

**Аннотация:** Даны раритетные по информационной ёмкости, новизне и объёму результаты достижений автора в области конверсики, в т.ч. кратко отражённые в его докторской диссертации (автореферате) 1986 г.

**Ключевые слова,** преимущественно **новые:** конверсика /converters, базовые схемы вентильных преобразователей (конвертеров) электроэнергии (БВП/БВК ЭЭ), классы схемных моделей БВК, рекуррентные алгоритмы (РАСы) нового относительно известного в электротехнике синтеза десятков, сотен новых БВК, использование в НИР, ОКР, промышленности.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**1. Актуальность проблемы. Общая и главные задачи.** Партия и правительство во главу угла ставят проблему повышения эффективности. Это – веление времени. Интенсификация и повышение эффективности – важнейшая составная часть экономической стратегии партии, всемерного ускорения научно-технического прогресса, этой ключевой политической и хозяйственной задачи СССР и стран социалистического содружества.

Особенно актуальна проблема эффективности в энергетике – важнейшей, капиталоемкой отрасли народного хозяйства. Среди множества различных видов энергии электроэнергия (ЭЭ) – наиболее мобильная, унифицированная, используемая всюду. ЭЭ, по существу, главный источник жизнеобеспечения всего хозяйственного организма любой страны, ее важнейший потенциал и показатель мощи: экономической, социальной, оборонной.

Наземные станции СССР производят сейчас в сутки более 4, в XI-й пятилетке ежегодно около 1600, в 1990 г. – примерно 1900 млрд. кВт-ч. Около 40 процентов вырабатываемой ЭЭ преобразуется в энергию постоянного тока, причем преимущественно посредством вентильных преобразователей (ВП). Именно этим, в первую очередь, предопределена существенность технико-экономической эффективности ВП.

Вследствие сопровождающегося при вентильном преобразовании ухудшения качества ЭЭ наносимый стране ущерб превышает, по данным Комиссии ГКНТ, 3 млрд. рублей в год, причем только по наземным, наиболее мощным объектам. Вот почему, в частности, на УШ-й Международной конференции по применению вычислительных методов в электроэнергетике (PSCC, 19-24 авг., 1984 г., Хельсинки) "качество ЭЭ признано даже более важным, чем количество". Известно также, что при снижении (компенсации) 1 кВт реактивной мощности, обусловленной вентильным преобразованием, потери ЭЭ сокращаются примерно на 400 кВт-ч в год, а экономия даже нескольких процентов ЭЭ страны равноценна многолетней выработке такой, скажем, станции, как Днепрогэс.

Применение многофазных ВП с повышенной частотной кратностью пульсации выходного напряжения – общепризнанный путь оптимального улучшения качества и повышения экономии ЭЭ, и данные проблемы – одни из центральных в энерго- и капиталосберегающей стратегии действующей в стране Энергетической программы, касающейся наземной энергетики.

Не менее значима электроэнергетика подвижных объектов, в частности летательных аппаратов. К ним относят космические, самолетные, ракетные. На ряде Международных форумов (NAECON' 82, Dayton, New-York, may 18-20, 1980, publ. Proc. IEEE, vol. 1-3, N. Y., 1982, и др.) их называют

спэйс-объектами. Энергоемкость их средств энергоснабжения (СЭС) в целом значительна. Как показано в открытых трудах таких конференций, мощность СЭС космических спэйс-объектов измеряется в настоящее время в МВт с тенденцией резкого роста в ближайшей перспективе. Увеличиваются и единичные мощности, в том числе самолетных электрогенераторов, имеющих при  $P = 10$  МВА удельную мощность  $p_G = 20$  кВт/кг. Причем работа наземных, так и подвижных судовых или спэйс радиокомплексов немислима без эффективных ВП, являющихся по основным выполняемым функциям, доминированию массы и объема главными устройствами вторичных источников электропитания (ВИП) потребителей, в частности важнейшего из них - радиоэлектронной и электронно-вычислительной аппаратуры (РЭА, ЭВА).

В связи с прогрессом микроэлектроники и цифровой техники произошло диспропорциональное перераспределение массы и объема ВИП в РЭА. В открытой литературе приводят цифры от 30 до 80 %. Этим также обусловлена актуальность создания эффективных ВП РЭА.

Практическая значимость проблем повышения эффективности и качества, экономии ЭЭ, улучшения эксплуатационной надежности и КПД ВИП, массо-габаритных и стоимостных показателей (МГСП) усиливается массовостью наземных и подвижных объектов, чрезвычайной их ответственностью, соизмеримостью мощностей нагрузок и первичного источника энергии, необходимостью оперативной готовности и действия, другими тактико-техническими требованиями.

Таким образом, создание эффективных ВП различного применения - проблема народно-хозяйственного значения, и это является первой главной задачей настоящей диссертационной работы. Задача эта, как составная часть Комплексной научно-технической проблемы (программы) по созданию и внедрению высокоэффективных преобразователей и источников питания (ИП), утверждена в качестве "главной" на последних Всесоюзных конференциях по преобразовательной технике (ПТ) и ВИП РЭА (Киев, 1983, Ленинград, 1979, 1984, и др.).

С другой стороны, решающее влияние на обеспечение высоких показателей оказывают выбор схем, качество и надежность их проектирования, эффективность расчетов и конструирования, что невозможно без наличия научно обоснованных, эффективных методик инженерного синтеза вентилярных схем (ВС), без глубоких и всесторонних знаний о протекающих в ВП стационарных и динамических электромагнитных процессов (ЭМП), и, значит, без их комплексных, действительно научных исследований. В этой связи проф. Толстов Ю.Г. подчеркнул однажды: "Анализ схем ВП и их работ - первостепенная научная задача" (Тиристорные преобразователи. - М.: Наука, 1970, с.3). Сегодня можно сказать: как анализ, так и синтез новых базовых схем - задачи крайне важные. Именно поэтому они тоже уста-

новлены как "крупные научные задачи" в Решениях различных конференций, семинаров.

Отсюда следует вторая главная задача работы: выполнение научных исследований ВС различных классов, разработка методологических основ исследования, создание обобщенных способов, методов и средств анализа ЭМП и инженерного синтеза схем, общих теорий ВП, машинных алгоритмов и программ, а также поиск путей и принципов решения проблем критичности физических состояний ВС и математической замкнутости трансцендентных уравнений угла коммутации  $\gamma_k$ , определяющего моменты переключения вентилей в коммутационных режимах  $k$ -го порядка.

Объединяет обе главные задачи работы общая (генеральная) задача, которая, в соответствии с критериями ВАК СССР, формулируется как "решение на основе существенного теоретического обобщения крупной проблемы, имеющей важное народно-хозяйственное значение" в области электроэнергетики, ПТ и ВП.

2. Научно-исследовательские работы. Общие сроки выполнения. Работа по решению генеральной задачи проведена автором в течение последних 20 лет в соответствии с комплексными целевыми программами, в рамках различных заказов и заданий директивных органов. Работа отвечает общим требованиям и целям программных документов и решений съездов КПСС и правительства по кардинальной проблеме развития электроэнергетики, ускоренного повышения эффективности преобразования ЭЭ.

На решение поставленных задач были направлены хозяйственные и госбюджетные НИР (№ 3655-66, 3776-67, 3787-67, 3788-67, 3892-68, № ГР 70015011 (3 отчета), 72066881, 72045099, 75058704, Г62133, Г99546, Г99547, Я51388, Я86241 (3 отчета) и др.), в которых автор являлся научным руководителем или/и ответственным исполнителем.

3. Главная научная цель и конкретные научные задачи. В процессе выполнения научных работ была поставлена, сформулирована и достигнута следующая главная научная цель диссертационной работы: разработка общетеоретических основ исследования ВП, обобщенных методов анализа и инженерного синтеза (проектирования) ВС различных классов, создание законченных теорий ВП, обобщенных принципов рекуррентного синтеза новых, эффективных, базовых схем и их реализация на уровне изобретений.

В соответствии с главной целью и в рамках вышеуказанных общей и главных задач решались следующие конкретные научные задачи.

По первой главной задаче:

- выявление новых принципов схемно-конструктивного построения ВП различного назначения;

- создание практически реализуемых способов и средств по генерации новых базовых схем ВП;

- поиск путей и возможностей по разработке и формулировке научно обоснованных, обобщенных алгоритмов синтеза таких схем при перспективной допустимости использования с этой целью современных ЭВМ;

- поиск простых, эффективных способов и средств проверки работоспособности (корректности синтеза) вновь создаваемых ВС;

- поиск путей, принципов и критериев классификации существующего и прогнозируемого множества ВС, их обозначений, названий, изображений;

- постановка изобретательских задач, их решения, формулировки формул изобретений и их описаний, преимущественно в обобщенном, структурно-алгоритмическом виде;

- защита изобретений охранными документами по рубрикам МКИ: преобразователи переменных напряжений в постоянное (выпрямители), преобразователи числа фаз, преобразователи частотной кратности пульсации, фазосдвигающие устройства, электромагнитные аппараты (например, трансформаторы), в том числе магнитоуправляемые; источники и системы электропитания, в частности управляемые (регулируемые, стабилизированные), способы (алгоритмы) управления ВП, и, попутно, защита инверторов как выпрямителей "наоборот" в силу известного принципа обратимости преобразования ЭЭ.

По второй главной задаче:

- поиск простых и удобных принципов классификации исследуемых моделей ВП, их режимов работы, и поиск условий существования последних;

- выявление и формулировка в общем виде основных этапов исследования вентильных структур различных классов, общеметодологическая их алгоритмизация;

- создание сравнительно простых и эффективных способов и методов тематического анализа переходных и установившихся, непрерывных и импульсных ЭМП (ПНП, УНП, ПИП, УИП) в ВС различных классов при их работе в разных режимах;

- исследование критических режимов ВС, поиск путей достижения результатов в математически замкнутом виде;

- поиск путей и математически строгих приемов по выводу замкнутых рекуррентных уравнений для моментов переключения вентиля (углов коммутации  $\gamma_k$ ) ряда классов ВС;

- исследования ПИП и УИП ВС различных классов;

- разработка теорий таких схем и методик инженерного их синтеза.

Задачи эти, как известно, очень сложны в математическом и рекуррентно алгоритмическом отношениях ввиду наличия в вентильных цепях многих нелинейных элементов. Однако, несмотря на известные трудности, все задачи, исходно ориентированные на ВП РЭА, решались автором в направлении возможно большего обобщения с целью допустимого использования их в различных промышленных отраслях и базировались на классических результатах

отечественных и зарубежных ученых: П. Лапласа, О. Хевисайда, Н.Д. Папалекси, М. Демонтевинье, В. Деленбаха и Е. Герекке, О. Шаде, М. Гарднера и Дж. Бэрнса, Л.Р. Неймана, других.

4. Методы исследований. Выполненные исследования основаны на общих принципах и способах схемного, математического и цифрового моделирования непрерывного и дискретного операторного преобразования (Лапласа), принципах разработки и отладки машинных алгоритмов и программ на языках различного уровня, а также на методах, способах, принципах и средствах, предложенных автором.

5. Научная новизна, личный вклад и основные положения, выносимые на защиту. Следующие научные результаты новы на момент постановки и решения задач и получены автором лично:

5.1. Выдвинута перспективная научная концепция обобщенно алгоритмизированного синтеза новых базовых схем ВП на уровне изобретений. Концепция конкретизирована путем формулировки в общем виде рекуррентных алгоритмов схем (РАС) и подтверждена защитой охранными документами (а.с. СССР) созданных автором изобретений. При этом:

- предложено представлять различные системы фазосдвинутых (ФС) ЭДС в виде цифр с мнемоническими знаками и в виде обобщенных графических изображений, названных фазокадрами; этим обеспечены существенное удобство при одновременной компактности изображения и нотации таких систем, а также простота обобщенной алгоритмизации синтеза новых ВС;

- предложен и многократно использован эффективный "кустовой" способ построения векторных диаграмм (упорядоченного поля векторов) для ФС выходных импульсов ВП различных групп, подгрупп, видов, типов; эффективность способа заключена в наглядности, простоте, удобстве при оценке корректности синтеза схем, их работоспособности и оптимальности алгоритмов управления.

5.2. Применительно к низковольтным (НВ) ВП предложена апробированная на практике научная идея по введению в ВП повышенного числа "элементарных" ВС, формулируемая как концепция по введению и умелому использованию различных видов естественной избыточности. Данная идеология распространена с той же целью повышения надежности на СВ и ВВ ВП и подтверждена авторскими свидетельствами СССР, применением разработанных ВИП в промышленности.

5.3. Развита методологические и методические основы исследования многовентильных (нелинейных) структур, в том числе предложены и применены:

- общий алгоритм поэтапных исследований (ОАИ);  
- эффективный интерметодический способ анализа ЭМП многофазных ВС, базирующийся на комплексном применении ряда полезных методов, в частности, разработанного автором метода коммутационных эквивалентов (МКЭ), обеспе-

чивающего существенную экономию труда и объема исследований и изложения;

- эффективный аналитический метод анализа ПИП и УИП ВП, именуемый методом эквивалентных реакций (МЭР); метод основан на использовании полученных автором формул или теорем разложения ( $R$ -теорем) и более полезен, чем интегральные и ряд других известных методов, ввиду обеспечения результатов в замкнутом виде, в форме конечного числа аддитивных составляющих при одновременной простоте физической интерпретации формул, описывающих непрерывные и импульсные ЭМП;

- физико-математические контроль-приемы для проверки достоверности (корректности) математических результатов анализа, основанные, в частности, на сформулированных автором законах скачков.

5.4. Решена важная для практики научная проблема по критичности физических состояний многих классов преобразовательных схем, разработаны аналитические, графические и с помощью ЭВМ простые способы оперативной оценки типа рабочего или ожидаемого режимов работы ВП, общего числа режимов при одновременно большей наглядности и экономии средств по сравнению с экспериментальными способами, а также при реальном обеспечении необходимыми исследователям данными по оценке физической корректности получаемых математических результатов, в том числе известных или разрабатываемых вновь теорий, инженерных методик проектирования, др.

5.5. Решена теоретически актуальная проблема по выводу математически замкнутых рекуррентных уравнений для угла коммутации  $\gamma_k$   $m$ -фазных схем различных классов, что позволило изучить параметрическую динамику ЭМП таких ВС, разработать полезные для практики, информационно емкие номограммы режимно-энергетических и других показателей, единые для всех режимов  $k$ -го порядка и любых значений определяющих параметров схемных элементов при изменении их от нуля до бесконечности.

5.6. Разработаны обобщенные схемные и математические модели, законченные теории ряда исследованных классов схем, алгоритмы и отлаженные машинные программы их расчета, простые инженерные методики проектирования удобные для практического использования, в том числе с помощью ЭВМ и универсальных параметрических номограмм.

Новизна, достоверность и значимость результатов подтверждены: по пп 5.1-2 - многими а.с. СССР, по пп. 5.3-6 - публикациями в различных научных изданиях, положительной оценкой широкой научной общественностью, в том числе имеющими высокий научный авторитет редсоветами, редколлегиями рецензентами, научными редакторами, ведущими специалистами страны, на различных научных форумах, а также практическим использованием.

6. Практическая ценность работы. Основная практическая полезность полученных результатов состоит в некотором расширении знаний, в создании определенного теоретического и практического задела (базиса) для дальнейшего познания в области нелинейных (многовентильных) структур.

Теорема разложения:  $\prod_i F_i(S) \sqsubset \sum_i F_i(J)$ . Произведению изображений соответствует сумма оригиналов

Законы скачков:  $S_{j,n} \sqcup \{R_j, R_n\} = 0$ ,  $S_{j,n} \sqcup \{i_j, u_n\} = 0$ , "  $\{n, j\} \hat{I} [1, (n_x, j_x)]$

Конкретная практическая значимость заключена в:

- прогрессивности идеи, впервые высказанной автором применительно к ВП и ВИП РЭА, о введении с последующим использованием обширной информации по всему классификатору ВП (ВИП) в банки (базы) данных АРМ, САПР, суперЭВМ, локальных и глобальных вычислительных сетей и комплексов;

- перспективности концепции, впервые предложенной применительно к ВП РЭА, о возможности машинного синтеза новых базовых технических решений на уровне изобретений;

- конкретном подтверждении этой концепции в виде сформулированных работоспособных РАС и многих изобретений, обеспечивающих практически неограниченное количество новых полезных решений с преферентными свойствами и эффектами и формирующих, по существу, новые направления в различных областях применения ВП;

- достижении, благодаря этому, необходимого опережения научно-технических новшеств, известных в других промышленно развитых странах;

- развитию теории нелинейных (вентильных) цепей применительно к математическому анализу ПНЦ, УНЦ, ПИЦ, УИЦ интерметодическим способом и МЭГ на основе  $R$ -теорем, а также применительно к новому направлению - структурно-алгоритмическому синтезу новых ВС, объединенных единством изобретательских замыслов;

- создании теории ВП по проблеме критичности их состояний, а также по проблеме замкнутости общих рекуррентных уравнений для моментов переключения преобразовательных элементов (вентилей) ряда классов схем, получения таких уравнений на математически строгой основе, в том числе в:

а) разработке аналитических, машинных и графических (с помощью режимных портретов) способов оперативной оценки типа режимов многих классов ВС, простоте, удобстве и экономии средств по сравнению с экспериментальными способами;

б) обеспечении исследователей и проектировщиков ВП необходимой конкретной информацией о режимах более 130 классов схем, позволяющей еще до начала нового анализа или расчета по известным формулам оценить физическую корректность предполагаемых либо полученных ранее физико-математических результатов (теорий, инженерных методик и пр.), упредить возможные негативные последствия, обусловленные отсутствием такой информации;

- обеспечении исследователей апробированными на практике контрольно-приемами, позволяющими еще на ранних стадиях анализа оценить достоверность выполняемых математических выкладок, сокращение наносимого от ошибок ущерба;

- создании теорий ряда классов ВС, как следствие, в предоставлении специалистам новых, семантически содержательных сведений: описаний научно обоснованной физической сущности протекающих в схемах ЭМП, аналитических, машинных и на основе универсальных номограмм инженерных методик, в

том числе стандартизированных, то есть наиболее экономных;

- рекомендации исследователям общей поэтапно алгоритмизированной методики исследования ВП, отработанной на многих классах ВС и потому достаточно надежной;

- предоставлении широких возможностей и фронта работ исследователям и разработчикам ВП благодаря созданию обширного комплекса новых базовых технических решений, обладающих, согласно а.с. СССР, мировой новизной и народно-хозяйственной эффективностью;

- возможности практического использования обнаруженного автором явления (Р-явления), например с целью создания эффективных маломощных ВП, при менения их, в частности, в электроприводе в качестве безынерционных преобразователей-датчиков;

- возможности использования разработанных классификаций базовых ВС и обобщенных моделей ВП, обеспечивающих упорядочение существующего и создаваемого вновь арсенала ВС, осмысленный выбор схем при проектировании ВП и допустимость генерации новых решений и идей.

7. Реализация, использование, внедрение результатов. Основные научные результаты работы использованы и внедрены в промышленности, научной и инженерной практике, учебных процессах.

**Для примера**

Копия из общей машинной распечатки  
**Госизобретений (ГКИ) при ГКНТ СССР**  
 НИО "Поиск", ВНИИИИ,  
 113834, ГСП, Москва, Раушская наб., 4  
 № рег.: 34-171-187. Дата исполн.: 03.03.1989

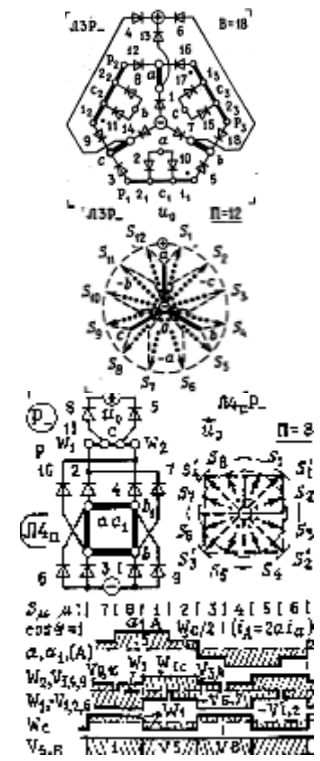
**СПРАВКА**

об использовании изобретений по А.С. №№

1053240, 1056398, 1072218, 1095332, 1228203, 1336179

Абонент: **Репин А.М.**

№ А.С.	Признак	Начало использования	Вид использования	Министерство, ведомство, его адрес	К1, К2, К3, К4/год	Внедрившая организация ее адрес
1053240	Внедрение	20.12.1983г	Первоиспользование	Министерство угольной промышленности	1,5; 1,5/1984 г.	ПО "Донецк-углеремонт", Донецкая обл.
1056398	Внедрение	23.09.1985г	Первоиспользование	Миннефте-химпром СССР	1, 1, 1,5/1986 г.	ПО "Бобруйскшина", Могилевская обл.
1072218	Внедрение	15.12.1987г	Первоиспользование	103074, Москва, Кутайский пр., к. 7, ГТУ, НРП	-,-,-/1987 г.	П/х А-1427, В-2519
1095332	Внедрение	10.01.1984г	Первоиспользование	103074, Москва, Кутайский пр., к. 7, ГТУ, НРП	3, 3, 4,5,3/1984 г.	П/х А-1427, В-2519
1228203	Внедрение	05.01.1987г	Первоиспользование	103074, Москва, Кутайский пр., к. 7, ГТУ, НРП	-,-,-/1987 г.	П/х А-1427, В-2519
1336179	Внедрение	30.08.1986г	Первоиспользование	103074, Москва, Кутайский пр., к. 7, ГТУ, НРП	-,-,-/1986 г.	П/х А-1427, В-2519



Зав.ОСМО: А.А. Бузникова  
 Копия верна: Б.М. Патрикеев

© Репин А.М. 26.9.2009  
 Продолжение (→ Ч.1) следует.