

Дважды V^+ суть $4V^+$. $v^+ = v + 1$, $\forall v \in \mathbb{N}$. Абсурд? Открытие
К истории конверсики. К историзмам. Ч.2

Анонс с Предисловием. В материале автора //НЭА, URL www.econf.rae.ru/article/5641 изложена сущность явления, обнаруженного автором в 1966 г. Впервые в т.н. “прикладной” науке. Обычно полагают, что открытия могут быть лишь в т.н. “фундаментальной” науке. Новое электромагнитное состояние в конвертерах электроэнергии автор впоследствии назвал **редукционно-редупликационным** или **P_r -явлением**. В **article-5641** приведен список литературы. С буквой **P**, [P1–P26] – автора. С буквой **П**, [П1–П14] – заимствователей. Иначе, плагиаторов. По-русски, похитителей, пиратов, жуликов, воров. По гражданскому и уголовному кодексу России, а также международным правовым нормам – нарушителей авторских и смежных прав. При соответствующих наказаниях. В т.ч., в виде лишения свободы на определённый срок.

Недавно в интернете автор обнаружил ещё одну публикацию. П15. **Автореферат** очередной по хищению диссертации. 2009 г. Работа выполнена на кафедре “Электротехнические комплексы автономных объектов – ЭКАО” МЭИ. Зав. каф.: **Маслов С.И.** Соискатель: **Коняхин С.Ф.** “Научный” руководитель: **Мыцык Г.С.** Дисс. Совет Д212.157.07 при МАИ (ТУ). Председатель ДС: . Учёный секретарь: **Кондратьев А.Б.** Официальные оппоненты: доктора тех. наук, профессора **Пречисский В.А.**, **Резников С.Б.** В совпадающем, по сути, автореф. 1-й дисс. **К.С.Ф.** 2006 г.: Дисс. сов. Д212.157.02 при МЭИ (ТУ), предс. **Маслов С.И.**, “учён.” секр. **Цырук С.А.** Оппоненты – те же. Эксперты ВАК: автору не известны. Как и в 2006 г., **Мыцык** и **Коняхин** в 2009 г. в выводах утверждают о “**новом, практически значимом результате выполненного исследования – установлении факта удвоения пульсности выпрямленного напряжения при соответствующем для конкретной схемы выпрямления отношении входного активного сопротивления R выпрямителя к его выходному сопротивлению R .** Этот факт **предложено** использовать для построения **безынерционных датчиков 3-фазного напряжения**”.

P.S. О псевдоновизне “**практически значимых результатов и предложения**” очередного, липово остепенённого псевдоучёного **СМ.** не только **давние** публикации автора из списка [P], но и **свежие**. Например, материалы, представленные 28.11.2004 г. на VIII Московский Международный **Салон** промышленной собственности **Архимед-2005**. Они **опубликованы**. В день открытия Салона. 15.3.2005. Как в **бумажном Каталоге**, так и в **электронном** его варианте на сайте Центра «Архимед». **A** также в упомянутой работе автора **article5641 НЭА**. Публикации [П11–П14] указанных похитителей – 2006–2007 гг. Вторая диссертация и её автореферат – 2009 г. Видимо, есть другие. Но **все – после** публикаций автора. На протяжении почти **полувек**. Так что, эти **все – ворованные**. **По сути**.

Ниже **впервые** в **электронной** версии (в виде отсканированных или скан-копий, т.е. как **документ**) и, следовательно, **впервые** для **всеобщего достояния предлагается 1-я**, иначе, **приоритетная** публикация автора [P1]. 1967 г. Наряду с другими результатами, она содержит **сведения о принципиально новом** электромагнитном состоянии при работе **вентильных конвертеров электроэнергии в режиме выпрямления**. А именно, о частотном **удвоении (редупликации)** пульсации выходного (знакопостоянного) напряжения и **снижении (редукции)** её уровня в **4** раза. Причём, **без типичного, с той же целью, дополнительного введения (увеличения в 2** раза) числа источников фазосдвинутых ЭДС, числа конверсирующих элементов (**КЭ** или **вентилей**) и объёмных, энергоёмких, электромагнитных, индуктивно-ёмкостных **LC** - или/и **электронных фильтров [P2- P26]**.

Этот «факт» **действительно выявлен («установлен»)**. Но не в 2006-09 гг. А в 1966-67 гг. На **40** лет раньше. И обнаружили его **не Мыцык&Ко, тем паче, НЕ Коняхин, не тандем “ЦыКх” [П11-П15]**. А **автор этих строк [P1]**. В чём с **очевидностью убедится любой** ознакомившийся с прилагаемой скан-копией **научного отчёта** автора 1967 г. Даже взглянув на неё лишь бегло. По **диагонали**. И даже будучи предвзятым. Как, например, т.н. “**официальные оппоненты**”. Что дважды (в 2006 и 2009 гг.) дали **положительные** заключения. **Вопреки сообщению автора ректорам МЭИ и МАИ об известности (из давнего английского патента) схемы выпрямителя с компенсирующим трансформатором, являющейся в диссертации главным достижением соискателя, а также широкой известности т.н. “новизны установления соискателем факта удвоения пульсности”.**

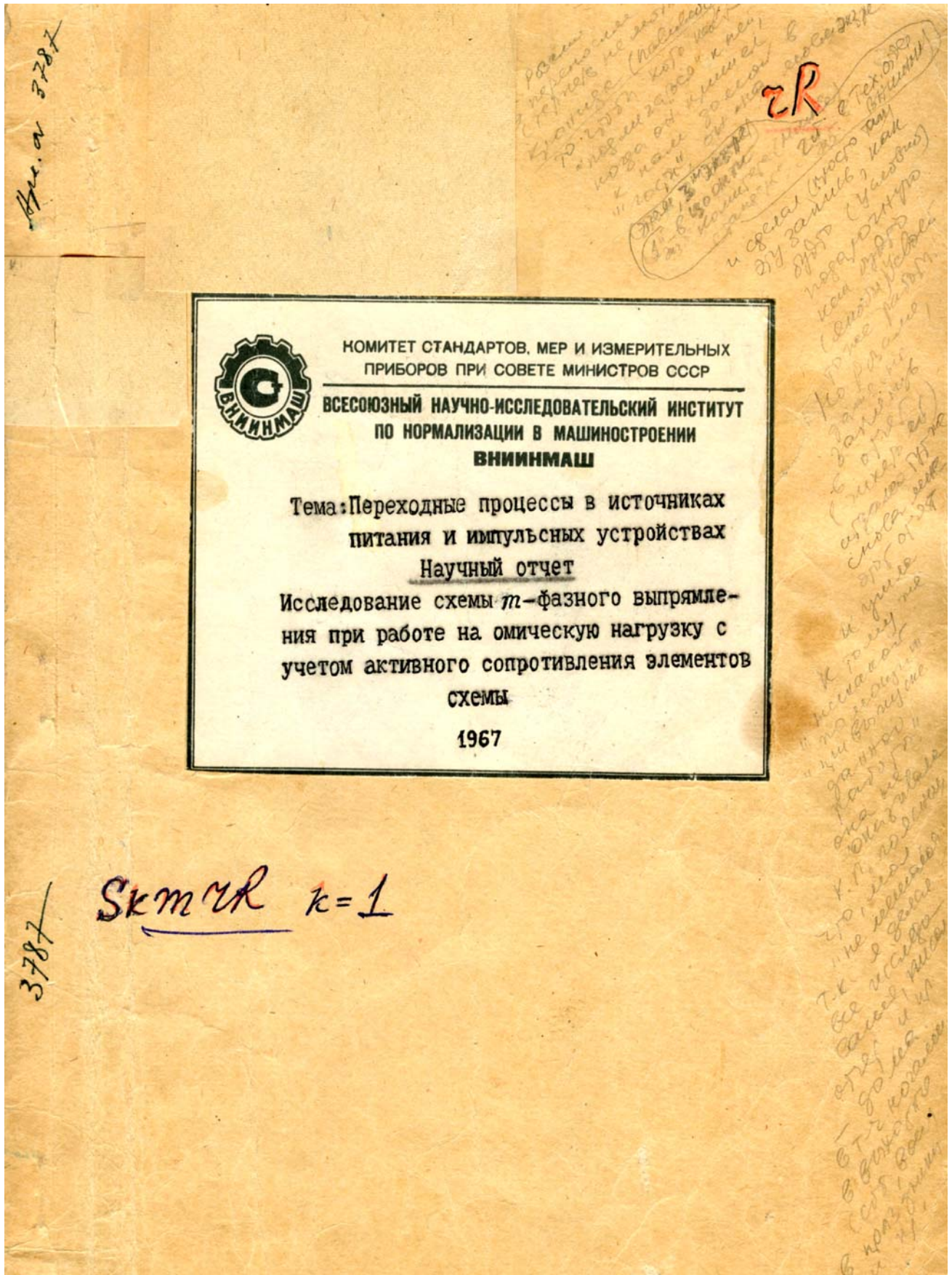
Найдётся ли, при тотальной безнравственности в России, хотя бы один порядочный, смелый человек?

NB. Как **радиоинженер** (учившийся на радиотехнических факультетах двух вузов – военного в Киеве, в/ч 40864 и гражданского в Москве, МАИ, готовивший радиоаппаратуру при ежедневных полётах МиГов-17 в полку в/ч в Чугуеве, родине **И.Е. Репина**, а также радиокомплексов на боевых ракетах, в т.ч. первого “Протона” в п/я фирмы акад. **В.Н. Челомея** и на космодроме «Байконур», пр.), автор в отчёте и статьях назвал обнаруженное им состояние частотного удвоения в безреактивных/**резистивных** вентильных схемах класса **$SkmrR$ просто: граничным режимом**. Позднее оказалось, это – **явление. Открытие**.

Творение - это по-Божески. Воровство, убиение – убожество. Допещерный уровень приматов.

Впервые в электронной версии. Скан-копия. 3.9.2010

Не основание, а просто повод: посвящается 200-летию и 213-летию от 6.6.1799 г. ГЕНИЮ.
И тоже безвинно убиенным, а также живущим моим родным, родственникам, друзьям, товарищам, коллегам.



Комитет стандартов, мер и измерительных
приборов при Совете Министров СССР

Всесоюзный научно-исследовательский институт
по нормализации в машиностроении

ВНИИНМАШ

Апр № 3787-67

УТВЕРЖДАЮ

Директор института
к.т.н.


/В.Р.ВЕРЧЕНКО/

Тема: Переходные процессы в источниках
питания и импульсных устройствах


Научный отчёт

Исследование схемы m -фазного выпрямления
при работе на омическую нагрузку с учетом
активного сопротивления элементов схемы

Зам.директора по
научной части

Нач.отдела № 31

Руководители темы,
ответственные испол-
нители и исполнители

 /Е.ПАНФИЛОВ/

/В.ТЕТЕРЮКОВ/

 /А.РЕПИН/

/К.СОБИНОВ/

Согласовано:

Начальник научно-
технического отдела

 /В.ВИНОГРАДОВ/

Москва
I 9 6 7г.

П Р О Т О К О Л № 12
заседания НТС отдела № 31 от 14 ноября 1967 г.

Председатель –нач.отдела №31	Тетерюков В.А.
Секретарь –инженер	Фадеева Г.П.
Члены НТС: нач.отдела № 32	Сельский В.А.
зам.нач.отдела 30	Лоттерштейн А.Х.
зам.нач.отдела 32	Репин А.М.
руководитель темы	Гаврилов А.В.
руководитель темы	Подкаминер Л.Л.
руководитель темы	Собинов К.П.
руководитель темы	Дегтярев В.И.
ведущий инженер	Виноградов В.П.
ведущий инженер	Матусовский А.М.

Обсужден научный отчет "Исследование схемы m -фазного выпрямления при работе на омическую нагрузку с учетом активного сопротивления элементов схемы" по теме "Переходные процессы в источниках питания и импульсных устройствах"

НТС отмечает:

1. Исследованы установившиеся импульсные режимы схемы m -фазного выпрямления при учете активного сопротивления трансформатора и вентиля.

Получены расчетные аналитические зависимости. Выявлены принципиальные особенности работы схем выпрямления. Дана простая методика расчета m -фазных схем выпрямления. Работа может служить основой унификации методов расчета и практического исполнения схем.

2. Работа может быть рекомендована к опубликованию.

3. Работа рекомендуется к утверждению.

Председатель НТС

Секретарь

Члены НТС –

Сельский
Репин
Подкаминер
Дегтярев
Матусовский

Тетерюков

Фадеева

Лоттерштейн

Гаврилов

Собинов

Виноградов

АННОТАЦИЯ

Исследованы установившиеся режимы схемы m -фазного выпрямления с учетом активного сопротивления трансформатора и вентиляей. Получены расчетные аналитические зависимости. Выявлены принципиальные особенности работы схемы, получены граничные и критические значения величины отношения внутреннего активного сопротивления элементов схемы к омическому сопротивлению нагрузки. Построены графики, позволяющие легко рассчитывать m -фазные схемы выпрямления, что позволяет унифицировать методы расчета и практического выполнения схем.

P.S. Приведенные в данном отчёте результаты полностью получены автором этих строк. Первые наброски сделаны в 1966 г. в связи с обнаружением странного, при привычных представлениях, режима работы выпрямителя. Физического состояния, при котором частота пульсации знакопостоянного напряжения на резистивной нагрузке оказывается (без учёта имеющейся при эксперименте асимметрии напряжений разных фаз, искажений высокочастотными колебаниями, пр.) фактически удвоенной относительно предельно возможной. Режимы удвоения частоты пульсации возникают при переходе работы схемы выпрямления между двумя режимами, известными под названием *критические*. Поэтому в отчёте такие режимы названы *граничными*. По аналогии с названиями физических состояний радиотехнических устройств.

Автор к тому времени уже отучился на радиотехнических факультетах двух авиационных ВУЗов. Военного (в/ч 40864) и (по окончании службы в армии, в т.ч. при обслуживании радиоэлектронной аппаратуры на истребителях МиГ) гражданского (МАИ). После чего работал в “закрытом” предприятии (п/я), в т.ч. при отладке радиокомплексов боевых ракет на т.н. площадке космического полигона в Казахстане, известного ныне под названием «космодром Байконур».

Из-за определённых обстоятельств отчёт написан с годичным перерывом. Лишь в конце 1967 г. Представленные материалы не являлись основной работой автора. Фактически результаты получены вне рабочее время. При наличии в плане. Мною сформулированы общее название темы, трёх из 4-х научных работ (отчётов, по одному – аспирантом-заочником К.П. Собиновым), Поставлены задачи. Выполнены физико-математические и экспериментальные исследования. Численные расчёты соответствующих зависимостей. Причём вручную, с использованием механического калькулятора (при участии К.П.С. из-за объёмности вычислений и громоздкости таблиц). Построены номограммы. Оформлен отчёт. Вплоть до вписывания формул, обозначений, знаков, букв (латинских, греческих, пр.). При этом в связи с общностью темы для всех 4-х работ и по предложению начальника НТО, определяющего нормативные условия, на титульном листе для упрощения и “унификации” указаны в одной записи фамилии двух руководителей, ответственных исполнителей и исполнителей.

Впервые предлагаемая электронная версия отчёта есть скан-копия случайно сохранившегося 3-го (т.е. низкого качества) машинописного экземпляра. При дополнительно существенном его ухудшении за прошедшие 45 лет текст и изображения отсканированы 3.9.2010 со всеми внесёнными тогда автором рукописными пометками, записями, правками. Отсканированы также записи на обороте некоторых листов отчёта (с односторонней печатью) и некоторые оказавшиеся между этими листами отдельные листы с рукописными, черновыми набросками, выводами формул, замечаниями. Тогда же в сентябре-декабре 2010 г. на Е-копиях этих листов было указано, к каким страницам/листам, частям текста или формулам они относятся. Частично были компьютерно набраны некоторые тексты. Однако, как и многое другое, файл этого дополнительного материала исчез. 7.1.2011 жёсткий диск ПК был сожжён. Злобами. Вся информация на нём уничтожена. Лишь как скан-копии, эти записи, возможно, будут приведены в “продолжении”.

По заявке автора на предполагаемое изобретение (заявитель – п/я А147) получено т.н. отрицательное решение. Отказ в выдаче авторского свидетельства СССР. С бальзамной для автора формулировкой. В моей интерпретации: явления удвоения типичной для данного выпрямителя частоты пульсации не может быть, т.к. не может быть никогда. Частота пульсации в 3-фазном мостовом выпрямителе с 6-вентильным мостом может быть максимум лишь 6-кратной. Но 12-кратной – никогда. Ибо при наличии лишь трёх, симметрично на 120 эл. град. сдвинутых по фазе ЭДС, имеющих каждая только два полупериода за один период, значение кратности возможно лишь максимум $2 \times 3 = 6$! Автор, вероятно, не знаком даже с популярной учебной литературой. Например, ...

Из-за амбициозности членом комиссии т.н. контрольного совета ГКИ СССР так и не удалось защитить преобразователь охранным документом. А после опубликования мною материалов в книге «Стабилизаторы низких и милливольтовых напряжений», М.: Энергия, 1974 г. ряд псевдоавторов и фирм получили патенты США, ФРГ, Англии, Франции, Японии, Канады, А.С. СССР.

И лишь в XXI веке автор награждён медалями Леонардо да Винчи, Капицы и Нобеля.



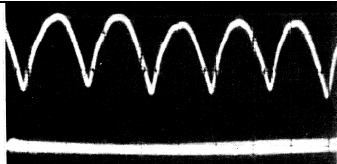
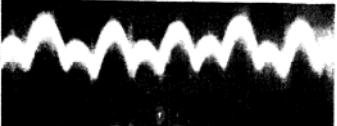
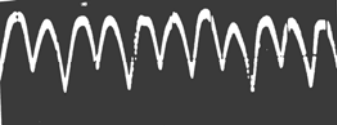

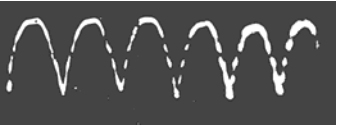
Но и в этом веке воровство продолжается. См. [П11-П15] в www.econf.rae.ru/article/5641.

В В Е Д Е Н И Е

Работа схем m -фазного выпрямления на омическую нагрузку без учета внутреннего сопротивления элементов схемы (трансформатор, вентили) общеизвестна. Часть вопросов работы указанных схем с учетом внутреннего активного сопротивления ее элементов освещена в ограниченном числе работ (например Л.1, 2)

Однако целый ряд вопросов работы упомянутых схем требовал дальнейшей их проработки.

В настоящей работе сделана попытка восполнить ряд имеющихся пробелов в исследовании этих схем с целью уточнения физики процессов в них и методики их расчета на предмет их унификации.

<p>Данная публикация посвящается гениальному Александру Сергеевичу</p> <p>6 июня 1999 г. – 200 лет 6 июня 2012 г. – 213 лет</p>  <p style="font-size: small;">выставка посвященная 200-летию А.С.Пушкина</p> <p>«Зачем твой дивный карандаш Рисует мой арапский профиль?..» Пушкин и художники. (графика, скульптура, иллюстрированные издания) из собрания профессора В.Г.Беликова с 21.05.1999г. по 27.06.1999г.</p>	 <p style="color: red; font-weight: bold; font-size: 1.2em;">Сентябрь 1965</p>	 <p style="text-align: center;">$n = r/R = 0$</p>  <p style="text-align: center;">$n < n_r$</p>  <p style="text-align: center;">$n = n_r = 1/\sqrt{3} = 0,5774$</p>  <p style="text-align: center;">$n > n_r$</p>  <p style="text-align: center;">$N = 1/n = 0$</p> <p>Осциллограммы тока в резистивной нагрузке 3-фазной ЛЗ-мостовой схемы при $n = [0, \infty]$</p>
---	---	---

Принятые обозначения

$u_o^{\bar{}}; i_o^{\bar{}}; i_1^{\bar{}}; i_2^{\bar{}}$ — мгновенные значения выпрямленного напряжения, выпрямленного тока, тока первого и тока второго вентилей в интервале коммутации I.

$u_o^{\bar{}}; i_o^{\bar{}}; i_1^{\bar{}}$ — тоже в интервале самостоятельной (одиночной) работы вентиля (внекоммутационный интервал II)

m — число фаз выпрямления

z — внутреннее активное сопротивление элементов схемы (трансформатора, вентиля)

R — омическое сопротивление нагрузки.

$e_1 = \varepsilon_m \sin(\nu + \psi_1)$
 $e_2 = \varepsilon_m \sin(\nu + \psi_2)$ — мгновенные значения электродвижущих сил (эдс) первой и второй фазы вторичной m -фазной обмотки трансформатора

ε_m — амплитуда

$\psi_1; \psi_2$ — начальные фазы

$\nu = \omega t$ — независимая переменная

t — время

$\omega = 2\pi f$ — угловая частота

f — частота

γ — угол коммутации (угол перекрытия)

λ — длительность горения вентиля

T — период

$U_{o\max}^{\bar{}}; i_{2\max}^{\bar{}}; U_{o\min}^{\bar{}}; i_{2\min}^{\bar{}}$ и т. д. — максимальные и минимальные значения соответствующих величин

$\Delta U = \frac{U_{o\max}^{\bar{}} - U_{o\min}^{\bar{}}}{U_o}$ — пульсация выпрямленного напряжения

U_o — среднее значение выпрямленного напряжения

$I_o = \frac{U_o}{R}$ — среднее значение выпрямленного тока

I_B — эффективное значение тока вентиля

I_P — эффективное значение тока фазы трансформатора

$n = \frac{z}{R}$ - относительная величина внутреннего активного сопротивления элементов схемы.

$\bar{I}_e; \bar{I}_o; \bar{U}_o; \bar{i}_i; \bar{i}_o$ и т.д. - относительные значения соответствующих величин.

Относительная величина любого из токов определяется как $\bar{i} = \frac{i}{i_g}$;

где: i - любой из токов (мгновенное, среднее или эффективное значение)

$i_g = \frac{\varepsilon_m}{R}$ - базисный ток

Относительная величина любого напряжения определяется как $\bar{u} = \frac{u}{u_g}$

где: u - любое из напряжений (мгновенное, среднее или эффективное значение)

$u_g = \varepsilon_m$ - базисное напряжение.

$u_{обр}$ - мгновенное значение, обратного напряжения на вентиле.

Схема замещения m - фазного выпрямителя и принятые допущения.

Схема замещения m -фазного выпрямителя с нулевой точкой трансформатора* приведена на рис. 1а (первичная обмотка трансформатора не показана).

Принимаем следующие допущения:

1. Характеристику вентиля в открытом (проводящем) состоянии считаем линейной, т.е. активное сопротивление вентиля $z_e = const$.

2. Индуктивностью рассеяния трансформатора пренебрегаем, как и током холостого хода.

Активное сопротивление обмоток трансформатора $z_{тр}$ (для фазы) считаем приведенным ко вторичной обмотке, питающей выпрямитель. Активное сопротивление фазы питающей сети z_c считаем приведенным ко вторичной стороне трансформатора.

**) Работа мостовых схем выпрямления в принципе не отличается от рассматриваемой. Некоторые особенности работы мостовых схем отмечены в тексте.*

****)** Изображения (схемы, диаграммы, графики) см. в Приложении, с. 25-29, |21|-|25|, /15/-/19/

Таким образом, имеем $z = z_c + z_\theta + z_{TP}$

3. Вентили предполагаем неуправляемыми.

Диаграмма напряжений и токов в схеме замещения приведена на рис. 1б, где штриховкой показано мгновенное значение обратного напряжения на вентиле 1.

Выбираем начало координат в т.О. Для анализа процессов достаточно рассмотреть интервал $\frac{T}{m} \equiv \frac{2\pi}{m}$, включающий в себя:

1) интервал коммутации (перекрытия) I, когда одновременно работают два вентиля и 2) интервал II самостоятельной (одиночной) работы вентиля.

Предположим, ^{что} вентиль 2 вступает в работу в момент $\vartheta = 0$. Отметим, что для $m=1$ и $m=2$ при любом $n = \frac{z}{R}$ интервал коммутации отсутствует. Для $m > 3$ в интервале коммутации могут работать одновременно более двух вентилях (см. ниже). Эти режимы в работе подробно не рассматриваются. При необходимости могут быть исследованы на основе настоящей работы.

Наличие интервала коммутации при отсутствии индуктивного рассеяния трансформатора может быть объяснено следующим образом:

Потенциал анода неработающего вентиля 2 определяется $e_2 = e_{in}$, а потенциал катода - напряжением $U = e_1 - i_1 z$. Поэтому напряжение анод-катод вентиля 2 проходит через нуль не в момент А (как при чисто омической нагрузке), а ранее - в момент 0, где вентиль 2 и вступает в работу. Аналогично, вентиль 1 закроется не в момент А

(или 0), а позднее - в момент $\nu = \gamma$, поскольку в фазе e_2 также появится падение напряжения от тока i_2 , и напряжение анод-катод вентиля 1 станет равным нулю только при $\nu = \gamma$.

Перейдем к анализу схемы.

Вывод основных соотношений.

1. Интервал коммутации $0 \leq \nu \leq \gamma$

Исходные уравнения имеют вид

$$\left. \begin{aligned} i_0^i &= i_1^i + i_2^i \\ e_1 - z i_1^i &= U_0^i \\ e_2 - z i_2^i &= U_0^i \end{aligned} \right\}$$

где: $U_0^i = i_0^i R$; $e_1 = \epsilon_m \sin(\nu + \psi)$; $e_2 = \epsilon_m \sin(\nu + \psi)$; $\psi = \frac{2\pi}{m} + \varphi$.

откуда, введя $n = \frac{z}{R}$, получаем в относительных единицах

$$\left. \begin{aligned} \bar{i}_1^i &= \frac{(1+n)\bar{e}_1 - \bar{e}_2}{n(n+2)} \\ \bar{i}_2^i &= \frac{(1+n)\bar{e}_2 - \bar{e}_1}{n(n+2)} \\ \bar{i}_0^i &= \frac{\bar{e}_1 + \bar{e}_2}{n+2} \\ U_0^i &= \bar{i}_0^i \end{aligned} \right\} \quad (A)$$

где: $\bar{e}_1 = \sin(\nu + \frac{2\pi}{m} + \psi)$; $\bar{e}_2 = \sin(\nu + \psi)$.

Ток первичной обмотки трансформатора определится как $i_0^i = i_1^i - i_2^i$

Из условия $\bar{i}_0^i(0) = 0$ получаем уравнение для определения ψ :

$$\frac{\sin \frac{2\pi}{m}}{n+2 \sin \frac{\pi}{m}} = \left\{ \left\{ \begin{aligned} \text{tg } \psi &= \frac{1 \cdot \sin \frac{2\pi}{m}}{1+n - \cos \frac{2\pi}{m}} \end{aligned} \right\} \right\} = \frac{1 \cdot \sin \frac{2\pi}{m}}{n+2 \sin^2 \frac{\pi}{m}} \quad (1)$$

Найдём зависимость для определения угла коммутации γ .

Выражение для тока \bar{i}_0^i может быть представлено в виде

$$\bar{i}_0^i = \frac{2 \cos \frac{\pi}{m}}{n+2} \sin \left(\nu + \psi + \frac{\pi}{m} \right)$$

это для $\nu=0$ дает: $\bar{i}_0^i(0) = \frac{2 \cos \frac{\pi}{m}}{n+2} \sin \left(\psi + \frac{\pi}{m} \right) = 0$ $i_0^i(0) = \sin \psi = U_0^i$

Максимум тока i_0^i имеет место при $\nu = \psi + \frac{\pi}{m} = \frac{\pi}{2}$, откуда время

максимума определяется как

$$\theta_m^i = \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{m} - \psi = \frac{\pi(m-2)}{2m} - \psi \quad (1')$$

Handwritten notes:
 (A)
 $n = \frac{\sin \frac{2\pi}{m} - 2 \sin \psi \cos \frac{\pi}{m}}{\cos \psi} = \frac{2 \sin \frac{\pi}{m} \cos \frac{\pi}{m} - 2 \sin \psi \cos \frac{\pi}{m}}{\cos \psi} = \frac{2 \sin \frac{\pi}{m} (\cos \frac{\pi}{m} - \sin \psi)}{\cos \psi}$
 $n = \frac{2 \sin \frac{\pi}{m} \cos \left(\frac{\pi}{m} + \psi \right)}{\sin \psi} = \frac{2 \cos \frac{\pi}{m} \sin \frac{\pi}{m}}{\sin \psi} \cdot \frac{\cos \left(\frac{\pi}{m} + \psi \right)}{\sin \psi}$
 $1+n = \frac{\cos \left(\theta - \frac{\pi}{m} \right)}{\cos \psi} = \frac{2 \sin \theta \sin \frac{\pi}{m}}{2 \sin \psi \cos \psi} = \frac{\sin \theta \sin \frac{\pi}{m}}{\sin \psi \cos \psi}$
 $\frac{1+n}{n} = \frac{\cos \left(\theta - \frac{\pi}{m} \right)}{\cos \psi} \cdot \frac{\sin \psi \cos \psi}{2 \sin \theta \sin \frac{\pi}{m}}$
 т.е. ток по времени с момента пересечения фаз.

Далее, величина ψ_0 (рис. 18) равна

$$\psi_0 = \frac{\pi(m-2)}{2m}, \text{ а } \psi_0 - \psi = \frac{\pi(m-2)}{2m} - \psi \quad (1'')$$

*(1'') опущено
испр. 26.11.69г.*

Сравнивая (1') и (1''), получаем $\theta_m^i + \psi = \psi_0$, а это означает,

что момент максимума тока i_0^i совпадает с моментом пересечения эдс

e_1 и e_2 (точка А рис. 18). В силу симметрии должно иметь место равенство

$$\psi_0 - \psi = \frac{\delta}{2} \text{ (или } \theta_m^i = \frac{\delta}{2} \text{)}. \text{ Подставив } \psi = \delta = 2\theta_m^i = \frac{\pi(m-2)}{m} - 2\psi \text{ в выражение для } i_0^i,$$

$$\text{получаем } i_0^i(\delta) = i_0^i(0) = \frac{2 \cos \frac{\pi}{m}}{n+2} \sin(\psi + \frac{\pi}{m}),$$

*опущено
испр. 26.11.69г.*

а поскольку точки В и В' эдс e_2 и e_1 (соответствующие моментам времени 0 и γ) симметричны относительно точки А, то момент времени θ_m^i

действительно является серединой интервала коммутации. Отметим, что

$$\text{при } \psi = \frac{\delta}{2} \quad i_1^i(\frac{\delta}{2}) = i_2^i(\frac{\delta}{2}) = \frac{i_0^i}{2} \quad \text{Таким образом, выражение}$$

$$\text{для } \gamma \text{ будет: } \gamma = 2\theta_m^i \text{ или } \gamma = \frac{\pi(m-2)}{m} - 2\psi \quad (2)$$

Длительность горения вентилей $\lambda = \frac{2\delta}{m} + \gamma = \pi - 2\psi = f(m, n) / 3$

*отсюда, имея формулу для γ ,
где λ — переключение вентилей: $\gamma = \lambda - \frac{2\delta}{m} = f(m, n)$*

Далее, поскольку $\bar{U}_0^i = i_0^i$, то, подставив $\psi = \frac{\delta}{2}$ в выражение для i_0^i , полу-

чаем максимальное значение выпрямленного напряжения в интервале

коммутации: $\bar{U}_{0 \max}^i = \frac{2 \cos \frac{\pi}{m}}{n+2}$ или после подстановки $n+2$ из (4):

$$\bar{U}_{0 \max}^i = \frac{\sin \psi}{\sin(\frac{\pi}{m} + \psi)} \quad (4) = \frac{2 \cos \frac{\pi}{m}}{n+2} \sin(\frac{\pi}{m} + \psi)$$

Очевидно, что при любом $n = \frac{2}{R}$

$$0 < \bar{U}_{0 \max}^i \leq \sin \frac{\pi(m-2)}{2m} = \sin \psi_0.$$

II. Внекоммутационный интервал $\delta \leq \psi \leq \frac{2\pi}{m}$

В этом интервале работает один вентиль 2. (рис. 1а).

Исходные уравнения:

$$\left. \begin{aligned} e_2 - e i_2^{\bar{}} &= U_0^{\bar{}} \\ U_0^{\bar{}} &= i_0^{\bar{}} R \\ i_0^{\bar{}} &= i_2^{\bar{}} = i^{\bar{}} \end{aligned} \right\}$$

где: $e_2 = \frac{E}{m} \sin(\psi + \psi)$.

В относительных единицах получаем

$$\bar{i}_2^{\bar{}} = \bar{i}_0^{\bar{}} = \bar{i}^{\bar{}} = \frac{1}{1+n} \sin(\psi + \psi); \quad \bar{U}_0^{\bar{}} = \bar{i}_0^{\bar{}}$$

Отсюда видно, что ток (напряжение) в нагрузке совпадает по фазе с напряжением работающей фазы.

Максимальное значение тока $\bar{i}_0^{\bar{u}}$ и выпрямленного напряжения будет в момент максимума эдс e_2 , равный $\theta_m^{\bar{u}} = \frac{\pi}{2} - \psi$, и имеет вид $\bar{U}_{0\max}^{\bar{u}} = \frac{1}{1+n}$ или после подстановки (4+n) из (1):

$$\bar{U}_{0\max}^{\bar{u}} = \frac{\sin \psi}{\sin(\frac{2\pi}{m} + \psi)} \quad (5) = \frac{1}{1+n}$$

Граничный режим (φ-е внутр.-е относ.-е)



Далее, при определенном значении n (назовем его границным - n_r) максимальные значения $\bar{U}_{0\max}^{\bar{i}}$ и $\bar{U}_{0\max}^{\bar{u}}$ будут одинаковы. При этом пульсация выпрямленного напряжения будет удвоенной частоты $f_1 = \frac{2mf_0}{2mf}$. Определим n_r , приравняв $\bar{U}_{0\max}^{\bar{i}}$ и $\bar{U}_{0\max}^{\bar{u}}$. Откуда

$$n_r = \frac{2(1 - \cos \frac{\pi}{m})}{2 \cos \frac{\pi}{m} - 1} \quad (6)$$

n_r существует при $m > 3$.

Очевидно, что при $n \leq n_r$ при определении наибольшего значения выпрямленного напряжения следует пользоваться выражением (5) для $\bar{U}_{0\max}^{\bar{u}}$ а при $n \geq n_r$ - выражением (4).

Всравне со стр. 5, сверху **Критический режим.** *(Критическое значение относ.-е сопр.-е)*

В m -фазных схемах выпрямления при $m > 3$ возможны режимы, когда в коммутации участвуют более двух вентилей.

По мере увеличения n увеличивается и угол коммутации γ . При некотором критическом значении $n = n_{кр}$ величина угла коммутации достигает критического значения $\gamma = \gamma_{кр}$. При этом имеет место работа только по два вентиля, т.е. отсутствует внекоммутационный интервал II.

При дальнейшем увеличении n в коммутации участвуют более двух вентилей. Величина критического угла коммутации равна $\gamma_{кр} = \frac{2\pi}{m}$.

Для иллюстрации на рис. 2 приведены зоны работы вентилей для $m = 6$.

Количество одновременно работающих вентилей указано цифрами (без скобок - для 6-и-фазной схемы с нулевым выводом, в скобках - для трехфазной мостовой схемы Ларионова). Аналогичные картины легко могут быть

исследовано при $\theta = \frac{\pi}{m}$; - 7 -

представлены и для $m \neq 6$.

Из (1) получаем $n = \frac{1}{\sin \psi} \sin\left(\frac{2\pi}{m} + \psi\right) - 1 = \frac{2 \sin \theta}{\sin \psi} \cos(\theta + \psi)$

Из (2), подставив $\gamma = \gamma_{кр} = \frac{2\pi}{m}$, определяем $\psi_{кр}$ и, подставив $\psi = \psi_{кр}$ в выражение для n , находим

$$n_{кр} = \frac{1}{\cos \frac{2\pi}{m}} - 1 = \frac{2 \sin^2 \theta}{\cos 2\theta} \quad (7)$$

Критическая величина длительности горения вентиля $\lambda_{в,кр} = \frac{2\pi}{m} + \gamma_{кр} = \frac{4\pi}{m}$ (8)

Исследование режимов при $n > n_{кр}$ принципиальных затруднений не представляет, и в настоящей работе эти режимы не рассматриваются.

Для $m \leq 3$ ($\gamma_{кр} < 0$), т.е. не существующий, что соответствует физике процессов.

Определение расчётных величин.

Найдём выражения, необходимые для расчёта схем выпрямления.

Используя (1), представим основные зависимости (А) в следующем виде:

$$\bar{i}_1^i = \frac{\sin \psi}{\sin 2\left(\frac{\pi}{m} + \psi\right)} \sin\left[\vartheta + 2\left(\frac{\pi}{m} + \psi\right)\right] = \frac{u_2}{n} \quad (9)$$

$$\bar{i}_2^i = \frac{\sin \psi}{\sin 2\left(\frac{\pi}{m} + \psi\right)} \sin \vartheta = \frac{u_3}{n} \quad (10)$$

$$1 \cdot \bar{i}_0^i = \bar{u}_0^i = \frac{\sin \psi}{\sin\left(\frac{\pi}{m} + \psi\right)} \sin\left(\vartheta + \frac{\pi}{m} + \psi\right) \quad (11) \quad \bar{i}_0^i = \bar{u}_0^i = \frac{2 \cos \frac{\pi}{m}}{n+2} \sin\left(\vartheta + \psi + \frac{\pi}{m}\right)$$

$$\bar{i}_0^{ii} = \bar{i}_2^{ii} = \bar{u}_0^{ii} = \frac{\sin \psi}{\sin\left(\frac{\pi}{m} + \psi\right)} \sin(\vartheta + \psi) \quad (12) \quad \bar{i}_0^{ii} = \bar{u}_0^{ii} = \frac{1}{1+n} \sin(\vartheta + \psi)$$

Среднее значение выпрямленного тока (напряжения).

Определяется как $\bar{i}_0 = \bar{u}_0 = \frac{m}{2\pi} \left[\int_0^{\frac{\pi}{m}} \bar{i}_0^i d\vartheta + \int_{\frac{\pi}{m}}^{\frac{2\pi}{m}} \bar{i}_0^{ii} d\vartheta \right]$.

Подставив \bar{i}_0^i ; \bar{i}_0^{ii} из (11) и (12), после интегрирования и преобразований получаем

$$\bar{i}_0 = \bar{u}_0 = \frac{m}{\pi} \frac{\sin 2\psi}{4 \cos \frac{\pi}{m} \sin\left(\frac{\pi}{m} + \psi\right)} \left[1 - \operatorname{tg} \psi \cdot \operatorname{ctg}\left(\frac{2\pi}{m} + \psi\right) \right] \quad (13)$$

Отметим, что, полагая $n=0$, имеем $\psi = \psi_0 = \frac{\pi(m-2)}{2m} = \left(\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{m}\right)$

и получаем известную формулу

$$\bar{i}_0 = \bar{u}_0 = \frac{m}{\pi} \sin \frac{\pi}{m} \quad (14)$$

Максимальный ток вентиля.

Определяется следующим образом:

$$\bar{i}_{\theta \max} = \bar{i}_{\theta \max}^{\bar{u}} = \bar{u}_{\theta \max} = \frac{\sin \varphi}{\sin(\frac{2\pi}{m} + \varphi)} \quad (15) = \frac{\cos(\theta + \frac{\delta}{2})}{\cos(\theta - \frac{\delta}{2})} = \frac{1}{1+n}$$

при $\alpha \approx 69^\circ$

Пульсация выпрямленного напряжения.

Пульсация ΔU определяется как разность между максимальным и минимальными значениями выпрямленного напряжения, отнесенная к среднему значению выпрямленного напряжения;

$$\Delta U = \Delta \bar{U} = \frac{U_{\theta \max} - U_{\theta \min}}{U_0} = \frac{\bar{U}_{\theta \max} - \bar{U}_{\theta \min}}{\bar{I}_0}$$

Максимальное значение $U_{\theta \max}$ выпрямленного напряжения определяется по (4) при $n > n_r$ или по (5) при $n \leq n_r$.

Минимальное значение выпрямленного напряжения будет при $\vartheta = \gamma$ и равно:

$$\bar{U}_{\theta \min} = \bar{U}_0^{\bar{i}}(\gamma) = \bar{U}_0^{\bar{u}}(\gamma) = \bar{i}_0^{\bar{i}}(\gamma) = \bar{i}_0^{\bar{u}}(\gamma)$$

или, что тоже, $\bar{U}_{\theta \min} = \bar{i}_0^{\bar{i}}(0) = \bar{U}_0^{\bar{i}}(0) = \sin \varphi$.

и пульсация определится как:

$$\Delta \bar{U} = \frac{\sin \varphi}{\bar{I}_0} \frac{1 - \sin(\frac{2\pi}{m} + \varphi)}{\sin(\frac{2\pi}{m} + \varphi)} \frac{\theta \sin(\theta + \varphi) [1 - \sin(2\theta + \varphi)]}{\sin \theta} \quad (16) = \frac{\theta \cos \frac{\delta}{2}}{\sin \theta} [1 - \cos(\theta - \frac{\delta}{2})]$$

при $n \leq n_r$

$$\Delta \bar{U} = \frac{\sin \varphi}{\bar{I}_0} \frac{1 - \sin(\frac{\pi}{m} + \varphi)}{\sin(\frac{\pi}{m} + \varphi)} \frac{\theta \sin(2\theta + \varphi) [1 - \sin(\theta + \varphi)]}{\sin \theta} \quad (17) = \frac{\theta \cos(\theta - \frac{\delta}{2})}{\sin \theta} (1 - \cos \frac{\delta}{2})$$

при $n_r \leq n \leq n_{cp}$

при $\alpha \approx 69^\circ$

Эффективное значение тока вентиля и вторичной обмотки трансформатора.

Эффективное значение тока вентиля для схем выпрямления с нулевым выводом определится как

$$\bar{I}_\theta = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \left[\int_0^\gamma (\bar{i}_1^{\bar{i}})^2 d\vartheta + \int_0^\gamma (\bar{i}_2^{\bar{i}})^2 d\vartheta + \int_\gamma^{\frac{2\pi}{m}} (\bar{i}_2^{\bar{u}})^2 d\vartheta \right]}$$

Подставив $\bar{i}_1^{\bar{i}}$; $\bar{i}_2^{\bar{i}}$; $\bar{i}_2^{\bar{u}}$ из (9), (10) и (12) и проведя преобразования, получаем:

$$\bar{I}_\theta = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{\sin \varphi}{\sin(\frac{2\pi}{m} + \varphi)} \sqrt{\left[\frac{\pi(m-2)}{m} + \frac{1}{2} \sin 4(\frac{\pi}{m} + \varphi) \right] + \frac{\pi(4-m)}{2m} + \varphi - \frac{1}{2} \sin 2(\frac{2\pi}{m} + \varphi)} \quad (18)$$

используя по КЭЭ.

Отметим, что для вычисления эффективного значения тока вентиля можно использовать формулу (12)

$$\bar{I}_\theta = \kappa \frac{I_0}{m} \sqrt{\frac{2\pi}{\lambda}},$$

где следует принять $\kappa = 1,06$.

При этом погрешность для $m=3, 6, 12$ не превышает $\pm (5 \div 7)\%$.

Для случая $n=0$ ($\psi = \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{m}$) получаем

$$\bar{I}_\theta = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \sqrt{\frac{\pi}{m} + \frac{1}{2} \sin \frac{2\pi}{m}}.$$

Для мостовой схемы Ларионова значение \bar{I}_θ , вычисленное по этой формуле для $m=6$, следует умножить на $\sqrt{2}$. Для $m=1; m=2$ $\bar{I}_\theta = \frac{1}{2}$.

Ток вентиля \bar{I}'_θ для трехфазной мостовой схемы Ларионова определяется как $\bar{I}'_\theta = \sqrt{2} \bar{I}_\theta$, где \bar{I}_θ вычисляется по (18) для $m=6$.

Эффективное значение тока фазы вторичной обмотки трансформатора для схем с нулевым выводом равно $\bar{I}_\varphi = \bar{I}_\theta$.

Для схемы Ларионова ток фазы трансформатора зависит от схемы его соединения. Ток в каждом линейном проводе, подходящем к мосту, равен $\bar{I}_\lambda = \sqrt{2} \bar{I}'_\theta = 2 \bar{I}_\theta$.

Для однофазной мостовой схемы Греча $\bar{I}_\varphi = \sqrt{2} \bar{I}_\theta$.

Среднее значение тока вентиля $\bar{I}_{0\theta}$.

Определяется как $\bar{I}_{0\theta} = \frac{I_0}{m}$.

Для схемы Ларионова следует брать $m=3$.

По полученным зависимостям построены графики расчетных величин как функции n , позволяющие быстро, с достаточной точностью, проводить расчеты схем. На рис 3, 4, 5, 6 приведены графики для $m=3, 6, 12$.

Отметим, что для $m=6$ и $m=12$ пульсация выпрямленного напряжения при $n > n_{cr}$ возрастает, что объясняется более быстрым уменьшением среднего значения выпрямленного напряжения по сравнению с разностью $U_{0\max} - U_{0\min}$, что и ведет к увеличению пульсации.

