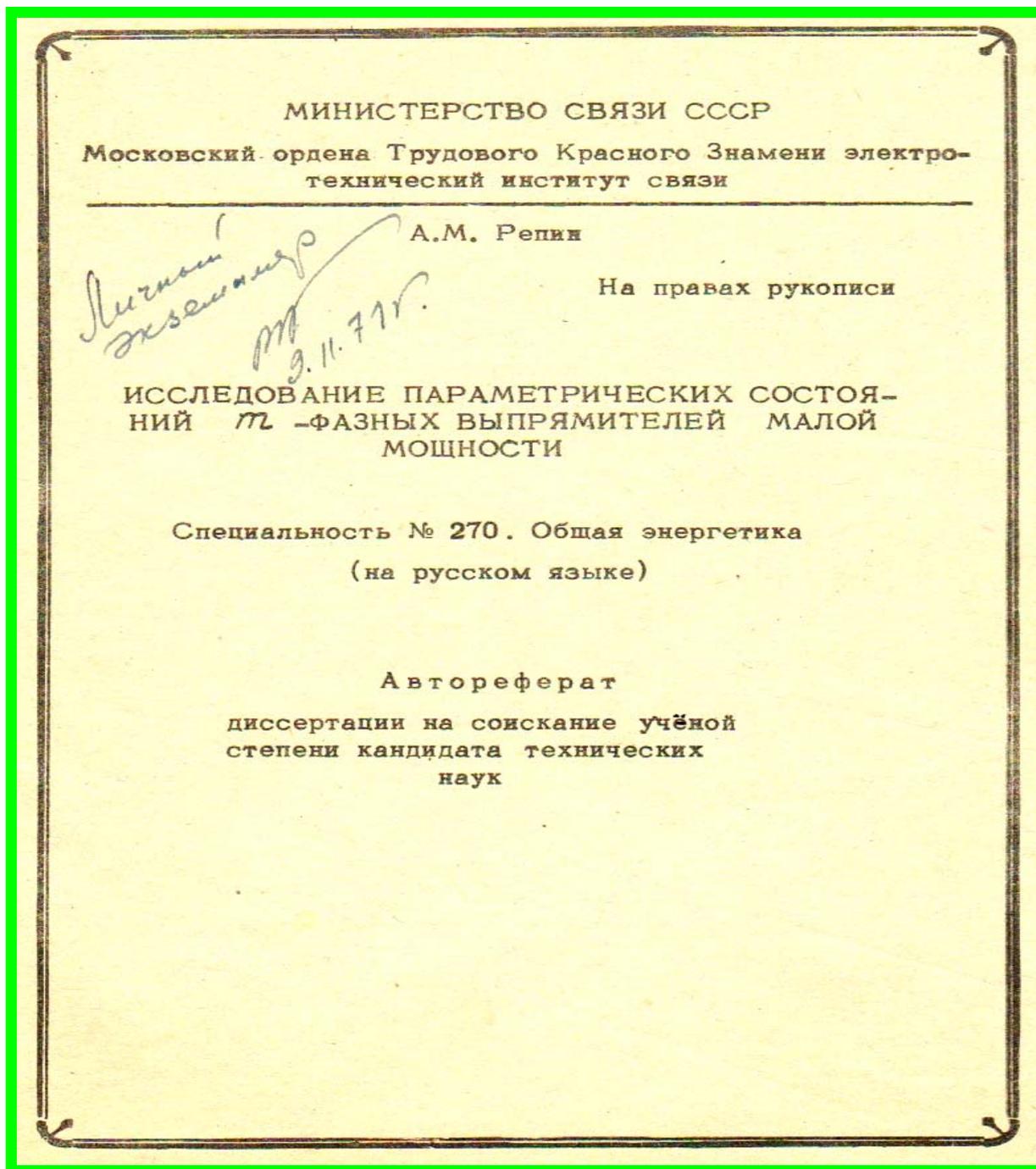


А.М. Репин. Исследование параметрических состояний m -фазных выпрямителей.
Repin Arkadiy M. *Research of parametric conditions of the m -phase rectifiers.*
/Abstract of PhD thesis. Вap.3. 1971–2015.

Анонс. С предисловием.

Впервые в авторском дизайне, при впервые лично (авторском) сканировании бумажной публикации 44-х-летней (почти полувековой) давности далее приведена новая электронная версия автореферата кандидатской диссертации автора. Тогда 36-ти-, а ныне 80-ти-летнего.



Отличия нового варианта от предыдущего (11.1.2013) в [//econf.rae.ru/article/7290](https://econf.rae.ru/article/7290), 14.1.13 существенны.

а) Как упомянуто выше, новая скан-копия – авторская.

б) С иного (“Личного”) экземпляра бумажного подлинника.

в) Он из числа обязательного списка. И потому на стр. 2 есть подпись Натальи Николаевны Баевой. Замечательного Учёного секретаря Объединённого Учёного Совета МЭИС. А, главное, хорошего человека.

г) На страницах 12, 14, 16–19 замечены авторские пометки. И вспомнилось, какие потребовались усилия, чтобы позднее избежать соблазна ‘испометить’ (нота бэнить, NB) весь реферат. И даже пи беглом взгляде на кратко сформулированное содержание обессиленно удивиться, как удалось одному, находясь, как и ныне, в окружении жзк, получить одному такие результаты, требующие, как теперь кажется, невероятного труда при благоприятных для того условиях. Чего, разумеется, не было. Нет. И уже не будет.

МИНИСТЕРСТВО СВЯЗИ СССР
Московский ордена Трудового Красного Знамени электро-
технический институт связи

А.М. Репин

На правах рукописи

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ СОСТОЯ-
НИЙ m -ФАЗНЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ МАЛОЙ
МОЩНОСТИ

Специальность № 270. Общая энергетика
(на русском языке)

Автореферат

диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических
наук

Редакционно-издательский отдел ВЗЭИС.
Москва 1971

д) На той же стр. 2 "Личного экземпляра" рукописно указаны отсутствующие в предыдущем варианте дата рассылки экземпляров (9.XI.1971 г.) и дата защиты диссертации (9.XII.1971 г.), опубликованного в аа также при впервые личном сканировании "личного экземпляра" (в виде скан-копии) приводится автореферат кандидатской Научная работа защищена 9.12.1971 года. В очень напряжённой обстановке. Всего лишь полгода ранее (в июне того же года), на плановой (обязательной по Положению ВАК) предзащите так называемый "научный (псевдо-) руководитель" автора-аспиранта, а также одновременно и с тем же названием "научный (якобы) руководитель", не только не прочитавший, но даже бегло не взглянувший ни в один из 6-ти поэтапных за три аспирантских года научных отчётов (однако ни разу, при полном бездельи, не отказавшийся получения своей не малой полставки, в разгах превышающей аспирантские 45 рэ) по так называемой хоздоговорной НИР, действительно "руководимой", полностью выполняемой автором-м.н.с. для им же найденного заказчика (п/я), неожиданно, даже не дав произнести "своему подопечному" ни слова, сразу и безапелляционно заявил о необходимости принятия решения об исключении автора-аспиранта Р. из аспирантуры в связи с отсутствием требуемых, согласно Положению ВАК, научных результатов, неготовностью диссертации и срочного прекращения финансовых нарушений вследствие необоснованного получения аспирантской стипендии (90 руб.). Се ля ви.

Работа выполнена в Московском ордена Трудового Красного Знамени электротехническом институте связи

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор АКСЕНОВ В.Н.
кандидат технических наук
БЕЛОПОЛЬСКИЙ И.И.

Ведущее предприятие указано в решении Ученого Совета

Автореферат разослан " 9 " _____ 1971 г.

Защита диссертации состоится " 9 " _____ 1971 г.
на заседании Объединенного Совета факультетов МЭС и АЭС.

Адрес: г.Москва, Е-24, Авиамоторная ул, д.8-а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Ученый секретарь
Объединенного Совета, к.т.н.,
доцент

Край (Н.Баева)

Ж) "Личный экземпляр" Автореферата обнаружен только что. Неожиданно. И к немалому удивлению. Но с радостью. Ранее и много лет безрезультатно искомый. Как это рукописно указано на обложке автореферата. С подписью автора и датой 9.11.71 г. При тираже «т.150» экз. Ровно через месяц (после даты рождения автора) приоритетной датой «26.X-71 г.» в типографских реквизитах на стр. 23 автореферата. И через полмесяца после трудно переживаемой до сих пор и особенно тогда, «трагической гибели» (как указано в газете "Ленинское знамя" от 13.10.1971 г., через месяц после отмеченного дня рождения 11.9.1925 г.) родного автору брата Александра. Комсомольца-добровольца. С января-апреля 1942 г.» (по сути, с 16 лет) – «активного участника Великой Отечественной войны», служившего «от рядового до полковника» во многих воинских частях и местах, в т.ч. в советской зоне Берлина, выпускника Военно-политической Академии (Москва, СССР), «принципального политработника, отзывчивого, чуткого товарища, инспектора политического управления военного округа, с чувством высокой ответственности выполнявшего свой воинский долг, отдавая все силы и знания работе. И за проявленные мужество и героизм отмеченного многими правительственными наградами. Светлая память о нём навсегда в наших сердцах».

Так что приводимый здесь материал, многим полезный, посвящается родным к 90-летию воина Александра Михайловича Репина. Погибшего в 46 лет. И потому 44-летию его гибели. И такому же возрасту, 44 годам прилагаемого электронного варианта бумажного автореферата авторской кандидатской диссертации.



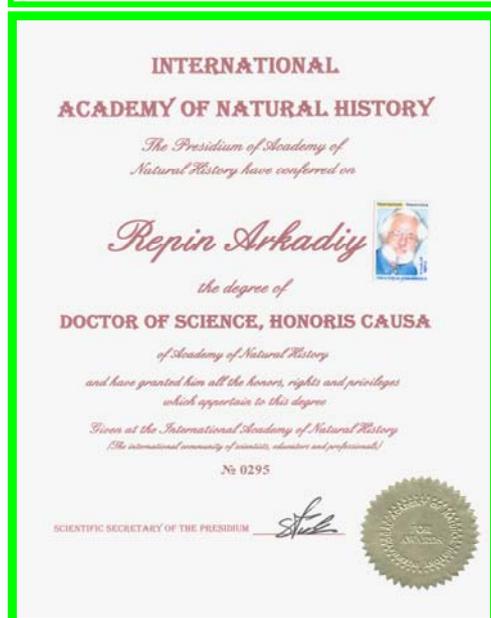
Дед Филипп, мать Александра, Шурик. 1932 г. С братом Аркадием, женой Милей и дочкой Лидией. 1952 г.

Актуальность проблемы и цель диссертационной работы

За последнее время у нас в стране и за рубежом особое значение приобрела микроэлектроника. Твердотельные схемы, схемы с туннельными диодами и другие потребовали создания источников вторичного питания с нижним уровнем напряжений до долей вольта. Практика дала ряд схем источников питания, основанных на использовании общих принципов m -фазного ($m = 3, 6, 12, 18, 24 \dots$) выпрямления и новых схем стабилизаторов. Специфика их работы привела к выделению таких источников в особую категорию – маломощных источников низких и ультранизких напряжений (источников НН и УНН).

В настоящее время инженерные методы их расчета, необходимые разработчикам, практически отсутствуют. Важным для практики является знание о состояниях источников при изменении схемных параметров в широких пределах (о параметрических состояниях), в частности, при изменении нагрузки от холостого хода до короткого замыкания. В связи с широким внедрением микромодульной техники в различные области народного хозяйства исследование параметрических состояний выпрямителей малой мощности, как одного из неотъемлемых и ответственных узлов радиоаппаратуры, устройств связи и других приборов, имеет важное практическое значение.

В реферируемой работе исследуются параметрические состояния m -фазных выпрямителей малой мощности при учете нелинейности характеристик вентилях, различных видов нагрузки и внутренних сопротивлений. Задачи решаются в направлении возможных обобщений, создания методов анализа и инженерных методов расчета. Решения базируются на результатах, достигнутых в трудах М.Демонтевинье, М.П.Костенко, Л.Р.Неймана, И.Л.Каганова, Б.П.Терентьева, В.Н.Аксенова и других советских и зарубежных ученых, создавших фундаментальные основы общей теории преобразования энергии.



А.М. Репину



Сертификат почётного Доктора
Наук Международной Академии
Естествознания.

Научная награда. Медаль лауреата Нобелевской Премии П.Л.
Капицы и Диплом РАЕН «За создание базовых терминов
«конверсика», «реактроника» и открытие Р-явлений в конверсике».

Содержание.

Диссертационная работа содержит введение, пять глав, заключение, приложение и список литературы.

В в в е д е н и и изложены состояние и общая постановка задачи, цель и содержание работы. Показано, что за счет существенного влияния внутренних активных сопротивлений, присущего для источников питания микроэлектронной аппаратуры, m -фазные схемы работают в глубоких (K -го порядка) коммутационных режимах, когда в работе попеременно участвует то V , то $V^- = V - I$ внутренних ветвей (фаз трансформатора, вентиля и пр.). Получение результата в общем виде для любого K -го коммутационного состояния схемы с любым числом фаз является актуальной задачей и имеет научный и практический интерес. Единственная попытка решить подобную задачу без учета активных сопротивлений была предпринята М.Демонтевилье (*M. Demontevigniez*) еще в 1924 году, который вместе с тем подчеркнул, что "присутствие омического сопротивления вносит в расчет непреодолимые затруднения".

Между тем оказывается, что для рассматриваемых в диссертации классов схем такое решение выполнимо.

П е р в а я г л а в а посвящена исходным предпосылкам и методам анализа. Приводятся положения и понятия, используемые в работе. Даются определения основным состояниям m -фазных схем, для краткости обозначенным как $P \subset Z$, $P \subset X$, $P \subset H$, что соответствует режимам прерывистых выходных токов (когда внутри интервала повторяемости процессов имеется хотя бы один подынтервал, в котором все вентили закрыты), коммутационным режимам (когда имеются подынтервалы, в которых одновременно работает две или более внутренних ветвей) и режимам, когда в любой момент времени в работе участвует только одна внутренняя ветвь (не коммутационные и не режимы прерывистых токов). Указаны их отличительные признаки. В отличие от состояний $P \subset H$, которые могут быть только одного вида, состояний $P \subset X$ может быть множество. Максимально возможное число K_x коммутационных режимов для схем с активными потерями, при учете напряжения смещения вентиля E_s и при любом виде нагрузки определяется выражением, соответствующим режиму глухого короткого замыкания выходных каналов выпрямителя,

$$\kappa_x = \begin{cases} \kappa_\varepsilon & \leftarrow \cos \kappa_\varepsilon \theta > \varepsilon > \cos \kappa^+ \theta \\ \kappa_\varepsilon^- & \leftarrow \cos \kappa_\varepsilon \theta = \varepsilon \end{cases}, \quad (1)$$

где угол $\theta = \pi/m$; знаки \pm без цифр наверху соответствуют величинам на единицу больше или меньше исходной; число κ_ε соответствует такому, когда удовлетворяется указанное неравенство; $\varepsilon = E_s / S_\alpha$; S_α - амплитуда синусоидальной э.д.с. Для относительно высоковольтных схем ($\varepsilon \approx 0$)

$$\kappa_{xx} = \frac{1}{2} \left\{ m - \frac{1}{2} [(-1)^m + 3] \right\} \leftarrow m \geq 2. \quad (2)$$

Зная, что $V = \kappa^+$, легко найти число ветвей, участвующих в коммутации.

Изложена сущность методов относительных, операторных и коммутационных эквивалентов. Первые два из них, относящиеся к решениям задач соответственно в области вещественного и комплексного переменного, основаны на известном приеме приведения именованных величин к базисам или к основаниям, что иногда выполняется лишь на этапе некоторых промежуточных выкладок. В работе используется приведение к основаниям самих схем, подлежащих анализу. Преобразованная схема является относительным эквивалентом своего оригинала. Так что в приведенных (или относительных, безразмерных) единицах осуществляется все исследование, включая построение схемы анализа, составление исходных уравнений, получение исходной и других переменных (токов, напряжений и пр.), нахождение интегральных, алгебраических и других расчетных величин, необходимых при проектировании, составление программы и решение на ЭВМ, построение расчетных номограмм и другие этапы исследования, вплоть до разработки инженерной методики расчета, относящейся уже к задаче синтеза. Переход к именованным величинам (амперы, вольты и пр.) осуществляется лишь в конце этапа проектирования при расчете трансформатора и выборе вентиля для конкретно (т.е. при данном m) рассчитываемой схемы. Это приводит к целому ряду удобств и упрощений и позволяет получить результаты в общем виде, абстрагируясь от конкретных значений параметров потребителя (мощности, напряжения и пр.).

Сущность приема коммутационных эквивалентов состоит в том, что мы от разветвленной многовентильной цепи переходим к одно-контурной линейной цепи с эквивалентно-коммутационными параметрами, что позволяет довольно просто получить решение в общем виде в форме рекуррентных соотношений, пригодных для любого k -го коммутационного состояния m -фазной схемы.

При аналитических решениях применяется операторный метод — преобразование Лапласа. Для перехода от изображения к оригиналам в общем случае используется одна из предложенных модификаций формулы разложения, которая применительно к m -фазному выпрямлению упрощает нахождение реакции $R(v)$ линейной цепи, если известны Лапласовы изображения пассивных и активных воздействий \mathcal{E}_i и структурных коэффициентов $W_{i\mu}$, представляющих собой функции оператора S и записываемых в виде рациональной дроби с полиномами $Z(S)$ в числителе и $Z'(S)$ в знаменателе.

$$R(v) = \sum_{i=1}^{l_x} \mathcal{E}_i(S) \prod_{\mu=1}^{m_x} W_{i\mu}(S) = R_y(v) + R_n(v), \quad (3)$$

$$R_y(v) = \sum_{i=1}^{l_x} \sum_{\nu_i=1}^{\nu_{ix}} A_{i\nu_i} e^{S_{\nu_i} v}; \quad R_n(v) = \sum_{i=1}^{l_x} \sum_{\mu=1}^{m_x} \sum_{\zeta_{\mu}=1}^{\zeta_{\mu x}} A_{\mu\zeta_{\mu}} e^{S_{\zeta_{\mu}} v}, \quad (4)$$

$$A_{i\nu_i} = z_{\mathcal{E}_i}(S_{\nu_i}) \left[\prod_{\mu=1}^{m_x} W_{i\mu}(S_{\nu_i}) \right] / z'_{\mathcal{E}_i}(S_{\nu_i}) = f(S_{\nu_i}), \quad (5)$$

$$A_{\mu\zeta_{\mu}} = \mathcal{E}_i(S_{\zeta_{\mu}}) z_{W_{i\mu}}(S_{\zeta_{\mu}}) \left[\prod_{\substack{\mu=1 \\ \mu \neq \mu}}^{m_x} W_{i\mu}(S_{\zeta_{\mu}}) \right] / z'_{W_{i\mu}}(S_{\zeta_{\mu}}) = f(i, S_{\zeta_{\mu}}), \quad (6)$$

где ν_i, ζ_{μ} — индексы полюсов \mathcal{E}_i и $W_{i\mu}$; $R_y(v)$, $R_n(v)$ — установившаяся и переходная части непрерывной реакции цепи, а один штрих наверху означает взятие первой по S производной от знаменателя соответствующей дробно-рациональной функции.

Записанная в общем виде формула (3) охватывает целый ряд частных случаев, касающихся как непрерывной, так и импульсной реакции линейной диссипативной цепи общего ζ_x -го порядка

NB. По «Обобщённым формулам /теоремам разложения ...» (ОФ/ТР) см. // Изв. АН СССР. ЭИТ. 1973. № 5. //ИЭА. URL: <http://econf.rae.ru/article/6485, ..6486, ..6545, ...> . Также докторскую диссертацию автора (электронную версию).

По методу эквивалентных реакций (МЭР) см. сноску на стр. 22 далее.

m -фазного неуправляемого и управляемого выпрямителя при его работе в любом как во внекоммутиционном, так и k -го порядка коммутиционном режимах. Получаемые при этом результаты не содержат по отношению к формуле разложения принципиальной новизны и могут быть получены в большом количестве. Часть из них приведена в главе. В частности, показано, что реакция цепи на импульсные периодические воздействия содержит в k -м периоде три составляющих:

1) непрерывную реакцию, определяемую при нулевых начальных условиях;

2) непрерывно-импульсную реакцию, обусловленную ненулевыми начальными условиями, общими для всего переходного импульсного состояния;

3) непрерывно-импульсную реакцию, обусловленную местными начальными условиями (в момент вступления k -го импульса), т.е. запасом энергий в реактивностях, приобретенных от действия пачки прошедших $(k-1)$ импульсов данного источника.

Результат по реакции цепи на периодические импульсные воздействия получен в форме конечного числа алгебраических членов (в явном замкнутом виде). Указанный прием назван методом эквивалентных реакций. Для удобства пользования получен ряд изображений пачек текущего числа импульсов, отражающих характерные для выпрямителей сигналы.

Изложенные методы позволяют кратчайшим путем и в удобной и наглядной форме исследовать различные состояния m -фазных выпрямителей.

Во второй главе подробно исследуются параметрические состояния m -фазных схем без потерь с комплексной нагрузкой индуктивного характера при работе в чисто выпрямительном и управляемом режимах, а также режимах от холостого хода до короткого замыкания и при изменении катодной индуктивности от нуля до бесконечности.

Наибольшее внимание уделено физике процессов - одному из важнейших и проблемных вопросов при современных представлениях в теории и технике преобразования. Получены все необходимые выражения переменных и уравнения углов, осуществлен их анализ.

К главам 3 и 5. Скан-копии с ксерокопий, ксерокс с фото. Р-явление наглядно установлено

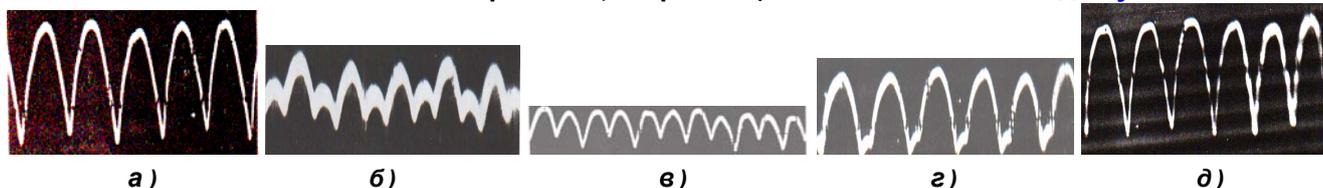


Фото осциллограмм с экрана электронного осциллографа. Формы тока нагрузки. В 3-фазной мостовой схеме ЛЗrR. При $n = r/R \sim 0$, XX (а), $n < n_r$ (б), $n = n_r \sim 0,58$ (в), $n > n_r$ (г), $n \gg n_r$, КЗ (д). 1966г.

Определены амплитудные значения токов вентиля, фазы и нагрузки и напряжения на катодном дросселе. Показано, что на основе уравнений методики "припасовывания" легко доказывается положение о равенстве нулю среднего значения напряжения на дросселе в установившемся импульсном режиме. Это приводит к выводу, что катодная индуктивность не влияет на среднее значение тока полезной нагрузки, которое поэтому может быть определено как при работе на чисто активную нагрузку. Напряжение на индуктивности, будучи знакопеременным, отстает от ф.э.д.с. по нулевым значениям с положительной производной и опережает ее по экстремальному значению и по нулевым значениям с отрицательной производной в отличие от непрерывного режима работы, когда это напряжение, как известно, опережает приложенную э.д.с.

Схемы рассматриваемого класса находятся в состоянии $\rho < H$ с присущими ему особенностями – схемы работают только в этом режиме независимо от схемных параметров, а также от рассмотрения временных или параметрических, установившихся или переходных процессов; в работе участвует только одна внутренняя ветвь в любой момент времени; вентили вступают в работу поочередно; длительность их открытого состояния равна длительности импульсов воздействия на нагрузку (периоду "огивающей" ф.э.д.с.). Индуктивность не влияет на форму и величину пульсации выходного напряжения и на время работы вентиля и фаз трансформатора.

Получены параметрические (частотные, нагрузочные и текущие относительные) характеристики. Определены расчетные величины: средние и действующие значения токов и напряжений элементов схем, пульсации напряжения (тока) полезной нагрузки, обратное напряжение на вентиле, полезная мощность и другие.

Форма обратного напряжения – важного параметра при определении прочностных свойств вентиля и находимого обычно по отдельным интервалам времени и для каждой схемы – и его амплитуда, необходимая при выборе вентиля, определены графически и аналитически в общем и простом виде, пригодном для любой m -фазной схемы и любого μ -го интервала,

$$U_{обр} = -2 \sin \mu \theta \sin [\psi - (\mu - 1)\theta]; U_{обр} = 2 \cos \left[\frac{(-1)^m - 1}{4} \theta \right], \quad (7)$$

$$\mu = 1, 2, \dots, \mu_x; \mu_x = \frac{1}{2} \left\{ m + \frac{1}{2} [(-1)^m - 1] \right\}.$$

Построены расчетные номограммы по результатам решений на ЭВМ "Наири" трансцендентных уравнений и расчетных соотношений. Использован предложенный встречно-линейный масштаб, когда бесконечные значения величин переходят в нули их инверсных аналогов, что удобнее чем логарифмический (нелинейный) масштаб. Аргументом служат обобщенные параметры цепи нагрузки (декремент и постоянная времени).

Результаты рассмотренных частных случаев (при $L = 0, \infty$) совпадают с известными. Определены границы справедливости упрощенной теории, основанной на условии $L \rightarrow \infty$.

Осуществлено сравнение с результатами, полученными автором при емкостном характере нагрузки с конечной емкостью фильтра.

Для удобства практического пользования найдены упрощенные соотношения. Для этого использован предложенный прием по линеаризации нелинейных зависимостей с помощью интерполяционных формул, идея которых вытекает из интерполяционного полинома Лагранжа. Это позволило предложить простой способ и найти простую линейную формулу для определения пульсаций в полезной нагрузке — этого важного параметра, характеризующего качество работы выпрямителя и являющегося при точном решении не только нелинейной, но и неявной функцией схемных параметров. Если пульсация задана, то для определения индуктивности фильтра, достаточной для ее обеспечения, получено

$$L = a_m TR / \Delta \bar{U} \quad (8)$$

где

- $\Delta \bar{U}$ — пульсация, трактуемая как относительный размах колебания тока нагрузки,
 a_m — числовой коэффициент, зависящий от числа m импульсов воздействия на нагрузку за период T изменения э.д.с.

В отличие от используемых на практике формула (8) соответствует физическому смыслу и вполне определенно отражает связь между индуктивностью и пульсацией, проста, удобна для практического применения и дает хорошую точность в широком диапазоне

схемных параметров (при $1 \leq g = \frac{\omega L}{R} \leq \infty$ для $m \gg 2$).

Приведена простая методика инженерного расчета рассмотренного класса схем.

Аналогичные результаты получены для управляемых выпрямителей, из которых при угле управления, равном нулю, предыдущие результаты получаются как частные. Установлены режимы, именуемые критическими, граничными и промежуточными, даны им соответствующие соотношения схемных параметров и зоны работы. Условие нулевой критичности, определяющее переход в режим $P \subset 3$,

$$\operatorname{tg}(\alpha_{кр} - \varphi) = \operatorname{ctg} \theta \pm h(\theta \delta_{кр}); \quad (0 \leq \varphi \leq \pi/2 \rightarrow \pi/2 - \theta \leq \alpha_{кр} \leq \pi/2) \quad (9)$$

дает связь между критическими значениями пяти реальных параметров α , R , ω , m , L , сведенную к двум (для данного m) параметрам - углу управления α и обобщенному декременту цепи нагрузки $\delta = \operatorname{ctg} \varphi = R/\omega L$. Тип режима определяется согласно правилу

$$\alpha \leq \alpha_{кр} \rightarrow P \subset H; \quad \alpha > \alpha_{кр} \rightarrow P \subset 3. \quad (10)$$

Результаты главы, касающиеся не единичных схемных решений, а их совокупности в m -фазном исполнении, имея и самостоятельное значение, создают информационные предпосылки для исследования более сложных случаев.

Третья глава посвящена детальному исследованию параметрических состояний m -фазных схем с активными потерями, нагрузкой активного и индуктивного характера, при учете характеристик вентилях (режимы от холостого хода до короткого замыкания).

Заменяв реальную характеристику вентиля смещенной двухлинейной и допуская далее обычные при анализе выпрямителей условия, получена схема замещения m -фазного выпрямителя. Воспользовавшись идеей метода относительных эквивалентов (ОТЭ) и ключевым представлением вентиля и допуская полную симметрию внутренних ветвей (амплитудную и фазовую симметрию ф.э.д.с. и симметрию внутренних сопротивлений и напряжений смещения вентилей), получена схема ОТЭ. Найдя по теореме Эйлера-Листинга

число независимых контуров и воздействуя на систему контурных уравнений оператором суммы, получен коммутационный эквивалент схемы для k -го подынтервала коммутации. Определены его эквивалентно-коммутационные параметры. На основе формулы разложения (3) для случая активной нагрузки найдена исходная переменная, в качестве которой выбран выпрямленный ток. Определены остальные переменные (напряжения на нагрузке и на внутренних сопротивлениях, токи вентиля и фаз).

На основе уравнения непрерывности (одного из системы уравнений методики "припасовывания") получена в явном и простом виде связь угла коммутации $\gamma = 2\varphi$ со схемными параметрами для k -го подынтервала коммутации ($k = 1, 2, 3, \dots, k_x$):

$$N_{(k)} = N_{(k)0} [1 - \varepsilon \text{sc}(\kappa\theta + \varphi_k)] , \quad (\text{II})$$

где $N_{(k)0}^{-1} = y_{(k)0}^{-1} - \kappa$; $y_{(k)0}^{-1} = \sin \kappa\theta \cos(\theta - \varphi_k) / \sin \theta \cos(\kappa\theta + \varphi_k)$,

$N = R/\zeta$ - приведенное сопротивление нагрузки R ;
 ζ - внутреннее сопротивление, а индекс ноль соответствует случаю $\varepsilon = 0$.

Найдены все соотношения, необходимые для расчета схем: средние и действующие значения токов и напряжений нагрузки, вентиля и фазы; пульсации, обратное напряжение, мощности потерь, коэффициенты форм токов и использования вторичных обмоток трансформатора и другие. В частности, действующее значение напряжения вторичной обмотки получено в виде (в безразмерных единицах)

$$U_\phi = \sqrt{\frac{1}{2} + n_{\text{тр}} \left(\frac{1}{2\zeta} D_{\phi(k)} + n_{\text{тр}} J_B^2(\zeta) \right)} , \quad (\text{I2})$$

где $n_{\text{тр}} = \zeta_{\text{тр}}/\zeta$;

$$D_{\phi(k)} = y^{-1} (S_\alpha^{(k)})^2 (2\varphi + \sin 2\varphi) + (y^-)^{-1} (S_\alpha^{(k^-)})^2 [2(\theta - \varphi) + \sin 2(\theta - \varphi)] - 2(\kappa\theta + \varphi) - \sin 2(\kappa\theta + \varphi) + \varepsilon 2n [y^{-1} S_\alpha^{(k)} \sin \varphi + (y^-)^{-1} S_\alpha^{(k^-)} \sin(\theta - \varphi)] ,$$

$J_B(\zeta)$ - действующее значение тока вентиля в приведенных к основанию единицах. Индекс ζ соответствует тому, что в каче-

стве основания для сопротивлений выбрано внутреннее сопротивление. При $z_{rp} = 0$ величина $U_{\phi} = 0,707I$, что иногда используется независимо от сопротивления фазы трансформатора.

Обратное напряжение на вентиле в точках минимумов напряжения на нагрузке

$$U_{обр\nu} = 2 \sin[(\kappa + \nu)\theta + \frac{1}{2}(\gamma \mp \delta)] \sin[\nu\theta - \frac{1}{2}(\gamma \pm \delta)] - \varepsilon, \quad (13)$$

$$\nu = 0, 1, \dots, \nu_x; \nu_x = \frac{1}{2} \left\{ m - \kappa + \frac{1}{2} [(-1)^m + (-1)^\kappa] \right\} = f(m, \kappa),$$

где для каждого значения ν , соответствующего двум смежным точкам, вначале берутся верхние знаки в выражении (13), затем нижние. Мощность потерь на вентиле по прямому току

$$P_{в.пр(z)} = n_{пр} J_B^2(z) + \varepsilon I_B(z), \quad (14)$$

где $n_{пр} = z_{rp}/z$; $I_B(z)$ - среднее значение тока вентилей.

Коэффициент относительной мощности потерь выпрямителя, определяющий отношение мощности потерь к полезной мощности, *(без учета потерь в стали)*

$$\xi = \frac{m n}{J_B^2(z)} (J_B^2(z) + \varepsilon I_B(z)), \quad (15)$$

где $n = z/R$, $J(z)$ - действующее значение тока нагрузки.

По полученным соотношениям построены параметрические, нагрузочные, текущие относительные и внешние характеристики. Решения осуществлены на ЭВМ "Минск-22" на основе аналитической программы, составленной автором, и при использовании стандартных машинных программ для $m = 3, 6, 12, 18, 24$; $\varepsilon = 0 \div \cos\theta$; $\kappa = 1 \div \kappa_x$; $n = 0 \div \infty$ (т.е. от холостого хода до короткого замыкания). Шаги итераций: $\Delta\varepsilon = 0,1$; $\Delta n = 0,1$ при $n = 0 \div 1$ и $\Delta N = 0,1$ при $N = 1 \div 0$; $\Delta\kappa = 1$; $\Delta\gamma_x = 5^\circ$.

В связи с неопределенностью машинных решений для предельных режимов (холостого хода и короткого замыкания) численные значения расчетных величин после раскрытия неопределенности получены с помощью счетной машины *Soemtron*.

Осуществлена обработка машинных решений.

Построены оптимальные (в смысле удобства пользования) расчетные номограммы. Приведена сравнительно простая инженерная методика расчета.

Вскрыты принципиальные особенности работы m -фазных схем при учете активных потерь, активной нагрузки и напряжения смещения вентиля (схем класса $\geq RE_s$). Обнаружено, что при изменении приведенного сопротивления нагрузки изменение величины пульсации носит колеблющийся (пульсирующий) характер. Выявлены и разобраны граничные и критические режимы k^* -го порядка. Условие k^* -й критичности, определяющей переход от k^* -го в k^{*+1} -й коммутационный режим, получено в явном и простом виде

$$N_{кр}(k) = N_{кр(k)0} (1 - \varepsilon \sin k^* \theta); N_{кр(k)0}^{-1} = \operatorname{tg} k^* \theta \operatorname{ctg} \theta - k^*. \quad (16)$$

При этом частота пульсаций в m раз больше частоты э.д.с., а их значения – максимальны. Последнее является недостатком критических режимов.

Особенностью и важным достоинством граничных режимов является удвоение частоты и минимумы величины пульсации по сравнению со всеми другими режимами. Это позволяет в ряде случаев обойтись без фильтра или значительно уменьшить его. Последнее приобретает важное значение в свете возрастающих требований к габаритно-весовым показателям источников электропитания полупроводниковой и, в частности, микроэлектронной аппаратуры. Условие существования граничных режимов:

$$N_{гр}(k) = N_{гр(k)0} \left(1 - \varepsilon \cos \frac{1}{2} \theta / \cos \frac{2k+1}{2} \theta\right), \quad (16')$$

где $N_{гр(k)0}^{-1} = \alpha_k - k$; $\alpha_k = \sin k \theta / 2 \sin \frac{1}{2} \theta \cos \frac{2k+1}{2} \theta$

Граничные значения угла коммутации

$$\frac{\cos(\theta - \varphi_{гр,k}) - \varepsilon k \sin \theta / \sin k \theta}{1 - \varepsilon k \sin \theta / \sin k \theta} = \frac{\cos \varphi_{гр,k} - \varepsilon k^* \sin \theta / \sin k^* \theta}{1 - \varepsilon k^* \sin \theta / \sin k^* \theta}, \quad (17)$$

$$(0 \leq \varphi_{гр,k} \leq \theta \rightarrow k < k_x)$$

NB. По критическим состояниям схем различных классов вентильных конвертеров ЭЭ см. далее стр. 15, 17–19. Также [//econf.rae.ru/article/5635](http://econf.rae.ru/article/5635). и ..5636. 1967–10.11.2010. По граничным, точнее Pг-режимам (с открытыми автором в 1966 г. редуционно-редупликационными эффектами или Pг-явлениями) см., например, кандидатскую и докторскую диссертации автора, его публикации, в т.ч. [//econf.rae.ru/article/5641](http://econf.rae.ru/article/5641). (11.11.2010). ..6912 и 6913. (5.7.2012). ..7905 и 7914. (7.10.2013). ..8605 и 8608. (1991–15.9.2014). Открытие оказалось лакомым кусочком для плагиаторов (по-русски, мошенников, жуликов, воров, криминала). Так, в art.5641, наряду со списком публикаций автора [P1-26, 1966-2006], дан список [П1-14, 2006-09] случайно обнаруженных плагиаторов (реально - больше). США, Японии, Германии, др. Наиболее опасна так называемая, по нынешним терминам в СМИ, «преступная» группировка (группа «преступников») в позорном рассаднике Московского Энергетического института (МЭИ). Основные «фигуранты»: Мыцык Г.С., Коняхин С.Ф., Цишевский В.А., Гаврилов И.В., Угорелов А.Н. В своих публикациях, диссертациях 2006-09 г.г. утверждают своё авторство на, якобы ими, «установление факта удвоения» пульсности выпрямленного напряжения при соответствующем для конкрет-

ной схемы выпрямления отношении входного сопротивления Γ к сопротивлению нагрузки R ”, “нами установлен полезный эффект, режим удвоения пульсности”, “НОВЫЙ способ УДВОЕНИЯ пульсности выходного напряжения в традиционных схемах выпрямления”. Поддерживатели (соучастники, проигнорировавшие представленные автором открытия и этих строк очевидные даже дошкольям факты явного воровства, нарушения авторских и смежных прав): завья кафедры, председатели (напр., Маслов С.И.), “учёные” секретари (Цырук С.А., Кондратьев А.Б.), члены Дис. Советов (Д212.157.02 МЭИ, Д212.157.07 МАИ), проректоры, ректоры (Серебрянников С.В., ..) офиц. оппоненты (Резников С.Б., Пречиский В.А.), оппоненты “Ведущих организаций” ФГУП “ГОКБ “Прожектор”, ... , эксперты, в т.ч. секции ВАК по энергетике и гос. контролёры (по контролю деятельности подразделений МинОбрНауки. Всё и все – соучастники, “корруппированы”, “повязаны”. См. article/6737. И ссылки в ней.

Трансцендентные уравнения решены на ЭВМ с использованием программы, составленной на Fortran'e .

Определены границы корректности полученных результатов. Они охватывают состояния типа PCK . При работе m -фазных схем в режимах PCK достаточно воспользоваться результатами анализа, полученными для схем при $m = 1, 2$.

Выявлены особенности работы мостовых схем. Рассмотрены коммутационные режимы управляемых выпрямителей, даны зоны их работы и регулировочные характеристики, показана возможность работы при отрицательных углах регулирования, величина которого лежит в пределах $0 \leq |\alpha| \leq (\kappa - 1)\theta + \varphi_{\kappa}$.

Получены общие соотношения коммутационных эквивалентов, пригодные при любом виде нагрузки. На их основе аналогичным изложенному выше образом исследованы коммутационные состояния κ -го порядка m -фазных схем с активными потерями и нагрузкой индуктивного характера при конечных и бесконечном значениях индуктивности. Связи угловых и схемных параметров получены в явном виде. В частности, для m -фазных схем класса $\geq RL_{\infty}$ угол коммутации, его граничные значения и критические значения приведенного сопротивления нагрузки определены в виде:

$$\kappa^{\theta} (\kappa N_{\kappa})^{\theta} = \frac{1 - T_{\kappa} \operatorname{tg} \varphi_{\kappa}}{\operatorname{tg} \varphi_{\kappa} + T_{\kappa}} + \varphi_{\kappa}; (\kappa N_{\kappa P(\kappa-0)})^{\theta} = 1 / \kappa^{\theta} T_{\kappa}, \quad (18)$$

$$\sin \varphi_{\Gamma(\kappa)} + (\cos \varphi_{\Gamma(\kappa)} - 1) T_{\kappa} = \frac{1 - \cos \theta}{\sin \theta}; T_{\kappa} = \frac{(\sin \kappa^{\theta} - \cos \kappa \theta) \operatorname{csc} \kappa \theta}{\kappa^{\theta} \sin \theta} \quad (19)$$

Приведены результаты анализа κ -тых коммутационных состояний m -фазных схем при учете активно-индуктивных сопротивлений внутренних ветвей и в цепи нагрузки (схем класса $\geq RL_{\infty}$). Этот класс охватывает выпрямители малой (при работе на повышенных частотах) и средней мощности.

На примере указанных классов преодолена существующая трудность принципиального характера, когда при допущении катодной индуктивности, равной бесконечности, и использовании методики “приспособления” не удается получить в явном виде связи угла коммутации со схемными параметрами.

NB. По результатам физико-математических исследований ЭМП в ВС класса $\mathcal{E}(S)km(M)\underline{r}RL_{\infty}$ (при их работе в коммутационных режимах κ -го порядка, во всём диапазоне нагрузок от XX до K3, в т.ч., разумеется, и критических (при очередном увеличении одновременно коммутируемых внутренних ветвей), и граничных – с удвоением частотной кратности пульсации и снижением её уровня в 4 раза /иначе, редупликационно-редукционных режимах с открытыми автором Pr-явлениями) см. в econf.rae.ru/article/9463, 1969-73–25.8.2015.

Показано, что коммутационные состояния схем с активными потерями равнозначны (квазиадекватны) при всех трех видах нагрузки — активной, индуктивной и емкостной. В качестве критерия по оценке квазиадекватности предложено использовать условия критичности состояний. Это позволяет кратчайшим путем осуществить сравнение коммутационных состояний схем различных классов, исключив наиболее трудоемкие этапы исследования, какими являются: получение производных переменных, их анализ, определение интегральных и других расчетных величин, составление программ и решение на ЭВМ, обработка машинных решений и ряд других этапов.

Если удастся показать квазиадекватность состояний, достаточно исследовать один из сравниваемых классов схем, наиболее просто анализируемый. Это существенно сокращает объем исследований и дает основание отнести указанный прием к числу эффективных средств в технике анализа вентильных преобразователей.

Для производственной практики открываются в этом случае перспективы использования результатов исследования одного класса (например, при активной нагрузке) при разработке схем иного класса (например, с емкостной нагрузкой), результаты анализа коммутационных режимов которого в настоящее время отсутствуют.

Ч е т в е р т а я г л а в а посвящена общим условиям существования основных состояний m -фазных выпрямителей и их графоаналитической реализации для конкретных классов схем. Показано, что после обоснованного выбора исходных предпосылок и должного составления схемы замещения реального устройства важнейшим этапом на пути его исследования является установление состояния схемы при заданных соотношениях параметров ее элементов. Определение типа режима считают специальной проблемой, от правильного решения которой зависят все последующие аналитические и физические результаты.

В главе сделана попытка получить общие условия существования режимов $P_{сЗ}$, $P_{сК}$, $P_{сН}$ и критических. Их привлечение позволяет в ряде случаев формализовать процедуру исследования схем и предупредить еще до начала анализа получение аналитических результатов, противоречащих физической сущности явлений. Приведенные условия критичности состояний или их возможная интерпретация способствуют выяснению границ принципиальной

справедливости некоторых известных и вновь создаваемых теорий схем m -фазных вентильных преобразователей различных классов.

На основе таких условий в главе осуществлена графоаналитическая реализация нулевой и k -го порядка критичности для значительного числа классов схем, охватывающих выпрямители малой, средней и большой мощности. При этом учтены: разные виды нагрузок - активная, емкостная, индуктивная; различные внутренние сопротивления - активные и (или) индуктивные; синусоидальные и представленные рядом Фурье фазные э.д.с; наличие и отсутствие напряжения смещения вентиля (или противо-э.д.с.); работа в неуправляемом и управляемом режимах. Часть из таких условий приведена в таблице. Результаты, полученные при допущении бесконечности величины первых реактивных элементов нагрузки, относятся и к случаю общей нагрузки, представленной в виде цепи из Γ - или Π -образных реактивных звеньев - многозвенные фильтры.

С целью оперативной оценки состояний даны рекомендации в удобной для практического использования форме. Показано, в частности, что при определенных соотношениях внутренних сопротивлений и нагрузки схемы с емкостной нагрузкой находятся в коммутационных состояниях независимо от величин емкости фильтра и внутренних индуктивностей. Известные ^(вместо бесконечной емкости) результаты справедливы без ограничений лишь для режимов РСЗ. В главе получено общее решение, пригодное для любого как внекоммутационного, так и k -го коммутационного режима любой m -фазной схемы при конечных ^(т.е. реальных) значениях емкости и учете характеристики вентиля.

На основе исходных переменных (с привлечением которых найдены условия критичности) не составляет принципиальных затруднений получить остальные переменные состояний и расчетные соотношения, необходимые для анализа и проектирования многофазных схем указанных в главе классов, и разработать инженерные методы их расчета подобно выполненному в предыдущих главах.

Следует отметить, что графическую интерпретацию условий критичности как и получение расчетных номограмм удается осуществить лишь для простейших случаев, когда число определяющих параметров не превышает трех. Но скажем при несинусоидальной форме фазных э.д.с, представленных в виде ряда $\nu = 1, 2, \dots, \nu_x$ гармонических составляющих, условие уже нулевой критичности

интерпретируется лишь в ν_x^2 - мерном евклидовом пространстве, что графически реализовать невозможно. Нужны аналитические критерии оценки состояний и электрических показателей схем. Задача синтеза в этом случае становится практически неразрешимой.

Нулевая критичность

№	Класс	Формула критичности	Определяющие параметры	Примечание
1	$E_S RL_\infty$	$\varepsilon_{кр} = \sin \alpha \operatorname{arctg} \frac{1 - \cos 2\theta}{2\theta - \sin 2\theta}$	ε	$\varepsilon = E_S / S_\alpha$
2	$\varepsilon E_S RL_\infty$			
3	R ЧВ	$\alpha_{кр} = \psi_0 = \frac{\pi(m-2)}{2m}$	α	
4	εR			
5	RL ЧВ	$\alpha_{кр} = \operatorname{arctg} [\operatorname{ctg} \theta \operatorname{th}(\theta/g_{HL})]$	α, g_{HL}	$g_{HL} = \omega L / R = \operatorname{tg} \psi$
6	$\varepsilon E_S RII C_\infty$	$\varepsilon_{кр} = (1+N) \cos \theta - N \theta^{-1} \sin \theta$	ε, N	$N = \varepsilon^{-1} = R/\varepsilon$
7	$\varepsilon E_S RII C$	$e^{-2\theta\delta_0} \frac{\cos \beta \cos(\theta+\beta) + n(\cos \theta - \varepsilon)}{\cos \beta \cos(\theta-\beta) + n(\cos \theta - \varepsilon)}$	ε, n g_{HC}	$\delta_0 = \operatorname{ctg} \beta = (1+N)g_{HC}$
8	$\varepsilon \varepsilon RII C_\infty$	$n_{кр,0}^+ = A_{кр} \theta^{-1} \sin \theta;$ $A_{кр} = \frac{\sin \theta + \cos \psi_B \sin(\theta - \psi_B)}{[\sin(2\theta - \psi_B) + \sin \psi_B e^{-2\theta\delta_B}] \cos \psi_B} + \frac{\sin \psi_B \cos(\theta + \psi_B) e^{-2\theta\delta_B}}{[\sin(2\theta - \psi_B) + \sin \psi_B e^{-2\theta\delta_B}] \cos \psi_B}$	n g_B	$g_B = \operatorname{tg} \psi_B = \omega l / \varepsilon = \delta_B^{-1}$
9	$\varepsilon \varepsilon E_S RII C_\infty$	$N_{кр} = N_{кр,0} (1 - \varepsilon \operatorname{csc} \psi_{кр})$ $\psi_{кр} = \operatorname{arctg} B_{кр};$ $B_{кр} = \frac{1 - \cos \psi_B \cos(2\theta - \psi_B) - \sin \psi_B e^{-2\theta\delta_B}}{\sin(2\theta - \psi_B) + \sin \psi_B e^{-2\theta\delta_B}}$	ε N g_B	$g_B = \delta_B^{-1}$
10*	$\varepsilon RII C_\infty$ $\varepsilon \neq S$	$n_{кр,0}^+ = \frac{[\sum_{\nu=1}^{\nu_x} \alpha_\nu \cos \psi_\nu \sin \nu \theta]}{[\theta \sum_{\nu=1}^{\nu_x} \alpha_\nu \cos(\nu \theta + \psi_\nu)]}$	n, ν α_ν, ψ_ν	$d_\nu = \frac{S_{0\nu}}{S_{01}}$
11*	$\varepsilon RII C_\infty$ $\varepsilon \neq S$	$N_{кр} = N_{кр,0} \left(1 + \varepsilon \left[\sum_{\nu=1}^{\nu_x} \alpha_\nu \cos(\nu \theta + \psi_\nu) \right]^{-1} \right)$	N, ε, ν α_ν, ψ_ν	$\alpha_1 = 1; \psi_1 = 0$

*) $\delta_\mu = \sum_{\nu=1}^{\nu_x} \alpha_\nu \cos [\nu \theta + \psi_\nu - 2(\mu-1)\theta]; (\mu=1, 2, \dots, m; \nu=1, 2, \dots, \nu_x)$

Критичность κ -го порядка

№	Класс	Формула критичности	Определяющие параметры	Примечание
1	κR	$\kappa_{кр.0(\kappa)} = \operatorname{tg} \kappa^* \theta \operatorname{ctg} \theta - \kappa^*$	κ	$\kappa^* = \kappa \pm 1$
2	κRE_S	$N_{кр(\kappa)} = N_{кр.0(\kappa)} (1 - \varepsilon \operatorname{сск}^* \theta)$	N, ε	$N = \kappa^{-1}$
3	$\kappa RII C_{\infty}$	$\kappa_{кр.0(\kappa)} = \theta^{-1} \operatorname{tg} \kappa^* \theta - \kappa^*$	κ	
4	$\kappa E_S RII C_{\infty}$	$N_{кр.0(\kappa)} = N_{кр.0(\kappa)} (1 - \varepsilon \operatorname{сск}^* \theta)$	N, ε	
5	κRL_{∞}	$N_{кр.0(\kappa)} = \frac{1}{\kappa} \left(\frac{1}{\kappa^* \theta T_{\kappa}} - 1 \right); T_{\kappa} = \left(\frac{\sin \kappa^* \theta}{\kappa^* \sin \theta} - \cos \kappa \theta \right) \operatorname{сск} \theta$	N	
6	$\kappa E_S RL_{\infty}$	$N_{кр(\kappa)} = N_{кр.0(\kappa)} - \varepsilon [T_{\kappa} \kappa^* \sin \kappa \theta]^{-1}$	N, ε	
7	$\kappa \kappa RL_{\infty}$	$N_{кр(1)}^+ = \frac{1}{2\theta} \left[\frac{\cos \chi_1 \sin(\chi_1 + \theta + \psi)}{\cos(\psi_1 + \theta)} + \chi_1 \right]$ $\operatorname{tg} \psi_{кр(1)} = [1 + (\operatorname{tg} \theta - 2 \operatorname{tg} \chi_1) \operatorname{tg} \chi_1] / [3 \operatorname{tg} \chi_1 - \operatorname{tg} \theta]$ $\operatorname{tg} \psi_1 =$ $\frac{\cos \theta + \cos \psi_B \cos(\theta - \psi_B + \chi_1) - \sin \psi_B \sin(\theta + \psi_B) e^{-\chi_1 \delta_B}}{\sin \theta + \cos \psi_B \sin(\theta - \psi_B + \chi_1) + \sin \psi_B \cos(\theta - \psi_B) e^{-\chi_1 \delta_B}}$ $\chi_{кр.1} = \lim_{\delta_B \rightarrow \infty} \delta_{кр(1)} = \operatorname{arctg} [2 \sin \theta \sin 2\theta / \sin 3\theta]$	N	$N^+ = N + 1$ $\infty \gg \delta_B \gg 0$ $2\theta \gg \chi_{кр(1)} \gg \chi_{кр.1}$
8	κRL_{∞}	$g_{(R)кр(1)} = 2\theta \frac{\sqrt{\sin^2 3\theta + (2 \sin \theta \sin 2\theta)^2} - \sin 3\theta}{\sqrt{\sin^2 3\theta + (2 \sin \theta \sin 2\theta)^2} + \sin 3\theta}$	$g_{(R)}$	$g_{(R)} = \omega e / R$

В. По критическим состояниям см. также соответствующие разделы материалов автора по конкретным классам схем – в докторской диссертации, научных отчётах с государственной регистрацией, депонированных “руко” (машино)писях, докладах на НТК, НТС, статьях, книгах, напр., в кн. Стабилизаторы низких и милливольтовых напряжений. – М.: Энергия. 1974. Глава 2 (автора), с. 41–98.

В пятой главе приведены результаты экспериментальной проверки теоретических исследований. Схемы эксперимента подвергнуты осциллографическому обследованию с помощью двухлучевых осциллографов CI-18 и *Osw-2D* и измерениям электрических величин посредством приборов высокой точности. Осуществлена оценка погрешностей приближенных методов расчета по сравнению с предложенным на основе точных решений.

Экспериментально подтверждены: квазиадекватность коммутационных состояний m -фазных схем с активными потерями при активной и индуктивной нагрузках; критичность параметрических состояний схем с емкостной нагрузкой; их работа в коммутационных режимах независимо от величины емкости или индуктивности фильтра и внутренних индуктивностей; неравенство интервалов заряда конденсатора фильтра и открытого состояния вентиля; переход конденсатора за время λ от процесса накопления энергии к процессу ее отдачи в полезную нагрузку (или обратно) $2K+1$ раз; колеблющийся характер величины пульсации при изменении определяющих параметров; наличие граничных и критических режимов; нелинейный характер внешних характеристик и другие теоретически вскрытые и принципиально важные положения.

Хорошее совпадение результатов теории и эксперимента подтверждает правильность предложенных методов анализа и проектирования схем и дает основание рекомендовать их для практического использования.

Приложение содержит расчетные номограммы и вывод формулы разложения для случая произведения многих мероморфных функций.

В заключении подведены итоги работы. К основным результатам отнесено следующее:

1. В работе приведены определения основных параметрических состояний многофазных выпрямителей и в аналитической форме найдено максимально возможное число коммутационных режимов работы схем с активными потерями.

2. Приведена сущность приемов, для определенности именуемых методами относительных и операторных эквивалентов, позволяющих исследовать электрические схемы и цепи, абстрагируясь от конкретных значений их элементов и переменных состояния.

3. Выведена в общем виде формула разложения, позволяющая находить в явном и замкнутом виде оригиналы изображений, представленных в форме произведения мероморфных функций. На ее основе получен ряд соотношений по определению непрерывной и импульсной реакций линейной нагрузки выпрямителей. Для удобства использования метода эквивалентных реакций найдены изображения текущего числа периодической последовательности импульсов характерных для выпрямителей сигналов.

4. На основе указанных методов осуществлено в общем виде полное исследование параметрических состояний многофазных выпрямителей без учета потерь с комплексной нагрузкой индуктивно-го характера при их работе в неуправляемом и управляемом режимах и режимах от холостого хода до короткого замыкания. Вскрыты принципиальные особенности их работы, дана инженерная методика расчета выпрямителей указанного класса. Осуществлено сравнение с результатами, полученными автором для схем с емкостной нагрузкой при конечных значениях емкости.

5. На основе предложенного метода коммутационных эквивалентов решен ряд практически важных задач по исследованию коммутационных состояний k -го порядка m -фазных выпрямителей малой мощности с конкретной и общего вида нагрузкой.

6. Выявлены принципиальные особенности работы многофазных выпрямителей с активной и индуктивной нагрузкой при учете внутренних активных и индуктивных сопротивлений и характеристики вентиля, получены в рекуррентной форме все необходимые расчетные и параметрические соотношения и номограммы, приведены этапы инженерной методики расчета схем указанных классов, охватывающей все возможные режимы от холостого хода до короткого замыкания. Показана квазиадекватность коммутационных состояний выпрямителей малой мощности при активной, индуктивной и емкостной нагрузках.

7. Приведены необходимые и достаточные условия существования основных параметрических состояний многофазных выпрямителей и для значительного числа классов схем малой, средней и большой мощности осуществлена графоаналитическая реализация условий нулевой и k -го порядка критичности состояний.

8. С целью проверки и подтверждения основных результатов теоретических изысканий поставлен эксперимент. Данные экспериментальных исследований и изложенной теории совпадают. Осциллографическое обследование электромагнитных процессов схем подтвердило достоверность обнаруженных явлений.

Материалы диссертации нашли отражение в следующих работах автора:

1. Переходные процессы в многофазном преобразователе с конечной катодной индуктивностью, НТК МЭИС, 1969. Труды МЭИС, 1970, вып.2.

2. Исследование схемы m -фазного выпрямления при работе на омическую нагрузку с учетом активных сопротивлений элементов схемы. Труды учебных институтов связи, 1969, вып.46 (в соавторстве).

3. Установившиеся процессы в схеме m -фазного выпрямителя при работе на активную нагрузку, шунтированную емкостью. Труды учебных институтов связи, 1969, вып.47 (в соавторстве).

4. Влияние активного сопротивления трансформатора и вентилей на процессы в схеме m -фазного выпрямления. НТК МЭИС, 1968, Труды МЭИС, 1969, вып.2 (в соавторстве).

5. Установившиеся процессы в схеме m -фазного выпрямителя с управляемыми вентилями, НТК МЭИС, 1969, Труды ВЗЭИС, 1971 (в соавторстве).

6. К теории и расчету m -фазного выпрямителя при RC -нагрузке. НТК МЭИС, 1967, Труды МЭИС, 1969, вып.2 (в соавторстве)

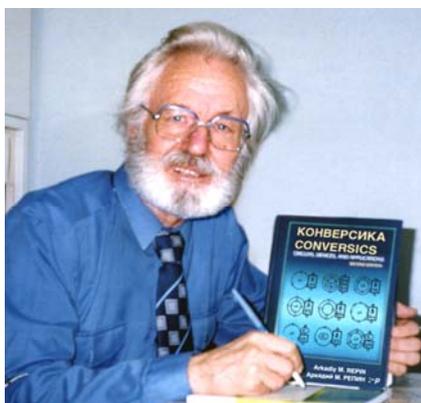
7. К расчету исходной переменной импульсного состояния многофазных выпрямителей, сборник докладов 7 НТК ТПИ, изд-во Томского гос.университета, 1971.

А.М. РЕПИН

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ m -ФАЗНЫХ
ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Специальность № 270. Общая энергетика
(на русском языке)

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



13.8.1997. 62 года. Москва. В спецшколе ВВС. Фев. 1952. 16 лет. 4.10.2005. 70 лет. Москва.
(Военно-Воздушных Сил). Найдено 26.2.2006. Политехнический музей. Подъезд 9

Редактор О.Ф.Чеховская
Корректор Л.В.Ходаковская

Подписано в печать 26.X-71 г., Л.И17660, т.150, изд.№ 399.
п.л. 1,2, зак.тип.№ 705. Бесплатно.

Типография ВЗЭИС. Москва, Е-24, Авиамоторная, 8.

Автореферат диссертации /Abstract of PhD thesis © Репин А.М. / Repin A.M. 1971. 11.11.2011. 15.9.2015.
Посвящается 90-летию воина Александра Михайловича Репина и родным.