

Почему на сайте <http://econfr.rae.ru/> исчезают публикации автора? В т.ч. дважды данный материал.

А.М. Репин. Управляемые вентильные схемы с ёмкостным фильтром при учёте активных потерь. Теория и инженерный синтез

Третий раз впервые. / *Repin A.M. Controlled electrical rectifiers with a capacitive filter*

Служб. к. р. 23
200580

Электросвязь, 1980, №3
с 46-54

$S_{\alpha} m (M) r R I I C_{\infty}$

$P = 3$

Теория, номограммы,
формулы, алгоритм,
решения

¹ Электронная копия 25.5.2006. Сюда 22.12.2012. К поздравлению всех с Новым годом. Пожеланию благ.

А. М. Репин

УПРАВЛЯЕМЫЕ ВЕНТИЛЬНЫЕ СХЕМЫ С ЕМКОСТНЫМ ФИЛЬТРОМ ПРИ УЧЕТЕ АКТИВНЫХ ПОТЕРЬ

Теория и инженерный синтез

Введение. Управляемые выпрямители (УВ) применяются либо для регулирования выходного напряжения (среднего значения напряжения на нагрузке U_0), либо при наличии обратной связи для его стабилизации. В первом случае диапазон изменения U_0 широк (нередко от 0 до $U_{0ном}$), во втором — мал ($\pm \Delta U_{0ном}$). Иногда эти функции совмещены. Сущность электромагнитных процессов при стабилизации и регулировании выходного напряжения одинакова, поэтому работа выпрямителя-стабилизатора является частным случаем работы выпрямителя-регулятора. Однако в любом случае процессы в схемах зависят от вида нагрузки и характера внутренних сопротивлений.

За последнее время в самых различных отраслях техники широкое распространение получили схемы с емкостным фильтром [1—8]. Исследованию протекающих в них электромагнитных процессов посвящен ряд работ (например, [1, 4, 6]). Однако до сих пор не освещены такие важные для практики вопросы, как зоны управляемости схем и критичность их физических состояний; расчет схемных параметров, обеспечивающих приемлемость принимаемых допущений; методы проектирования схем, удобные для разработчиков, в том числе наглядные и простые номограммы, алгоритмы вычислений на ЭВМ и т. п.

В данной статье эти проблемы рассматриваются применительно к одному из широко используемых на практике классов схем с активными потерями при работе в режиме прерывистого выходного тока.

Исходные предпосылки и схема замещения. Схема замещения УВ с емкостным фильтром $R \parallel C$ при синусоидальной форме фазных ЭДС S_μ представлена на рис. 1а, где $\mu = \overline{1, m}$; $m = \overline{1, \infty}$. Первичные обмотки трансформатора для простоты не показаны. Стрелки указывают положительные направления переменных. Размерные значения отмечены чертой снизу, безразмерные — без черты.

Как и классы УВ с внутренними индуктивностями l_μ или активно-индуктивными сопротивлениями z_μ , схемы с активными сопротивлениями r_μ занимают особое положение (см., например, [2—5, 7, 8] и др.). В дальнейшем под r_μ понимается суммарное значение всех активных сопротивлений, относящихся к μ -й внутренней ветви: источника первичных ЭДС $r_{и\mu}$, первичных и вторичных обмоток трансформатора $r_{тр\mu}$, пересчитанных к стороне постоянного тока, вентилях в проводящем состоянии $r_{пр\mu}$, соединительных проводников r_μ , разъемов r_r и пр.

Часто внутренние или выходная продольная ветви схем содержат также специально включаемые «гасящие» резисторы R_r . В зависимости от конкретного применения схем R_r устанавливают для ограничения так называемых ударных токов через вентили, демпфирования резонансных колебаний, снижения выходного напряжения и т. п. Величина R_r может достигать единиц килоом.

Аналогична роль балластных сопротивлений R_0 при использовании Г-образных резистивно-емкостных фильтров, в которых R_0 служит в основном для снижения уровня пульсаций выходного напряжения и, как следствие, уменьшения емкости накопительных конденсаторов.

Снижение массы и объема таких конденсаторов особенно важно в тех случаях, когда их количество исчисляется несколькими десятками номинало-единиц, а напряжение на нагрузке составляет единицы-десятки киловольт.

При последующем анализе сопротивления R_r и R_0 учитываются в r_μ . Условие $r_\mu \gg \omega l_\mu$ дает основание принять $z_\mu = r_\mu$. Для упрощения анализа полагаем также:

1) внутренние ветви — симметричны, в этом случае огибающая фазных ЭДС изменяется периодически с полупериодом $\theta = \pi/m$, смежные ЭДС сдвинуты по фазе ψ_μ на угол 2θ ,

46 «ЭЛЕКТРОСВЯЗЬ» № 3, 1980



<http://cards.yandex.ru/>

«Тёплые чувства»

НВ. Статья опубликована также в Telecommunication. Vol. 34/35. 1980. No 3.

амплитуды ЭДС $S_{a\mu}$ и сопротивления ветвей r_μ одинаковы

$$\psi_\mu = (\mu - 1) 2\theta; S_{a\mu} = S_a;$$

$$r_\mu = r, \mu = \overline{1, m};$$

2) нелинейные ВАХ вентилялей — двухлинейны (рис. 1б), что равнозначно замене реального вентиля цепочкой с идеальным ключом (рис. 1в) и прямым эквивалентным сопротивлением $r_{пр}$ [9], входящим в r ;

3) выходное напряжение — неизменно за период, что в зависимости от m и $n=r/R$ практически допустимо при $\omega RC \geq 5 \div 50$. Допущение $u_c = U_0 = \text{const}$ соответствует условию $C \rightarrow \infty$ и приводит в рассматриваемом случае к безреактивной схеме. Следовательно, в отличие, например, от [1, 4], отпадает необходимость в составлении и решении интегрально-дифференциальных уравнений, разработке аналоговых или математических моделей, машинном решении уравнений и т. п.;

4) угол управления α отсчитывается от момента прохождения μ -й ЭДС через нуль при ее положительной производной.

По аналогии с неуправляемыми (НВ) в управляемых выпрямителях с емкостным фильтром изучают обычно режимы прерывистого выходного тока. При определенных условиях здесь возможны режимы непрерывного тока [9] — коммутационные (с перекрытием внутренних ветвей) и с мгновенной коммутацией.

Для краткости и удобства изложения обозначим их соответственно в виде $P \subset Z$, $P \subset K$ и $P \subset H$.

Таким образом, в соответствии с принятыми в [9, 10] классификацией и обозначениями вентильных структур и их режимов в данной работе изучаются вентильные схемы класса $S a m r R \parallel C_\infty$ при их работе в режиме $P \subset Z$. Но, в отличие от всех зарубежных и отечественных работ, для схем с емкостным фильтром впервые находят условия перехода УВ из режима $P \subset Z$ в $P \subset K$ или $P \subset H$.

Относительный эквивалент схем класса $S a m r R \parallel C_\infty$ и определение переменных.

Анализ стационарных процессов в схемах целесообразно выполнить в приведенных к основаниям единицах, для чего размерная схема преобразуется в безразмерную [9, 10]. Это создает удобства исследований на всех этапах, включая синтез. В качестве оснований принимаем: для потенциальных величин S_a , для сопротивлений r , для токов S_a/r . Для получения именованных значений достаточно отнесенные к основаниям величины умножить на их основания.

Относительный эквивалент (ОТЭ) схем класса $S a m r R \parallel C_\infty$ для μ -й фазы дан на рис. 1в, где $N=1/n=R/r$ — относительное сопротивление нагрузки, инверсное относительному внутреннему сопротивлению n

Управляющий элемент (УЭ) может включаться: на вторичной и (или) первичной сторо-

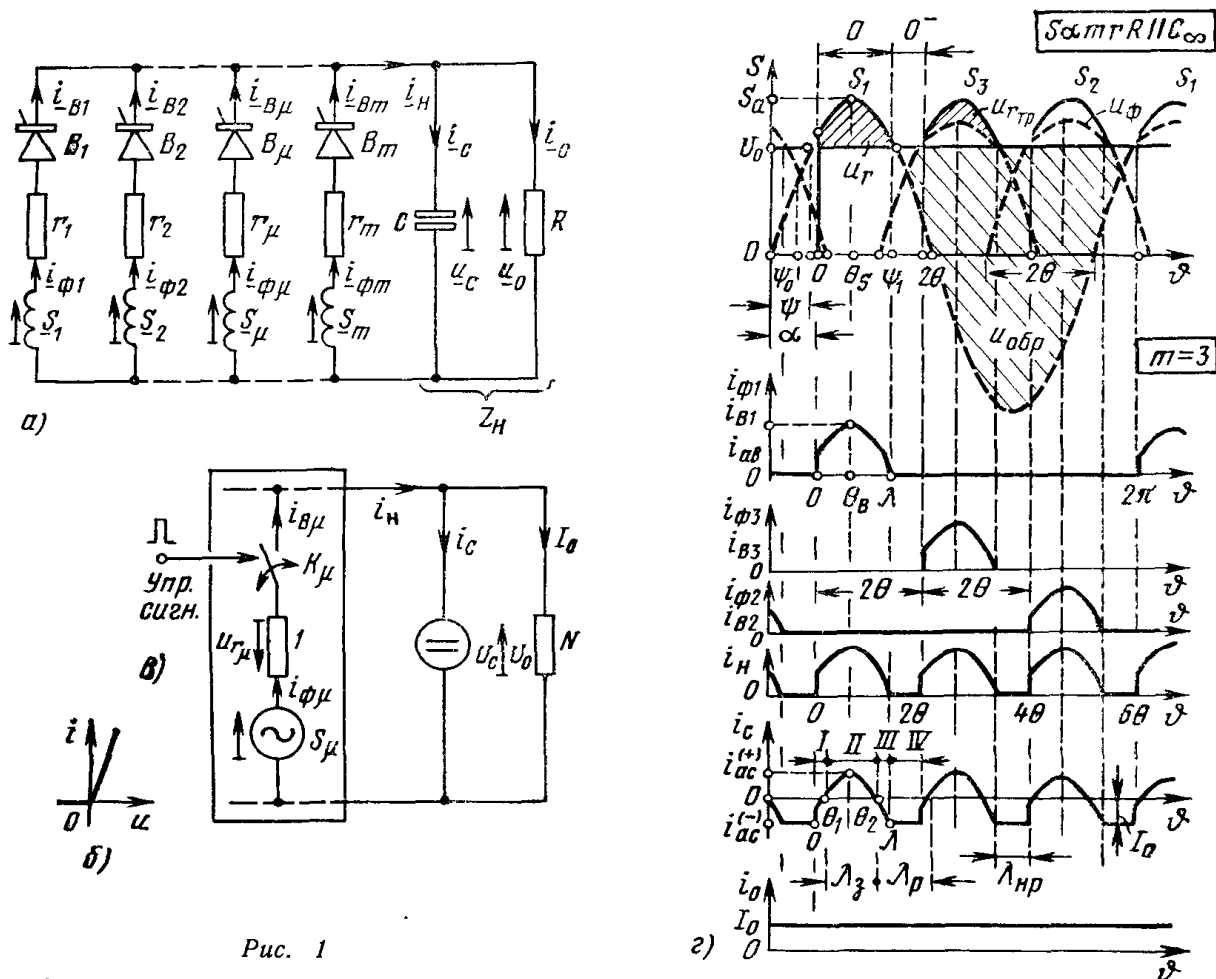


Рис. 1

нах трансформатора, в каждой ветви (плече) или за вентиляльным блоком и т. п. Причем в качестве УЭ используют управляемые вентили (например, тиристоры, симисторы, транзисторы и пр.), магнитные усилители или дроссели насыщения, выполняемые на сердечниках с прямоугольной петлей гистерезиса. На рис. 1а показаны управляемые вентили на вторичной стороне. Их замена в ОТЭ на рис. 1в безынерционным управляемым ключом обеспечивает общность результатов для любого варианта УЭ. Диаграммы переменных приведены на рис. 1г (в [1, 4, 6] они неточны).

Для режима прерывистого выходного тока независимо от вида нагрузки и внутренних сопротивлений характерно наличие двух за период подынтервалов, соответствующих открытому (подынтервал 0 длительностью Λ) и закрытому (подынтервал 0- длительностью Λ_b) состояниям вентилей (рис. 1г). Однако по состояниям накопителя энергии следует различать не два, а четыре подынтервала [9, 10]: заряда (подынтервал II длительностью Λ_3); зависящего (I, III — $\Lambda_{з.р}$), независимого (IV — $\Lambda_{н.р}$) и общего (I, III, IV — Λ_p) разрядов. Причем всегда $\Lambda_3 < \Lambda$, $\Lambda_p > \Lambda_b$.

Соотношения основных переменных (рис. 1в, г) имеют вид:

в подынтервале 0 ($0_+ \leq \vartheta \leq \omega t \leq \Lambda_-$)

$$i_{в(0)} = i_{ф(0)} = i_{н(0)} = u_{r(0)} = S - U_0; \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} i_{с(0)} &= i_{н(0)} - I_0 = S - N^+ I_0; \\ u_{ф(0)} &= S - n_{тр} i_{ф(0)}, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где

$$S = \sin(\vartheta + \alpha);$$

$$U_0 = \sin \psi = \sin(\alpha + \Lambda) = N I_0;$$

$$n_{тр} = r_{тр}/r; \quad N^+ = N + 1; \quad n^+ = n + 1; \quad (3)$$

в подынтервале 0- ($\Lambda_+ \leq \vartheta \leq 2\theta_-$)

$$i_{в(0-)} = i_{ф(0-)} = i_{н(0-)} = 0;$$

$$i_{с(0-)} = -I_0; \quad u_{ф(0-)} = S;$$

$$u_{обр} = U_0 - S, \quad u_{с(0-)} = U_0. \quad (3')$$

В отличие от НВ, в УВ наблюдаются скачкообразные изменения переменных. Определив их для момента α при приближении к нему справа (α_+) и слева (α_-), убеждаемся в соблюдении законов скачков

$$\sum_j \lrcorner i_j(\alpha) = 0; \quad \sum_j \lrcorner u_j(\alpha) = 0,$$

$$\text{где } \lrcorner i, u(\alpha) = i, u(\alpha_+) - i, u(\alpha_-)$$

[10], что свидетельствует о правильности (1) — (3'). Осуществив проверку переменных, можно найти необходимые для проектирования схем режимные показатели и угловые величины.

Режимные показатели схем.

Алгебраические значения:
амплитуды токов вентилей, фазы и общей нагрузки из (1)

$$i_{а.в} = i_{а.ф} = i_{а.н} = \begin{cases} 1 - U_0 & \text{при } \alpha \leq \pi/2; \\ \sin \alpha - U_0 & \text{при } \alpha > \pi/2; \end{cases} \quad (4)$$

амплитуды зарядного $i_{а.с}^{(+)}$ и разрядного $i_{а.с}^{(-)}$ токов емкости из (2), (3')

$$i_{а.с}^{(+)} = i_{а.н} - I_0, \quad i_{а.с}^{(-)} = -I_0 = -n \sin \psi; \quad (5)$$

амплитуды прямого и обратного напряжений вентилей из (3')

$$u_{а.пр} = \sin \alpha - U_0, \quad u_{а.обр} = 1 + U_0; \quad (6)$$

среднее значение токов вентилей и фазы

$$I_{в} = I_{ф} = I_0/m. \quad (6')$$

Интегральные значения:

среднее значение тока полезной нагрузки

$$I_0 = \frac{1}{2\theta} \int_0^{2\theta} i_0 d\vartheta = \frac{1}{2\theta} \int_0^{\Lambda} i_{в(0)} d\vartheta = E/\theta;$$

$$E = \sin \lambda \sin(\alpha + \lambda) - \lambda \sin \psi; \quad (7)$$

действующее значение токов фазы и вентилей

$$J_{ф} = J_{в} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i_{ф}^2 d\vartheta} = \sqrt{D_{в}/2\pi};$$

$$D_{в} = \lambda - 0,5 \sin \Lambda \cos(2\psi + \Lambda) - (\Lambda + 4n\theta) \sin^2 \psi; \quad (8)$$

действующее значение фазного напряжения

$$V_{ф} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} u_{ф}^2 d\vartheta} = \sqrt{0,5 - D_{ф} n_{тр}};$$

$$D_{ф} = (2 - n_{тр}) J_{ф}^2 + (2E \sin \psi)/\pi. \quad (9)$$

Определение угловых величин. Так как внутренние ветви содержат лишь активные сопротивления, накопления энергии в которых не происходит, очередной вентиль закрывается в момент ψ_1 равенства ЭДС S с U_0 . Отсюда

$$\sin \psi = \sin(\alpha + \psi_1) = \sin(\alpha + \Lambda),$$

или

$$\psi = \pi - (\alpha + \Lambda), \quad \psi_1 = \Lambda, \quad (10)$$

что следует также из рис. 1г.

Моменты максимумов токов вентилей, фазы, общей нагрузки и емкости получаем из (1) при $i'_{в}(\theta_{в}) = 0$:

$$\theta_{в} = \theta_{ф} = \theta_{н} = \theta_{с} = \pi/2 - \alpha = \theta_s. \quad (11)$$

Это совпадает с физически очевидным значением — безреактивная цепь не создает фазовых сдвигов переменных.

Длительности заряда емкости, ее общего, зависящего и независимого разрядов

$$\begin{aligned} \Lambda_3 &= \theta_2 - \theta_1; \quad \Lambda_p = 2\theta - \Lambda_3; \\ \Lambda_{з.р} &= \Lambda_p - \Lambda_{н.р}; \quad \Lambda_{н.р} = 2\theta - \Lambda. \end{aligned} \quad (12)$$

Р!

Моменты начала θ_1 и окончания θ_2 заряда находим из условия $i_c(\theta_{1,2})=0$, тогда

$$\sin(\theta_{1,2} + \alpha) = n^+ \sin(\alpha + \Lambda);$$

$$0 \leq \theta_1 < \theta_B < \theta_2 < \Lambda. \quad (13)$$

Все соотношения переменных, режимных показателей и угловых величин рассматриваемого класса схем зависят от длительности открытого состояния вентиля Λ . Из условия $I_0 = nU_0$ с учетом (3), (7), (10) находим в замкнутом виде уравнение связи угла $\lambda = \Lambda/2$ с m , n и α :

$$n\theta + \lambda = \sin \lambda \sin(\alpha + \lambda) / \sin(\alpha + \Lambda). \quad (14)$$

Решая (14) относительно λ и исключая λ из приведенных выше соотношений, получаем все необходимые характеристики.

Основные характеристики схем. Параметрические характеристики. Выражения (4)–(14), номографированные в зависимости от определяющих параметров n и α (см., например, рис. 2а, б), позволяют выяснить параметрическую динамику процессов и могут служить в качестве расчетных при проектировании схем.

Текущие относительные характеристики

$$F = \underline{i}_{a,b} / \underline{I}_0, \quad D = \underline{J}_\phi / \underline{I}_0,$$

$$B = \underline{V}_\phi / \underline{U}_0, \quad O = \underline{u}_{a,обр} / \underline{U}_0,$$

КПД η и другие, будучи представленными в виде номограмм, позволяют при заданных \underline{U}_0 , \underline{I}_0 легко находить искомые при расчетах режимные показатели (рис. 2в, г, д).

Внешние характеристики \underline{U}_0 (\underline{I}_0), в том числе нормированные \bar{U}_0 (\bar{I}_0), получаемые при разных α из (3) и (7), нелинейны и тем круче, чем больше α (рис. 3а). При фиксированных n или N получаем лучевые внешние характеристики, показанные на рис. 3а пунктирными линиями.

Регулировочные характеристики, являющиеся частным случаем параметрических, рассчитываются с учетом (4)–(14) (рис. 3б, в, г, д).

Все номограммы, кроме нормированных внешних характеристик, даны при $m=2$. Если в (1)–(4), (7), (8), (14) принять $\alpha = \psi$, то можно получить выражения для НВ, совпадающие с общеизвестными.

Основные особенности работы схем в режиме прерывистого тока.

Начальный режим ($P < P_n$). Регулирование возможно лишь в том случае, если α превышает некоторый начальный угол $\alpha_n = \psi$. Положив в (14) и (10) $\alpha = \alpha_n$; $\psi = \psi_n = \alpha_n$; $\Lambda = \Lambda_n$, находим уравнения связи начальных параметров

$$\alpha_n = \pi/2 - \lambda_n; \quad \text{inv } \lambda_n = \text{tg } \lambda_n - \lambda_n = n_n \theta. \quad (15)$$

Кривые $\alpha_n(n)$, характеризующие режим $P < P_n$, показаны на рис. 4 пунктиром для большинства известных схем (при $m=1, 2, 3, 4, 6, 12$). При $[\alpha n] \leq [\alpha_n n_n]$ управляемые схемы класса $S a m r R \parallel C_\infty$, несмотря на изменение угла α , работают как неуправляемые. Таким образом, при изменении α от 0 до α_n регулирование невозможно, напряжение нагрузки и другие режимные показатели остаются при данных n неизменными (см. рис. 3). С ростом m области неуправляемости увеличиваются.

Это также может служить еще одним подтверждением правильности полученных выше результатов.

Промежуточный режим ($P < P_n$). Начиная с некоторых значений α и n (назовем их промежуточными), емкость при включении вентиля сразу переходит из режима разряда в режим заряда. Один из двух подынтервалов зависимого разряда (1-й на рис. 1з) исчезает. Из условия $i_c(0)=0$ с учетом (14) находим параметры промежуточного режима

$$n_n \theta + \lambda_n = (1 + 0,5n_n) \text{tg } \lambda;$$

$$\text{tg } \alpha_n = n_n^+ \sin \Lambda_n / (1 - n_n^+ \cos \Lambda_n),$$

$$n_n^+ = n_n + 1. \quad (16)$$

При $[\alpha n] \geq [\alpha_n n_n]$ значения $\theta_1=0$, $\Lambda_n = \theta_2$.

Граничный режим ($P < P_n$). При увеличении α свыше 90° в форме токовых импульсов исчезает максимум (экстремум). Наибольшего (амплитудного) значения токи достигают непосредственно в момент открытия вентиля. При $\alpha = 90^\circ$ угол $\theta_n = 0$. Угол $\alpha = \alpha_r = 90^\circ$ можно в этом смысле считать граничным.

Критический режим ($P < P_{кр(0)}$). В многофазных вентиляльных схемах при любом виде нагрузки возможно существование коммутационных режимов типа $P < K_k$, где $k=1, \dots, k_x$ — номер режима [9]. Переход из режима $P < 3$ в $P < K_1$ или $P < H$ отражает нулевую (обозначается индексом 0) критичность состояний. Уравнение связи нулевых критических параметров для рассматриваемого класса схем получаем из (14)

$$\text{при } \lambda = \lambda_{кр(0)} = \theta:$$

$$n_{кр(0)} + 1 = \sin \theta \sin(\alpha_{кр(0)} + \theta) / \theta \sin(\alpha_{кр(0)} + 2\theta). \quad (17)$$

Если $n > n_{кр(0)}$ и $\alpha < \alpha_{кр(0)}$, то схемы класса $S a m r R \parallel C_\infty$ не работают в режиме $P < 3$. Кривые $\alpha_{кр(0)}(n)$ показаны на рис. 4 сплошными линиями и обозначены как $P < P_{кр(0)}$. Точки пересечения их с пунктирными линиями

$$\alpha_n \text{кр}(0) = \pi/2 - \theta, \quad n_n \text{кр}(0) = \text{tg } \theta / \theta - 1 \quad (18)$$

соответствуют **начально-критическому** режиму $P < P_{нкр}$. Они отсекают кривые начально-го режима справа, которые при $n > n_{нкр(0)}$ следует рассматривать как условные (обозначены штрихпунктиром).

Предельные состояния. К числу предельных относятся, в частности, режимы XX и КЗ, имеющие самостоятельное значение.

Режим XX. Соотношения для XX ($R \rightarrow \infty$) находим из (4)–(14) при $n=r/R \rightarrow 0$. Очевидно, условие $n \rightarrow 0$ соответствует также случаю $r \rightarrow 0$ (идеальные схемы). Однако в идеальных УВ с емкостным фильтром возникают, как отмечалось, бесконечные броски токов, не имеющие физического смысла. Поэтому такой случай является физически некорректным и здесь, в отличие от [6], не рассматривается.

Режим КЗ ($R \rightarrow 0$). При $N=R/r \rightarrow 0$ из (1)–(14) получаем:

$$\psi_{к.з} = 0; \quad \theta_{в.ф.н.с.к.з} = \theta_B; \quad i_{в.ф.н.с.к.з} = S;$$

$$I_{0к.з} = \theta^{-1} \cos^2(\alpha/2);$$

$$J_{ф.в.к.з} = 0,5 \sqrt{(\Lambda_{к.з} + 0,5 \sin 2\alpha) / \pi};$$

$$F_{к.з} = \theta \text{sc}^2(\alpha/2), \quad (\alpha \leq \pi/2);$$

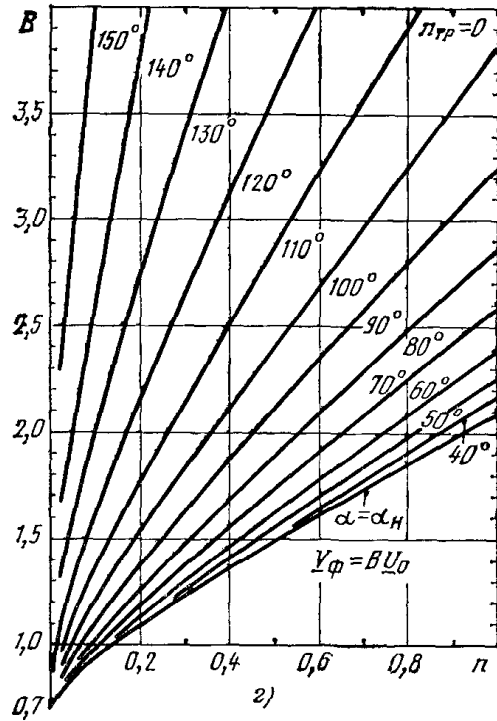
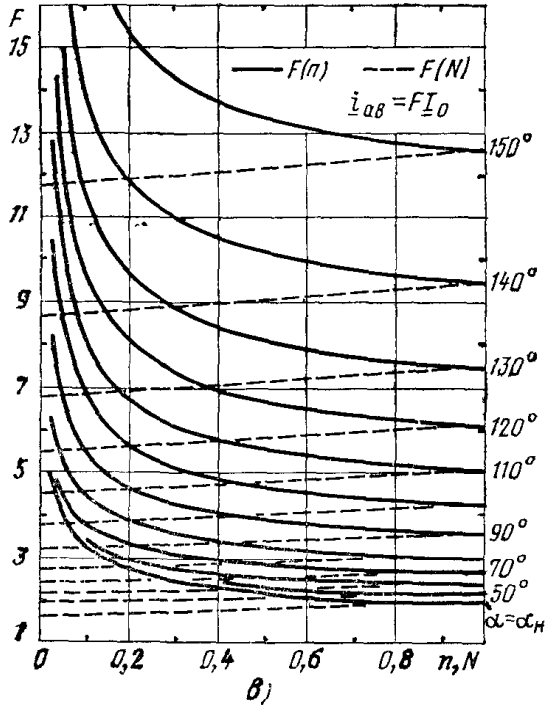
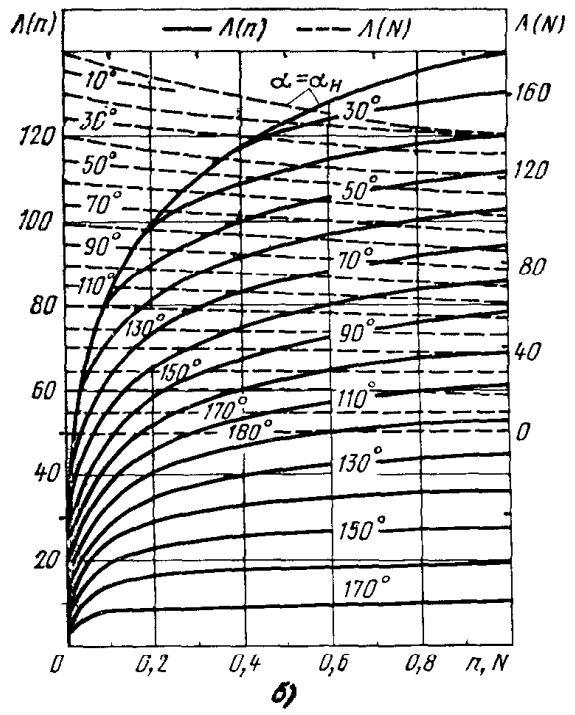
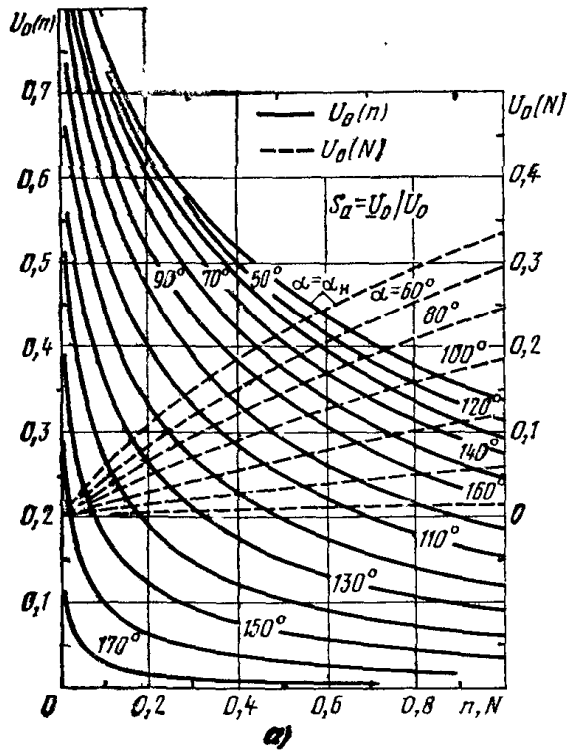


Рис. 2а — з

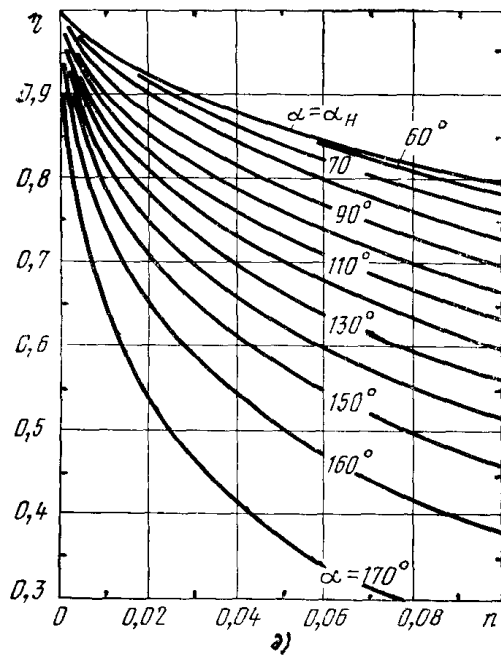


Рис. 2д

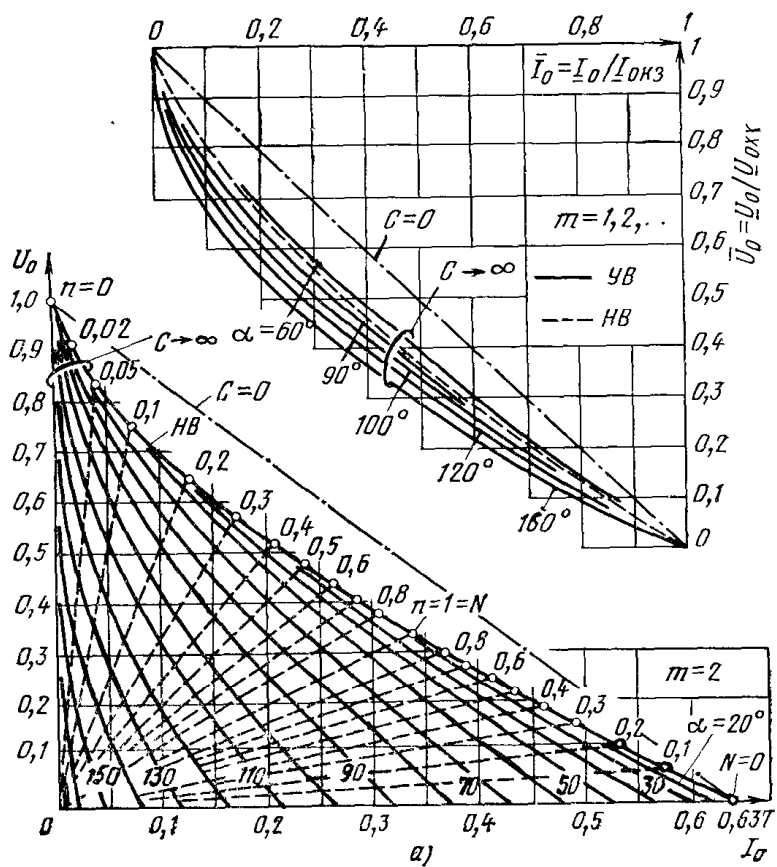


Рис. 3а

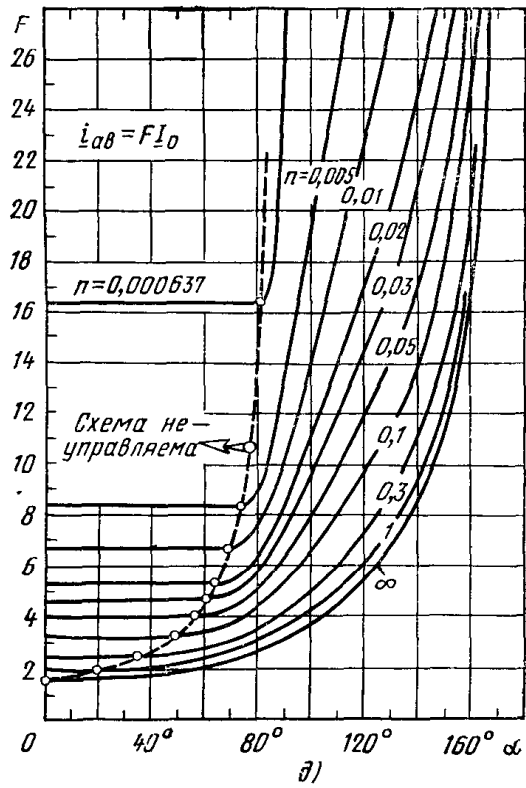
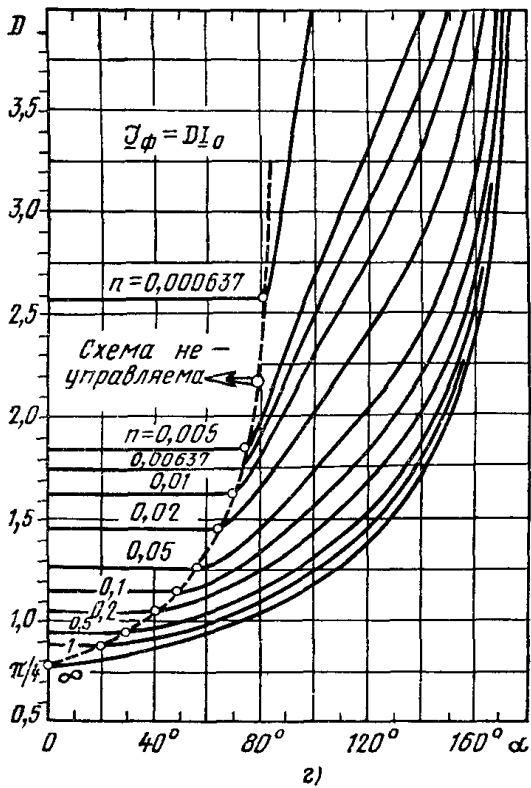
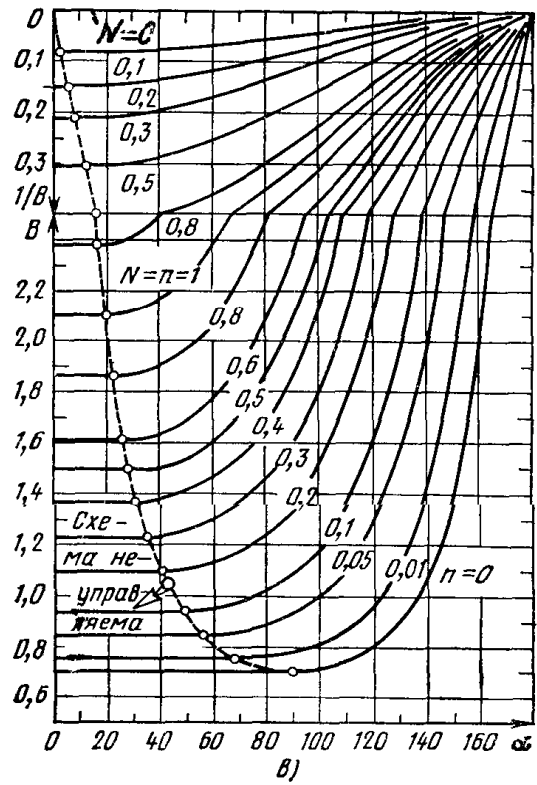
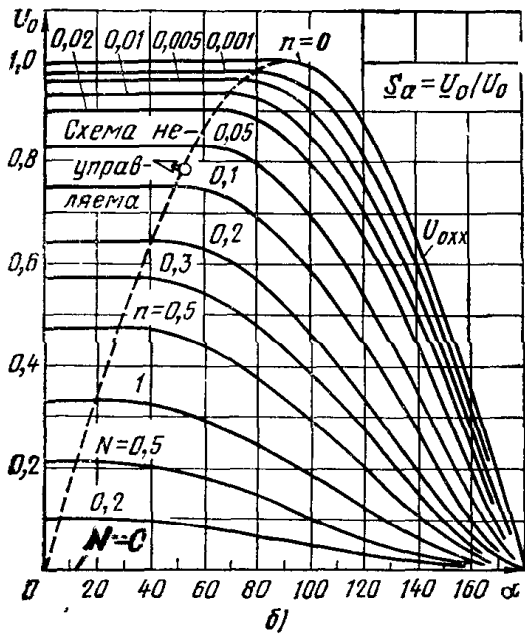


Рис. 36—д

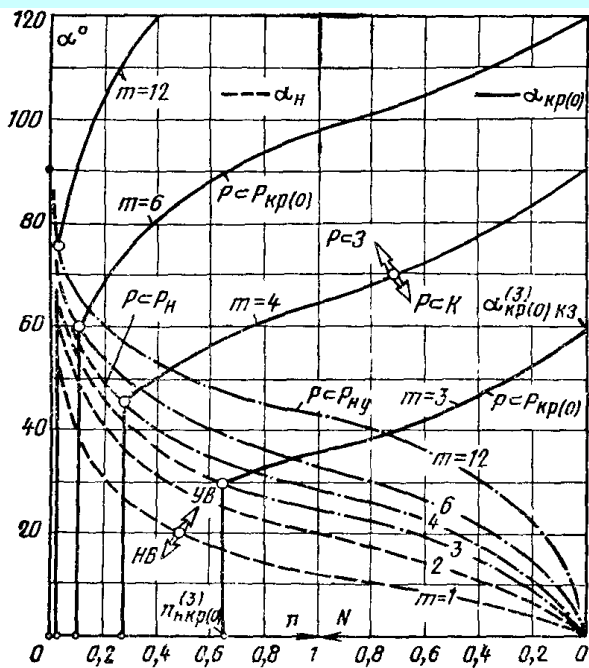


Рис. 4

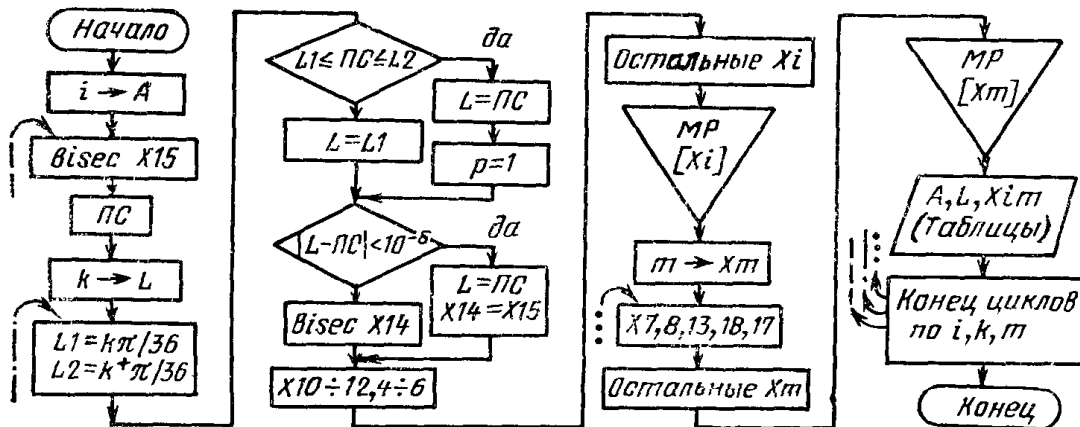


Рис. 5

$$F_{к.з} = 2\theta \operatorname{tg}(\alpha/2), \quad (\alpha \geq \pi/2);$$

$$B_{к.з} \rightarrow \infty;$$

$$D_{к.з} = J_{ф.к.з} / I_{0к.з}; \quad D_{ф.к.з} = 0;$$

$$\alpha_{н.к.з} = 0; \quad \alpha_{п.к.з} = 2 \operatorname{arccctg} 2\theta;$$

$$\alpha_{г.к.з} = \pi/2;$$

$$\alpha_{кр(0)к.з} = \alpha_{кр(0) макс} = 2\psi_0 = \pi - 2\theta \quad (m > 1).$$

Данные для КЗ, зависящие от α , справедливы только для режима P=3, т.е.

Машинная программа. В силу трансцендентности ур-ний (13), (14) их решение, а значит, и всех остальных расчетных соотношений возможно только в числах, что при переборе параметра n от 0 до ∞ и α от 0 до 180° связано с большим объемом вычислений. Работу можно существенно упростить, используя ЭВМ. На рис. 5 дана одна из возможных блок-схем машинной программы, где цифры при искомах

величинах x указывают номера приведенных выше формул, \square — простые операторы, \diamond — логические блоки, ∇ — объединение в массив, \square — печать.

Выводы: 1. Полученные соотношения и номограммы управляемых вентильных схем с емкостным фильтром при синусоидальных фазных ЭДС, учете активных потерь и работе в режиме прерывистого выходного тока (схем класса $S\alpha m r R \parallel C_\infty$ в режиме $P=3$) обеспечивают простоту и удобство инженерного синтеза схем при любом числе фаз.

2. Период зарядно-разрядных процессов емкостного накопителя содержит не два, как при традиционной трактовке, а четыре подынтервала, причем длительность заряда (разряда) накопителя всегда меньше (больше) длительности открытого (закрытого) состояния вентилей. Следовательно, накопитель питает нагрузку энергией не только при закрытых, но и при открытых вентилях, обеспечивая мягкий нагрузочный режим первичного источника в моменты ключевания вентилей.

3. Найденные параметры схемных элементов, при которых управляемые схемы класса $S a m r R \parallel C_{\infty}$ оказываются неуправляемыми, имеют важное практическое значение, поскольку позволяют легко определять до сих пор неизвестные зоны управляемости таких схем.

4. В отличие от всех зарубежных и отечественных работ по управляемым и неуправляемым схемам с емкостным выходом, в статье найдены согласно [9] критические параметры схемных элементов, при которых происходит переход из режима прерывистого в режимы непрерывного выходного тока. Тем самым впервые выяснены границы, в пределах которых результаты, полученные выше для управляемых и известные в литературе для неуправляемых схем классов

$$S a m r R \parallel C_{\infty} \text{ и } S m r R \parallel C_{\infty},$$

являются физически корректными в рамках принятых предпосылок и вне которых эти результаты теряют смысл, требуя новых исследований.

5. Рассчитанные на ЭВМ номограммы обеспечивают простоту и удобство проектирования двухлучевых и однофазных мостовых схем при любых значениях угла управления — от 0 до 180° и во всем диапазоне нагрузок — от холостого хода до короткого замыкания.

6. Данный в статье машинный алгоритм, основанный на общих принципах алгоритмизации расчетов вентильных схем различных классов [9], облегчает труд проектировщика, снижает трудоемкость при построении номограмм, легко переводится в алгоритм оптимизации схем, например, по критерию минимума массо-габаритных показателей, сокращает сроки разработки аппаратуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Zakarevecius R. A. A filter for phase — controlled rectifiers. — PIRE Austral., v. 23, 1962. № 3.

2. Schaltungsanordnung zur Konstanthaltung von einer Wechselspannung abgeleiteten Gleichspannung. Pt. BRD, kl. 21 с — 67/10, № 1 275 190, 1969.

3. Bailei A. R. Thyristor-stabilized Power-Supplies. Wirelles World, 1969, № 1406.

4. Попов С. Г., Попова Е. Г. Регулируемые m -фазные выпрямители с активно-емкостной нагрузкой. — Электросвязь, 1969, № 7.

5. Тиристорный регулятор постоянного напряжения с конденсатором на выходе. Нака-сима Норитака, Кобаяси Манабу. Патент № 50—27578 (Япония), 1975.

6. Здрок А. Г., Салютин А. А. Анализ работы управляемого тиристорами выпрямителя на параллельно включенные емкость и активное сопротивление. — В кн.: Выпрямительные устройства электропитания и управления. М.: Энергия, 1975.

7. Выпрямитель на симисторах с зарядным конденсатором и балластным резистором. Татэмацу Кэндзо, Канэко Тэрухиса. Патент № 51—32925 (Япония), 1976.

8. Аликов Б. А. и др. Управляемый стабилизатор для питания магнитолинзовых бетаспектростров. — Приборы и техника эксперимента, 1977, № 3.

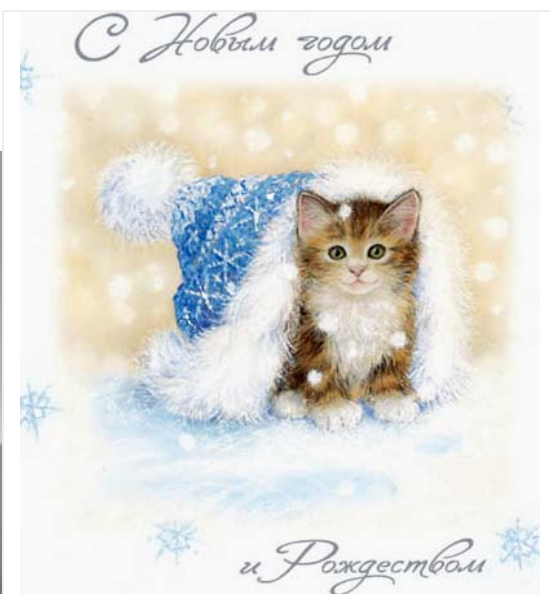
9. Репин А. М. Критические состояния вентильных схем. Материалы апрельской научно-технической конференции ВЗЭС. М., 1970.

10. Репин А. М. Формулы скачков и некоторые теории вентильных структур. — Вопросы радиоэлектроники, серия «Общетехническая», 1978, вып. 6.

Статья поступила в редакцию
26 августа 1976 г.



1974



<http://cards.yandex.ru/> Жизнь — мгновенье.

2005

© А.М. Репин. 1972, -80, -86. 2006. 22.12.2012. 20.3.2016