКИ H02P8/00. Система и схема управления ШД/Ando Atsushi (Япония). - Заявл. 16.10.86; Опубл. 05.07.88.

48. Пат. 3636902 ФРГ, МКИ H02M5/14. 5-фазное трансформаторное устройство/A.Williman . - Заявл. 30.10.86; Опубл. 11.05.88.

49. Пат. 0269908 ЕПВ, МКИ H02P8/00. Схема и способ управления 5-фазным ШД/G. Schnebel . - Заявл. 04.12.86; Опубл. 08.06.88.

50. Pros. IASTED Int. Symp. Simul., Model., Dev., Cairo: SMD'87. Anaheim etc.- 1987. - p.158.



© Репин А.М. 1990. 2005. 18.11.2013