

Анонс. Впервые с 1960-х – 70-х годов частично приведена в электронном виде вероятная литература к опубликованным в НЭА URL www.econf.rae.ru/article/7387.17475 I₀-формулам схемных моделей вентильных конвертеров электроэнергии. Для различных классов схем они даны в Приложении 1 депонированной рукописи автора, причём при сравнении его формул в столбце 5 с формулами других авторов в столбце 6 article/7387 и столбце 7 в article/7475, где в столбце 6 указаны номера [Л]. Ниже приведена дополнительная литература, также полезная конверсионщикам.

Номера [Л] к Примечанию (столбцу 7) Прил. 1, деп.

Дополнение

Примечание	[Л]	Прил.	[Л]	Пр.	[Л]	Пр.	[Л]	I ₀	[Л]
	9..13 15	10	3. 8- 16 ...	10 11 10 11	8 --- 13 15		---	6 10	16
15	9...	7	---	9,10 11	24 25	5 10 11 16	29		
15	9,20 21..		23	8	23	5 9 10 11 16	---		
2 6 9 10 14	5	6 9 10	27	4 6 7 10 13	10		30	6 10	9
4 6 16	12		---	6 7 10 13	---		---		
8	17		---	11 13	11	5 9 10	---		
9 12 16	24 25	2 3 6 10	6	8 15	8 13 ---		31		
	---		---	7 11 16	15		---		
2 6 7	28	1 10	7	5 11 16	14 ---	5 9 11	---		Кот
с.7	---	с.8	---	с.9	---	с.10	---	с.11	---

Первые вентильные преобразователи (конвертеры) электро-энергии созданы в XIX веке. В 1880-е – 90-е годы и начале XX века опубликованы первые математические формулы, полученные в результате физико-математических исследований электромагнитных процессов в моделях первых (простых) базовых схем (БВК ЭЭ). Наиболее существенные методические основы опубликованы в работах великого **Стейнметца (Charles Proteus Steinmetz, 9.4. 1865 – 26.10.1923, см. article/5458)** в 1890 и 1905 годах на примере схемы выпрямителя с двухкратной частотой пульсации. А также в основанной на первой работе **Стейнметца** публикации неординарного австрийского учёного **Людвига Каллира (Ludwig Kallir)** в мае-декабре 1898 года на примерах **m1-лучевой, Л2-“релейной”, Л2-, Л3γ-, Л-мостовых** схем.

Впоследствии соответствующие формулы приведены в очень многих публикациях. В 1920-30 годах – в работах **Делленбаха, Герекке, Демонтовинье, Прайнса, Вогдеса, Марти, Винограда, Глязера, Мюллер-Любека, ... (Walter Dällenbach, Eduard Gerecke, Marcel Demontvignier, 1924 г., 1932.** /в переводе на русский язык: Сборник под ред. **П.Л. Калантарова, Л.: КУБУЧ. 1929; David Chandler Prince, Francis Brooke Vogdes, N.-Y. 1927, на русском нет; Othmar Marti, Harold Winograd, N.-Y.- L. 1930, на русском – 1933; A. Glaser, Kurt Emil Müller-Lübeck (Berlin, Springer.1925, - 29), 1935, на русс. – 1938).**

На основе указанных фундаментальных работ известно множество зарубежных и отечественных публикаций. В т.ч. [2-39], приведенные далее.

Схожи по вузовской типичности с работами **Галиновского А.М., Гвоздецкого А.И., Гуркалова К.И., Зилитинкевича С.И., Катовича Г.И., Рогинского В.Ю.,** других и публикации **Генриха Г.А., Кутковецкого В.Я., Панфилова Н.А., Федышина В.Г.,** других по схемам класса **S(α)m(L)rℓR(E)L∞** в 1960-е – 80-е годы.

Следующая публикация также типична по сложности, опечаткам, ошибкам, математической незамкнутости уравнения для I₀ (в заметке – I_d) относительно γ, не пониманию методологии исследования и физической сущности процессов, по не выявлению критичности состояния и потому отсутствию необходимого уравнения, и пр.

40. Кыннусаара К.Ю. Влияние индуктивных делителей тока на характеристики выпрямителя //Тр. ТалПИ. Электромеханика. Таллин. 1974. Т.V, с.37-43. (14.3.1977)*. (с. 40. Формула для тока I_d: $\{[\sqrt{2}E_2 \sin(\pi/m_2)] / [x_3 (1 + \text{ctg}^2 \varphi)]\} [\text{ctg} \varphi \sin(\alpha + \gamma) - \cos(\alpha + \gamma)] + - \{[\sqrt{2}E_2 \sin(\pi/m_2)] / [x_3 (1 + \text{ctg}^2 \varphi)]\} [(\text{ctg} \varphi \sin \alpha - \cos \alpha) + I_d/2] e^{-\gamma/\omega T} = I_d/2.$

© А.М.Репин. 1972-79,-91. 2011. 13.2.2013. 2.3.13

Список [Л]. Часть. К I_0 -формулам. Достоинства формул автора очевидны при непосредственном сравнении записей в столбцах 5 и 6 Приложения 1 (депонированный вариант) в НЭА. URL: www.econf.ru/article/7387. Приводимые ниже публикации из частично восстановленных дополнены комментариями.

- 1.
2. **Асеев Б.П.** К расчёту кенотронного выпрямителя, работающего на фильтр с ёмкостной реакцией. // Радиосборник секции радиоспециалистов Ц.С. ОДР СССР. 1930. № 2, 3, с.88-95 / Представлено Радиолaborаторией ламповых передатчиков Ленинградской Военной Высшей Школы Связи 18-го декабря 1929 г. (9.1.1968, копия 5.8.77)*. (Комментарий. Выполнен перенос идеи из упрощенной теории радиопередатчиков на теорию выпрямителей. При очевидной адекватности. Для половины (λ) длительности (Λ) токопроводящего состояния вентиль (импульса его тока) использовано неудачное, но до сих пор принятое понятие «угол отсечки» и обозначение θ . Для ёмкости конденсатора принято: $C \rightarrow \infty$. Иначе, $U_0 = U_0 - \text{constant}$. То есть выпрямленное напряжение – без пульсации. Конденсатор исключён, как реактивный элемент, при составлении интегрально-дифференциального уравнения при решении задачи анализа электромагнитных процессов. При наличии в цепи лишь одного элемента составление такого уравнения вообще не требуется. Задача из высшей математики перешла в школьно алгебраическую. Нелинейная АВХ вентиль аппроксимирована двухлинейной. Что гениальный **Стейнметц** (Ch. Pr. Steinmetz) использовал ещё в 1890 году. Таким образом, видимо, впервые исследована с иллюстрацией номограмм и простого технического расчёта одна из простейших моделей вентильных схем – класса $SmrR/C_\infty$ при работе в режиме $P \subset 3$).
3. **Кугушев А.М.** Электропитание радиоустройств. – Л.: КУБУЧ. 1935. (4.5.1970)*. (Под № 2 и 3 - условно)
- 4.
5. **Зилитинкевич С.И.** Теория работы выпрямителя на активное сопротивление и ёмкость //ЖТФ. 1938. Т.8. Вып.4, с. 316-339 / Ленинград. Гос.Педаг.инст.им.Герцена и Инст.инж.гр.возд.флота. В редакцию 19.12.1937. (9.1.1970)*.
6. **Карпов В.Г.** Теория и технический расчёт выпрямителя, работающего на нагрузку с ёмкостной реакцией. //ИЭСТ.1941. № 5, с.45-54. (5.8.1977. Ксерокс 20.8.1979)*.
7. **Утевский А.М.** Теория и метод расчёта выпрямителей с ёмкостным фильтром /канд. дисс. 1945. – М.-Л.: ГЭИ. 1949. С.11. (24.5.1967. Ксерокс 17.1.1970)*.
8. **Терентьев Б.П.** Электропитание радиоустройств. – М.: Связьиздат. (1938). 1948. (24.9.1968)*.
9. **Рогинский В.Ю.** а) Электрическое питание радиотехнических устройств. – М.-Л.: ГЭИ. 1957. (29.4.1972)*. б) Электропитание радиоустройств. – М.: Связьиздат. 1970. (9.11.1970)*.
10. **Мазель К.Б.** Теория и расчёт выпрямителя, работающего на ёмкость с учётом индуктивности рассеяния трансформатора. – М.: ГЭИ. 1957. (12.3.1970)*.
11. **Белопольский И.И.** Источники питания радиоустройств. – М.: Энергия. 1971. (26.2.1971)*.
12. **Свечников С.В.** Основы технической электроники. – Киев. ГЭИ. 1960. (11.4.1971)*. (Комм.: при отсуствии формулы для I_0 и сведений о критических, граничных (с удвоением частоты пульсации) и других физических состояниях схем класса $SmrR$ дано сравнительно сложное тригонометрическое уравнение $|\text{tg } \gamma| = [2 + (R_i / R_H) \sin(2\pi / m)] / \{ (2R_H / R_i) (1 + R_i / R_H) [1 - \cos(2\pi / m)] - (R_i / R_H) \cos(2\pi / m) \}$ для угла коммутации γ , что, по примечанию к Прил.1 деп., соответствует п.п. 5, 10, 15).
13. **Федосеев П.Г.** Выпрямители и стабилизаторы. – М.: Искусство. 1960. 518 с. (29.12.69)*. (Комм.: 1. преимущества авторских формул (столбец 5 Прил.1, деп.) по схемам простейшего класса $SmrR$ наглядно ясны даже при беглом взгляде на соседние формулы в столбце 6. Именно благодаря простоте схемной модели, они верны. Давно общеприняты. И в столбце 7 нет сноски на Примечание в конце Прил.1, деп. Почти аналогичны по простоте формулы и для схемных моделей класса $SmrR/C_\infty$ при работе в режиме $P \subset 3$ (№ 11 в Прил.1, деп., напр., для [3, 8–16]). По Sml/RL_∞ - схемам см. п.п. 11, 16 в Прим., указанные в столбце 7, 1-й строки столбца 6, для № 20 в Прил.1, деп. на стр.9 статьи. 2. Книга Ф.П.Г., пожалуй, лучшая по изложению в отечественной учебной литературе по РЭА).
14. **Аксёнов В.Н.** Выпрямители и трансформаторные подстанции. Учебник для электротехн. ин-тов связи. /Рец.: А.Д. Кратиров, В.В. Петров, М.В. Бродский, др. Отв. редактор: Б.П. Терентьев, «создатель систематического курса «Электропитание радиоустройств». – М.: Связьиздат. 1961. (4.1.69)*. (Комментарий. Наряду с классами схем $SmrR/C_\infty$ в режиме $P \subset 3$, Sml/RL_∞ , др., формулы в данном учебнике, применительно к $SmrR$ в режиме $P \subset K_1$, можно упростить, дополнить, из-за отсутствия в нём, сведениями о т.н. критических, граничных (с удвоением, иначе редупликацией частотной кратности пульсации или при P_T – явлении), о других режимах работы, а также дополнить многими иными результатами автора этих строк. То же, по сути, относится ко всем другим работам).
15. **Тетельбаум Я.И.** Электропитание радиоустройств /Г.С. Векслер, Я.И. Тетельбаум. – Киев. Техника. 1964. с.72-77. (14.5.1972)*.
16. **Белопольский И.И.** Расчёт нестабилизированных выпрямителей. // Проектирование ИЭП РЭА / И.И. Белопольский, Г.В. Гейман, Л.А. Краус, М.М. Лапиров-Скобло, В.И. Тихонов. – М.: Энергия. 1967. с. 3-18, 42-107. (15.8.1968, 16.6.1969)*.
17. **Размадзе Ш.М.** Преобразовательные схемы и системы. – М.: ВШ. 1967. (7.12.68)*.
18. Условно. Энергетика предприятий связи /Б.П. Терентьев, В.Е. Китаев, Р.М. Горбовицкий, Л.А. Краус, Л.А. Путилова. – М.: Связь. 1965. (9.2.70)*.
19. **Репин А.М.** а) Исследование электромагнитных процессов в схеме замещения m -фазного выпрямителя, работающего на активную нагрузку, шунтированную ёмкостью. /Научный отчёт. Арх.№ 1788. – М.: ВНИИМАШ. 1967. 41 с. б) К теории и расчёту m -фазного выпрямителя при RC -нагрузке. /Докл. на НТК ППС. 17.4.68. //Программа НТК. – М. МЭИС. 1968. с. 46. в) // Тр. МЭИС. 1969. Вып.2, с.266-272 (п/п 25.7.69). г) Установившиеся процессы в схеме m -фазного выпрямителя при работе на активную нагрузку, шунтированную ёмкостью. // Тр. уч. инст. связи. 1969. № 47, с.160-169 (в ред. июнь 1968 г.).
20. 21. 22.
23. **Артамонов В.В.** Маломощные выпрямители. – М.: Связь. 1970. (9.1.1971)*.
24. **Китаев В.Е.** Электротехнические устройства радиосистем: Учеб. пос. для радиотехн. факультетов вузов. – М.: «Энергия». 1971. (19.5.71)*.
25. **Китаев В.Е., Бокуняев А.А.** а) Проектирование источников электропитания устройств связи (ЭПУС). Доп. : а) Расчёт ЭПУС. – М.: Связь. 1972. (9.6.1972)*. 1979. (17.8.1979)*. б) (+ Колканов М.Ф.). ЭПУС. /Под ред. В.Е. Китаева. Учебник для вузов. /Рец.: А.Д. Кратиров, Г.С. Любский. – М.: Связь. 1975. (26.6.1975)*.
26. **Lucas J.H.** Halbleiter Dioden Schaltungen. – Oldenburg. 1968. / **Лукес Ю.Х.** Схемы на полупроводниковых приборах. – М.: Энергия. 1972. (5.9.1972)*. (P.S. Формула $(U_{\text{макс}} / \pi R_{\text{ист}}) \{ \sqrt{1 - (U_0 / U_{\text{макс}})^2} - (U_0 / U_{\text{макс}}) \arccos(U_0 / U_{\text{макс}}) \}$ дана в русскоязычном варианте книги на стр. 48. Для 1-фазной одновентильной ($m = 1$) лучевой схемы с R/C -фильтром при $C \rightarrow \infty$. В прилагаемом 2-м экземпляре рукописного (чернового) варианта Прил.1 формула приведена для случая с конечными значениями C (rR/C , № 8). Её место в № 6. Над формулами ($m U_{2\text{макс}} / \pi r$) $(\sin \theta - \theta \cos \theta)$; В освободившееся в № 8 место можно вернуть уравнения из книги **Е. Филиппова** [35], не вошедшие в Прил.1 деп. из черновых набросков из-за отсутствия решения).

27. **Иносов В.Л., Крутикова В.Е.** Расчёт режимов твёрдых выпрямителей // Сб. статей ИЭТ АН УССР. 1949. Вып. 3, с. 57-70, 67. (8.7.1971. копия 2.8.1974)*. (Относится к $SM3rRL_{\infty}$, $m = 3$ (форма u_n на с. 59 неверна), $SL3rR$, $SL3rER$, $L = 3$. Комм. к № 14, Прил.1 (депонир.): 5, 9, 10 – сложно, неверно, критичность не выявлена).

28. **Осташкин Л.Н.** Влияние внутреннего сопротивления на работу многофазного выпрямителя с активной нагрузкой // Тр. ГПИ. Т. XI. 1955. №1, с. 84-88. (Коп. 6.9.1973)*. ($SmrR$, $P \subset K_1$. Комм. к № 8, Прил.1, деп.: 2, 6, 7 – очень сложно, ошибочно, начало координат неудачно. То же – в канд. дисс. О.Л.Н.1954. Коп. 26X2011)*.

29. **Стукачёв А.В., Лазарев Н.С.** Определение углов коммутации многофазной преобразовательной установки с учётом активного сопротивления цепи. // Вестник ЭП. 1959. № 9, с. 16-21. (Коп. 1.2.1977)*.

30. **Гвоздецкий А.И., Синицына Е.М., Шевцов Г.А.** Аналіз роботи выпрямляча з врахуванням активного і реактивного опору фаза при індуктивному характері навантаження. // Вісник Львівск. політехн. ін-ту. Радіоелектронні мережі та пристрої. 1968. Вып. 26. с. 100-105. (Без (?) списка литературы). (Коп. 18.4.1977)*.

31. **Ситник Н.Х.** Силовая полупроводниковая техника. – М.: Энергия. 1968. С. 150 (см. № 20, 6-й столбец, нижнюю формулу в Прил.1, депон.). (15.1.1969, 6.5.1971)*.

32. **Белопольский И.И. а)** Анализ многофазных выпрямительных схем, работающих на нагрузку с индуктивной реакцией, при учёте внутренних активных и реактивных сопротивлений. // ВРЭ. Сер. ОТ. 1968. Вып. 3, с. 129-117. (20.11.1968)*. **б)** Анализ двухполупериодных схем выпрямления, работающих на нагрузку с индуктивной реакцией, при учёте внутренних активных и реактивных сопротивлений. // ВРЭ. Сер. ОТ. 1969. Вып. 21, с. 3-20. (28.3.1971, обе статьи с дарственной надписью автора)*.

33. **Гуркалов К.И.** // Вопросы электросвязи. Сб. статей ОЭИС. – Киев: Техніка. 1967. С. 212-217. (23.8.1977)*. (Для 1-фазной двухлучевой ($m = 2$) схемы класса $SmlrR/IC_{\infty}$ даны для тока I_o и напряжения U_o очень сложные выражения. Причём, в одном из пяти слагаемых в формуле для I_o есть обозначение U_o).

34. **Галиновский А.М. а)** (+ **Тимченко В.В.**). Некоторые вопросы расчёта 3-фазного полупроводникового выпрямителя в системах возбуждения синхронных машин. // Вестник КПИ. Электроэнергетика. 1975. № 12, с. 26-31. (12.3.1976)*. (Для 3-фазной мостовой или ЛЗ-схемы класса $SmlrRL_{\infty}$ в режиме $P \subset K_1$ приведены формулы: $U_f = (3/\pi)\{\sqrt{6} \cos \alpha_i - I_f |x_a + r_a [(2\pi/3) - (\gamma/2)]\} - 2\Delta U_B = (3\eta_B/\pi)\{\sqrt{6} \cos \alpha_i - I_f |x_a + r_a [(2\pi/3) - (\gamma/2)]\}$; $\eta_B = P_f / (P_f + \Delta P_B) = U_f / (U_f + 2\Delta U_B)$; $M_f = x_a / r_f$; $M_f = (\pi/3\eta_B) [\cos \alpha_i - \cos(\alpha_i + \gamma)] / \{\cos \alpha_i |1 - k_r [(2\pi/3) - (\gamma/2)] + \cos(\alpha_i + \gamma) |1 + k_r [(2\pi/3) - (\gamma/2)]\}$; $k_r = r_a / x_a$; $L = 3$. Оценка (по Примеч. в Прил.1, деп.): 5, 9, 10, 11 – сложно, неверно, условий критичности и замкнутого уравнения нет).

Аналогичны Доп.: **б)** (+ **Дубчак Е.М.**). Основные соотношения однофазных схем выпрямления с учётом активного сопротивления анодной цепи. // Там же. 1980. № 17, с. 86-89 (В РК 25.10.1978). (27.3.80)*. **в)** (+ **Дубчак Е.М., Хайкал Ш.Ф.**). Расчёт m -фазных схем выпрямления с учётом активного сопротивления анодной цепи. // Там же. 1983. № 20, с. 76-75 (В РК 10.12.1981). (25.5.84)*. **з)** (+ **Они же**). Анализ методик расчёта 3-фазных мостовых схем выпрямления. // Ред. ж. «Техн. электродинам.». Киев. 1986. 16 с. (Рукопись деп. в ВИНТИ 15.4.86, № 2700-8). (Коп. 12.7.90)*.

35. **Филиппов Е.** Нелинейная электротехника. – М.: Энергия. 1968. 504 с. (9.2.1971)*. То же, Изд. 2-е, перераб. и доп. 1976. (Для 1-фазной однолучевой ($m = 1$) схемы с R/IC -фильтром при учёте активного внутреннего сопротивления r (модель класса $SmlrR/IC$) дана система уравнений $\{-p(U_n/V) I_s, I_s e^{U_n/V} + \ln J_o(j U_m/V)\}$, где $p = V/I_s R_o$, J_o – функция Бесселя мнимого аргумента $j U_m/V$).

36. **Катович Г.И.** О влиянии активного сопротивления в цепи переменного тока выпрямителя на процесс коммутации вентилей в передачах пульсирующего тока. // Записки ЛСХИ. 1976. Т. 288, с. 26-34. (22.4.77)*. Комм. Без ссылки на [29], но при цитировании и совпадении формул по существу – см. Прил.1 деп. в article/7387, с. 11, первую и последнюю ячейки в столбце 6 – предпринята попытка плагиативно исследовать 3-фазную мостовую ЛЗ-схему класса $SM3/rRL_{\infty}$ в режиме $P \subset K_1$ при почти совпадающих замечаниях в столбце 7).

Дополнение.

37. **Иванов-Цыганов А.И.** Электротехнические устройства радиосистем: Учеб. пос. для радиотехн. специальностей вузов. /Рец.: каф. Таганрог. радиотехн. ин-та; доц., к.т.н. В.Е. Китаев. – М.: ВШ. 1973. (Почти по всем схемным моделям в пособии есть неточности, неверные утверждения, формулы, выводы. Так, если в формуле $E_o = (m/\pi)E_{2m} \sin(\pi/m) [1 - (1 - \cos \gamma)]$ (см. стр. 122) и $I_o = E_o/R$ для схем класса $SmlRL_{\infty}$ не сообщить об опечатке, то формулу можно трактовать как ошибочную. Вместе с тем, очень важен факт, что, впервые после издания пособия **Гоноровским И.С.** в 1930-е годы (Электропитание передатчиков. 1934. Расчёт кенотронного выпрямителя. НТСЭ. 1936), в МАИ началось по источникам электропитания издание учебной литературы). (13.8.73)*.

38. **Рогинский В.Ю.** Расчёт устройств электропитания аппаратуры электросвязи. – М.: Связь. 1972. с. 76 ($SmRL$), С. 122. п. 4.7. Расчёт выпрямителей при несинусоидальной форме кривой питающего напряжения. С. 123 – 132. (26.10.72)*. **P.S.** Данный материал, как и вся книга, содержит поразительно много ошибок.

$$I_o = \frac{m U_o}{\pi R} \frac{\sum_1^n \alpha_n \cos \varphi_n \left(\frac{1}{n} \sin n \psi_1 - \psi_1 \cos n \psi_1 + \psi_1 \sum_1^n \alpha_n \sin \varphi_n \right)}{\sum_1^n \alpha_n \cos (n \psi_1 + \varphi_n)} = \frac{m U_o}{\pi R} A_{\alpha},$$

$$\text{где } A_{\alpha} = \frac{I_o \pi R}{m U_o} = \frac{\pi R}{m R_n},$$

39. **Сборник задач по ТОЭ.** Учебное пособие. Изд. 2-е, перераб. и доп. /Под ред. Л.А. Бессонова. – М.: ВШ. 1980. С. 275. (28.8.1980)*. (Для 1-фазной мостовой или Л2-схемы с ёмкостным R/IC -фильтром (модель класса $SL2R/IC_{\omega RC}$) получено: $I_o = U_o/R$, $U_o = (E_m/\pi) [\cos \omega t_1 - \cos \omega t_2 + \sin \omega t_1 \omega RC (e^{\omega t_1/\omega RC} - 1) + \sin \omega t_1 \omega RC (e^{\omega t_2/\omega RC} - e^{-\pi/\omega RC})]$. Оценка: сложно, громоздко, обозначения не удачны).

Сравнения с результатами в иной литературе (конца 20-го – начала 21-го веков) аналогичны. Более 40 лет, почти полвека результаты автора игнорируются в учебной литературе по конверсике. Вопреки очевидным их преимуществам, достоинствам, познавательной, научной и практической полезности. Более того, за время разрушения страны, деградации во всех её сферах, в т.ч. в образовании, появляются в области конверсики учебные пособия без стержневых для неё материалов. Без вентильных конвертеров электроэнергии. Сама дисциплина уничтожается. Очевиден кризис. Преподавательского состава. Научных, инженерно-технических специалистов. Новаций. © А.М.Репин. 1967-91. 2012. 13.2.2013