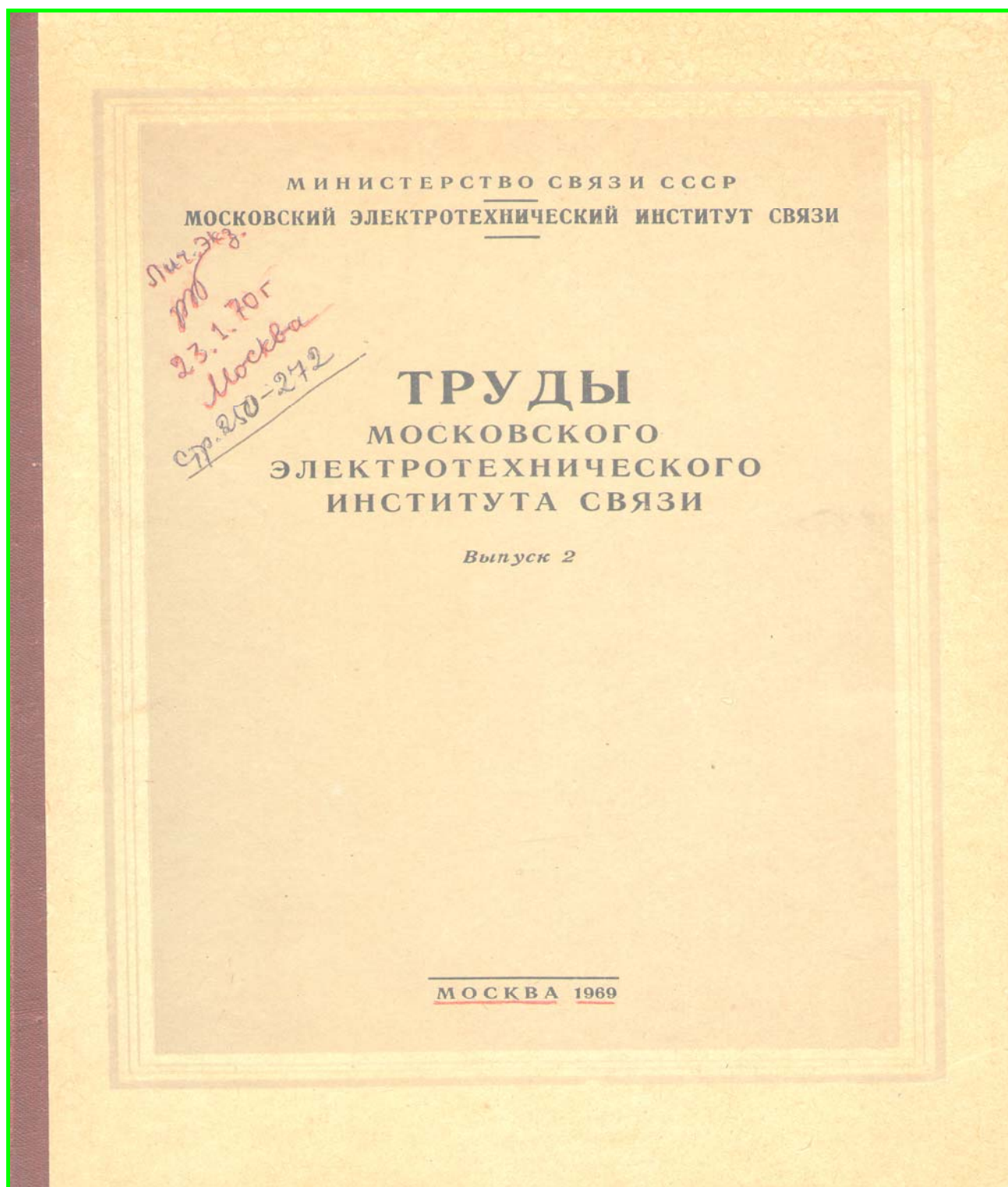


А.М. Репин

К теории и расчёту  $m$ -фазных вентильных схем без потерь с  $R/C$ -нагрузкой /  
Repin A.M. On the theory of  $m$ -phase ventil circuits with  $R/C$ -load. RC.9, 9эл. 1967-26.9.2013

**Анонс.** Впервые в электронном версии и авторском дизайне приведены в подправленном виде результаты математического анализа электрических процессов в многофазной вентильной схеме класса  $Sm(L)R/C$ . Они опубликованы в сборнике «Труды МЭИС. 1968, Вып.2». Даны на основе **научного отчёта** автора (**Исследование электромагнитных процессов в схеме замещения  $m$ -фазного выпрямителя, работающего на активную нагрузку, шунтированную ёмкостью**). - Москва. ВНИИМАШ. 1967. [RC.1, 1эл], //НЭА. URL: <http://econf.rae.ru/article/7823>, .../7854, а также **научного доклада** на НТК МЭИС (1968 г. [RC.6, 6эл]. <http://econf.rae.ru/article/7893>). Материал дополнен фрагментом вёрстки этой статьи. Несмотря на плохое качество, ясны авторство правок, подпись автора и дата 23.5.1969.



МИНИСТЕРСТВО СВЯЗИ СССР  
МОСКОВСКИЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ СВЯЗИ

ТРУДЫ  
МОСКОВСКОГО  
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА  
СВЯЗИ

Выпуск 2

Под редакцией  
И. В. КУШМАНОВА

=====

В настоящий сборник «Труды МЭИС» вошли материалы научно-технической конференции Московского электротехнического института связи, проходившей в апреле 1968 года и посвящённой различным направлениям техники связи и смежных отраслей.

В «Труды» включены статьи по наиболее актуальным вопросам построения систем связи, проектирования антенн, телеграфии, источников электропитания, а также автоматизации и механизации почтовой связи.

Все замечания и предложения по сборнику просим направлять в редакционно-издательский отдел МЭИС.

=====

СБОРНИК ТРУДОВ МЭИС  
Выпуск 2

Редакторы: Хухриков С. Н., Рябцева И. Л.  
Технический редактор Ларионов Г. Е.  
Корректор Карпова А. А.

Сдано в набор 20/II 1969 г.  
Подписано к печати 25/VII 1969 г.  
Л-47942 Тираж 800 экз. Усл. печ. л. 30,8  
Цена 1 руб. 98 коп. Заказ 2135

Московская типография № 10 Главполиграфпрома  
Комитета по печати при Совете Министров СССР.  
Шлюзовая наб., 10

**К теории и расчёту  $m$ -фазного  
выпрямителя при RC-нагрузке**

**Стр. 266–272. Поступило в октябре 1967 г.**  
**Доложено 17.4.1968 г. на научно-технической конференции**  
**профессорско-преподавательского состава**  
**(НТК ППС) МЭИС, посвящённой Дню радио**  
**Докладчики К.П. Собинов, А.М. Репин**

МОСКВА 1969



# К ТЕОРИИ И РАСЧЁТУ $m$ -ФАЗНОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ ПРИ $RC$ НАГРУЗКЕ

## ВВЕДЕНИЕ

Вопросам теории и расчёта  $m$ -фазного выпрямителя, включенного на  $RC$  нагрузку, посвящено значительное число опубликованных работ. Вместе с тем, многое остаётся неясным. В настоящей работе приводятся результаты анализа простейшего случая  $m$ -фазного выпрямителя при  $RC$  нагрузке, когда внутреннее сопротивление трансформатора, сети переменного тока и вентилей не учитывается.

## СХЕМА ЗАМЕЩЕНИЯ И ЕЁ АНАЛИЗ

Схема замещения  $m$ -фазного выпрямителя с нулевой точкой трансформатора\* приведена на рис. 1. Первичная обмотка трансформатора не указана. Активное и индуктивное сопротивления питающей сети, трансформатора и активное сопротивление вентилей приняты равными нулю. Коэффициент трансформации трансформатора принят за единицу. Рассматриваются установившиеся процессы с периодом  $\vartheta_m = \frac{2\pi}{m}$ , где  $m$  — число фаз выпрямления. Диаграмма напряжений и токов приведена на рис. 1,б. Период  $\vartheta_m = \frac{2\pi}{m}$  содержит три интервала:

1. Интервал заряда конденсатора  $0 \leq \vartheta = \omega t \leq \frac{\pi}{2} - \phi$ . В этом интервале выпрямитель питает нагрузку  $R$  и заряжает конденсатор  $C$ .

\* Работа мостовых схем выпрямления принципиально не отличается от рассматриваемой. Некоторые особенности работы мостовых схем отмечены ниже.

266

Из научного отчёта «Исследование электромагнитных процессов в схеме замещения  $m$ -фазного выпрямителя, работающего на активную нагрузку, шунтированную ёмкостью». - Москва. ВНИИМШ. 1967. 41 с.». [RC.1, 1эл], //НЭА. URL: <http://conf.rae.ru/article/7854>. К стр.5 ниже.

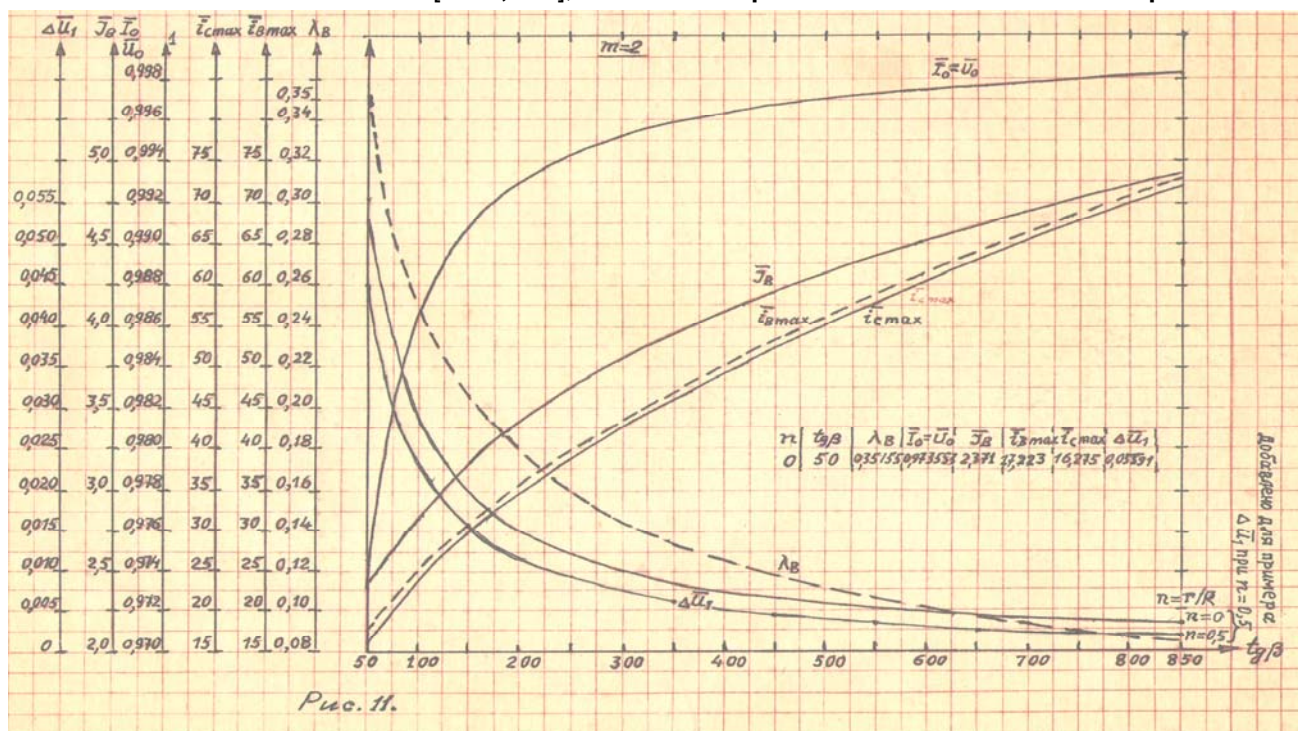
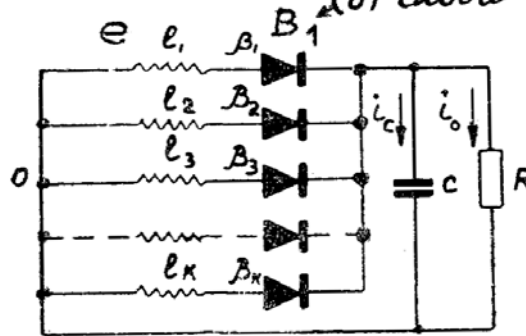


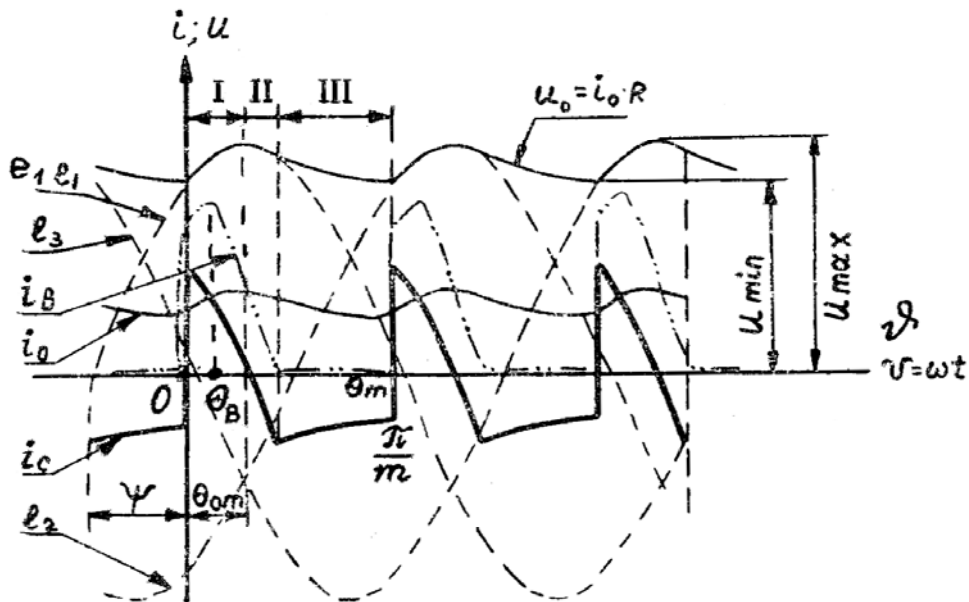
Рис. 11.

II. Интервал вынужденного разряда ёмкости  $\frac{\pi}{2} - \varphi \leq \vartheta \leq \lambda$ , где  $\lambda$  — длительность горения (открытого состояния) вентиля;  $\psi$  — начальная фаза э. д. с. сети,  $\bar{e} = \varepsilon_m \sin(\vartheta + \psi)$ .

*e — не эль в*



а)



б)

Рис. 1.

а) схема замещения выпрямителя; б) диаграмма напряжений и токов.

В этом интервале источник и конденсатор питают нагрузку.

III. Интервал самостоятельного разряда конденсатора  $\lambda \leq \vartheta \leq \frac{2\pi}{m}$ . Венти́ли закрыты, нагрузку питает конденсатор.

Составив и решив уравнения по интервалам, получаем в относительных единицах:

для интервалов I и II

$$\left. \begin{aligned} U_o^I = U_o^{II} = i_o^I = i_o^{II} = \sin(\vartheta + \psi) = e; \\ i_c^I = i_c^{II} = \operatorname{tg} \beta \cdot \cos(\vartheta + \psi); \\ i_B^I = \frac{1}{\cos \beta} \sin(\vartheta + \psi + \beta). \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

для интервала III.

$$i_0^{\text{III}} = u_0^{\text{III}} = \sin(\lambda + \psi) e^{-(\theta - \lambda) \text{ctg } \beta}. \quad (2)$$

где  $e = \sin(\theta + \psi)$  — э. д. с. сети в относительных единицах;  $\beta$  определяется из соотношения  $\text{tg } \beta = \omega RC$ . В абсолютных единицах (амперы, вольты) токи и напряжения будут:

$$\bar{u} = u \xi_m$$

$$i = i \frac{\xi_m}{R}; \quad \bar{U} = U \xi_m.$$

Из условия  $i_0^{\text{I}}(0) = 0$  получаем первую зависимость для определения  $\lambda$  и  $\psi$  в виде

$$\psi = \pi - (\beta + \lambda). \quad (3)$$

Из условия  $i_0^{\text{I}}(0) = i_0^{\text{II}}\left(\frac{2\pi}{m}\right)$  получаем вторую зависимость, которая после подстановки (3) имеет вид:

$$\text{tg}(\lambda + \beta) = \frac{\sin \lambda \cdot e^{-A}}{\cos \lambda \cdot e^{-A} - 1}, \quad (4)$$

где

$$A = \left(\frac{2\pi}{m} - \lambda\right) \text{ctg } \beta.$$

Исследование зависимостей (1) показывает, что максимум тока вентиля при  $m > 3$  отсутствует. Наибольшее (амплитудное) значение тока вентиля в этом случае определяется, как

$$i_{b\text{max}} = \frac{1}{\cos \beta} \sin \lambda.$$

Эта же зависимость справедлива для  $m = 1; m = 2; m = 3$  при  $\lambda \leq \frac{\pi}{2}$ .

Для  $\lambda > \frac{\pi}{2}$  (схемы с  $m = 1, 2, 3$ ) амплитуда тока вентиля определяется, как

$$i_{b\text{max}} = \frac{1}{\cos \beta}.$$

По выражениям (1) и (2) получены необходимые расчётные зависимости\*.

1. Среднее значение выпрямленного тока (напряжения)

$$I_0 = U_0 = \frac{m}{\pi} \frac{1}{\cos \beta} \sin \frac{\lambda}{2} \sin \left(\frac{\lambda}{2} + \beta + \psi\right). \quad (5)$$

Для частного случая  $C = 0$  (чисто активная нагрузка), подставив значения  $\lambda = \frac{2\pi}{m}$ ,  $\psi = \frac{\pi(m-2)}{2m}$ , получаем известную формулу:

$$I_0 = \frac{m}{\pi} \sin \frac{\pi}{m}; \quad (m \geq 2).$$

2. Эффективное значение тока вентиля

$$I_B = \frac{1}{2\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{1}{\cos \beta} \cdot \sqrt{2\lambda - \sin 2\lambda}. \quad (6)$$

\* Все зависимости, как и ранее в относительных единицах.



Для трёхфазной мостовой схемы Ларионова

$$I_B = \sqrt{2} I'_B \quad (7)$$

где  $I'_B$  определяется по формуле (6) для  $m=6$ .

3. Эффективное значение тока фазы трансформатора  $I_\Phi$ :

а) для схем с нулевым выводом  $I_\Phi = I_B$ ;  $I_\Phi = I_B$

б) для однофазной мостовой схемы  $I_\Phi = \sqrt{2} I_B$ , где  $I_B$  определяется по формуле (6) для  $m=2$ ;  $I_\Phi = I_B$

в) для схемы Ларионова ток фазы зависит от схемы соединения трансформатора. Ток в линейных проводах, подходящих к мосту, будет

$I_L = \sqrt{2} I_B$ , где  $I_B$  определяется из формулы (7).

4. Пульсация выпрямленного напряжения:

$$\Delta U = \frac{U_{0\max} - U_{0\min}}{U_0} = \frac{1 - \sin(\lambda + \beta)}{\frac{m}{\pi} \frac{1}{\cos \beta} \sin^2 \frac{\lambda}{2}}$$

5. Максимальное обратное напряжение  $U_{\text{обр max}}$ :

а) для схем с нулевым выводом:

$$U_{\text{обр max}} = 2 \text{ [т. е. } \bar{U}_{\text{обр max}} = 2\bar{\varepsilon}_m \text{ (вольт)]};$$

б) для схемы Ларионова  $U_{\text{обр max}} = \sqrt{3}$ ;

в) для однофазной мостовой схемы  $U_{\text{обр max}} = 1$ .

Полученные зависимости позволяют полностью рассчитать схему.

Для удобства пользования построены расчетные графики как функции  $\text{tg } \beta = \omega RC$  для  $m=1, 2, 3, 6, 12$ . Решения проведены на электронной вычислительной машине. Для иллюстрации на рис. 1 и 2 приведены графики для  $m=3$ . Расчет с помощью этих графиков весьма несложен: по заданной  $\Delta U$  определяется требуемый  $\text{tg } \beta$  и все величины при найденном  $\text{tg } \beta$ . Затем определяется

$$C = \frac{\text{tg } \beta}{\omega R} \text{ [фарада]; } \omega = 2\pi f .$$

#### ОСОБЕННОСТЬ РАБОТЫ $m$ -ФАЗНЫХ СХЕМ

Все полученные выше зависимости для схем с  $m \geq 3$  справедливы при выполнении определенного условия, а именно: длительность горения вентиля  $\lambda$ , определяемая зависимостью (4), не должна превышать величины  $\frac{2\pi}{m}$  (т. е. величины  $\lambda$  при чисто активной нагрузке). Согласно формуле (4) величина  $\lambda$  зависит от  $\beta$ , т. е. от  $\omega RC = \text{tg } \beta$ . При заданных  $R$  и  $\omega$  величина  $\lambda$  определяется емкостью  $C$ . Очевидно, что чем больше  $C$ , тем меньше  $\lambda$ . По мере уменьшения  $C$  величина  $\lambda$  растет и при некоторой  $C = C_{\text{кр}}$  достигает критической величины  $\lambda_{\text{кр}} = \frac{2\pi}{m}$ . При дальнейшем уменьшении емкости  $\lambda$  физически увеличиться не может и остается равной  $\frac{2\pi}{m}$ . Емкость перестает сглаживать кривую выпрямленного напряжения и работает независимо от нагрузки  $R$ , т. е. становится излишней, ибо ведет к беспечельному искажению тока вентиля и фаз трансформатора. Назовем режим, имеющий место при  $C = C_{\text{кр}}$ , критическим, режим при  $C > C_{\text{кр}}$  — докритическим и режим при  $C < C_{\text{кр}}$  — закритическим. Очевидно, что закритический режим недопустим. Докритический режим рассмотрен выше.

При определении абсолютных (ампер) значений токов для трёхфазной мостовой схемы следует вместо амплитуды  $E_m$  фазовой эдс брать амплитуду линейного напряжения  $U_L = \sqrt{3} E_m$ .

Определим  $C_{кр}$ . Подставив значения  $\lambda_{кр} = \frac{2\pi}{m}$  и  $\psi_{кр} = \frac{\pi(m-2)}{2m}$  в формулу (3) и учитывая, что  $\operatorname{tg} \beta_{кр} = \omega R C_{кр}$ , получаем:

$$C_{кр} = \frac{1}{\omega R} \operatorname{tg} \frac{\pi(m-2)}{2m}. \quad (8)$$

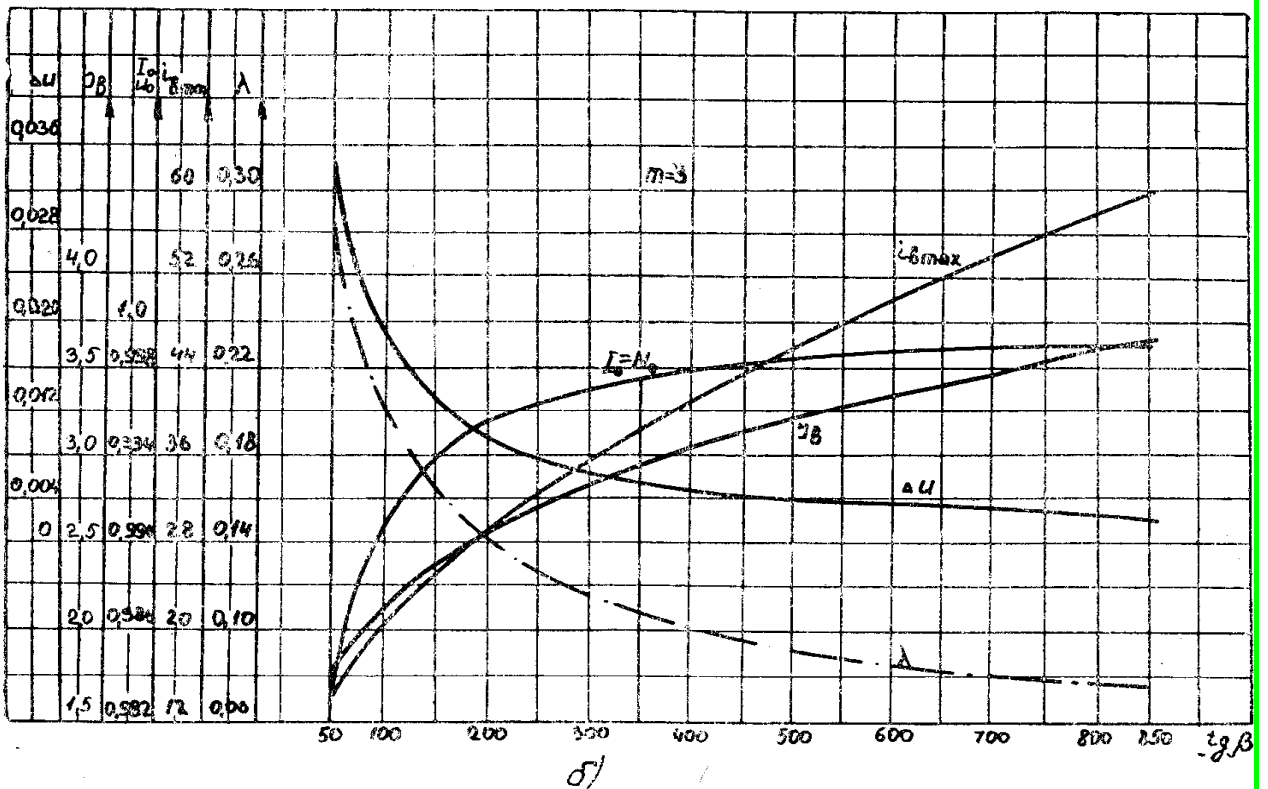
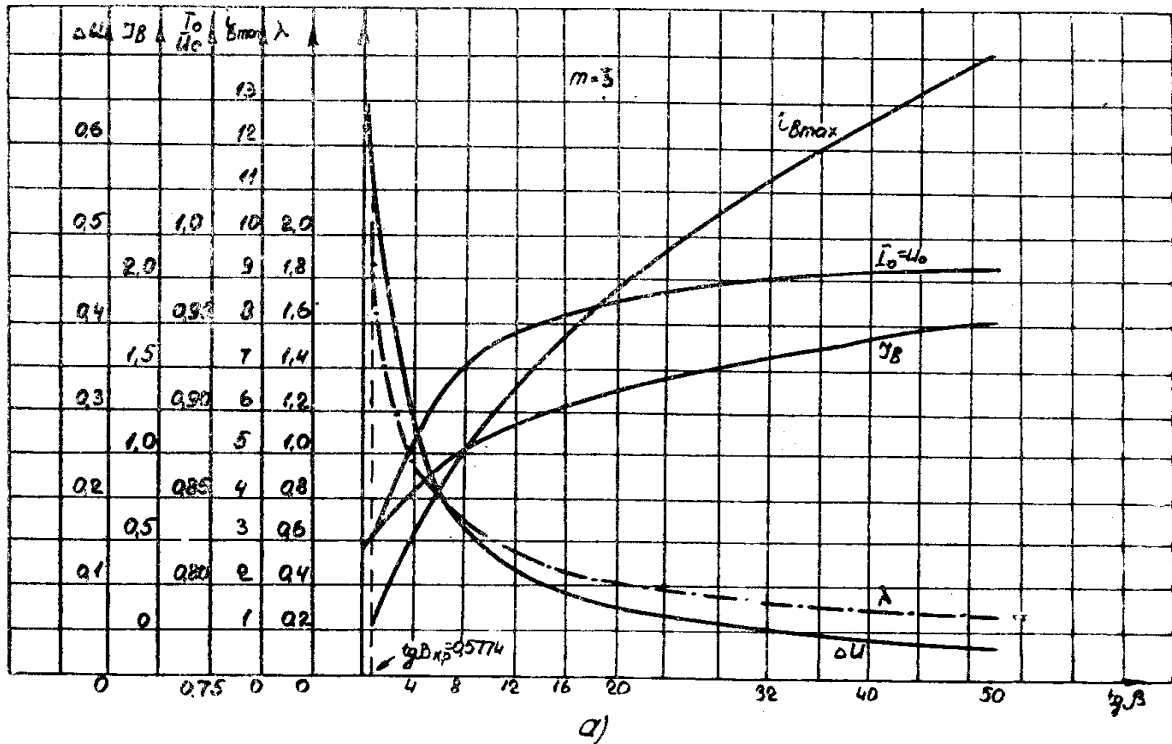


Рис. 2.

а) графики расчётных величин; б) графики расчётных величин.

Выражение (8) позволяет определить минимальное значение ёмкости, с которого, ёмкость оказывает сглаживающее действие на кривую выпрямленного напряжения.

Графики закритического режима приведены на рис. 3,а ( $m=3$ ).

Графики критического режима для схемы Ларионова приведены на рис. 3,б.

В заключение отметим, что контрольные эксперименты подтвердили правильность теоретических выкладок.

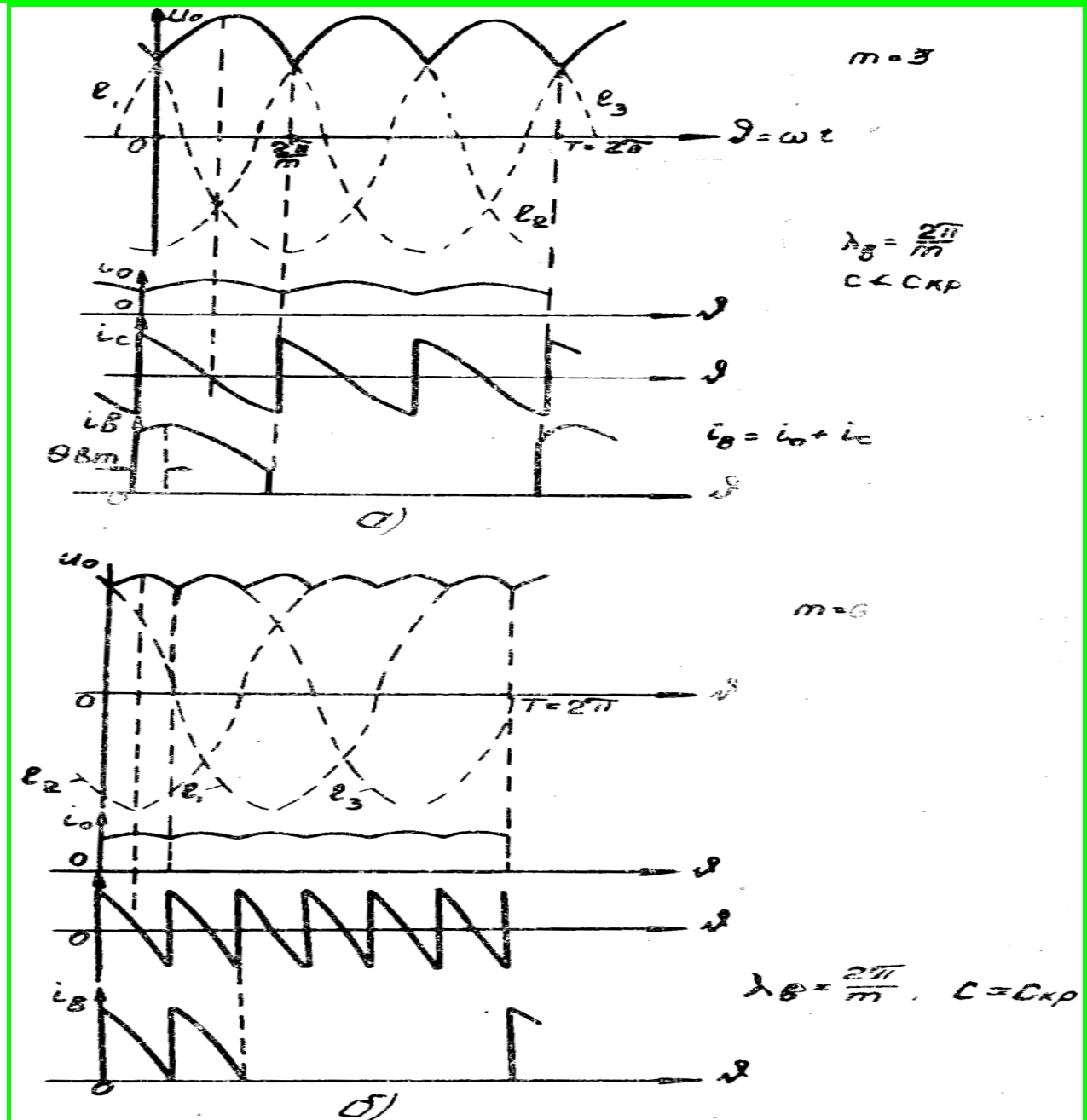


Рис. 3. а) диаграммы закритического режима; б) диаграммы критического режима. 271

### ВЫВОДЫ

1. Исследованы режимы в схеме замещения  $m$ -фазной схемы выпрямления, получены расчётные соотношения и графики, позволяющие рассчитать схему и выбрать её параметры.

2. Выявлено наличие критической величины ёмкости, определяющей тот или иной режим, и получено выражение для её определения.



**Дрэк сканкопии плохой ксерокопии. Фрагмент. С пометками автора.**  
**Ксерокопия типографской вёрстки с моими правками. Просто на память.**  
**Все 4 статьи подправил. Сдал вёрстки в РИО МЭИС.**  
**Как оказалось после получения сборника, многие мои правки НЕ учтены.**

анализа переходного импульсного режима (рис. 3) и выражения для амплитуд переднего ( $U_{max}$ ) и заднего ( $U_{min}$ ) фронтов импульса, полученные из анализа установившегося импульсного режима:

$$U_{max} = R_n + R_i \frac{1 - e^{-\frac{2\pi}{m}}}{1 - e^{-\frac{2\pi}{m}}}; U_{min} = R_n + R_i \frac{1 - e^{-\frac{2\pi}{m}}}{1 - e^{-\frac{2\pi}{m}}} e^{-\frac{2\pi}{m}}$$

**ВЫВОДЫ**

1. В работе проведен анализ непрерывных и импульсных процессов схемы замещения устройства с емкостным накопителем энергии. Получены аналитические выражения для этих процессов, являющиеся основой синтеза цепей и устройств, эквивалентная схема которых сводится к рассмотренной.
2. В работе использованы решетчатые функции и принципы их решения посредством дискретного преобразования Лапласа, что позволило весьма просто провести анализ динамики схемы.
3. К рассмотренной схеме замещения сводится целый ряд устройств, в частности, источники питания с накопительной емкостью, модуляторы, элементы вычислительной техники и т. п.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Цыпкин Я. З. Теория линейных импульсных систем. Госиздат физ. мат. литературы, 1963.

М. А. М. 23.5.69  
Логин

А. М. РЕПИН К. П. СОБИНОВ

**К ТЕОРИИ И РАСЧЕТУ  $m$ - ФАЗНОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ ПРИ  $RC$  НАГРУЗКЕ**

**ВВЕДЕНИЕ**

Вопросам теории и расчета  $m$ -фазного выпрямителя, включенного на  $RC$  нагрузку, посвящено значительное число опубликованных работ. Вместе с тем, многое остается неизученным. В настоящей работе приводятся результаты анализа рассмотренного случая  $m$ -фазного выпрямителя при  $RC$  нагрузке, когда внутреннее сопротивление трансформатора, сети переменного тока и вентилей не учитывается.

**СХЕМА ЗАМЕЩЕНИЯ И ЕЕ АНАЛИЗ**

Схема замещения  $m$ -фазного выпрямителя с нулевой точкой трансформатора \* приведена на рис. 1. Первичная обмотка трансформатора не указана. Активное и индуктивное сопротивления питающей сети, трансформатора и активное сопротивление вентилей приняты равными нулю. Коэффициент трансформации трансформатора принят за единицу. Рассматриваются установившиеся процессы с периодом  $\theta_m = \frac{2\pi}{m}$ , где  $m$  — число фаз выпрямления. Диаграмма напряжений и токов приведена на рис. 1, б. Период  $\theta_m = \frac{2\pi}{m}$  содержит три интервала:

1. Интервал заряда конденсатора  $0 < \theta < \frac{\pi}{2} - \phi$ . В этом интервале выпрямитель питает нагрузку  $R$  и заряжает конденсатор  $C$ .

\* Работа мостовых схем выпрямления принципиально не отличается от рассмотриваемой. Некоторые особенности работы мостовых схем отмечены ниже.

271

(на память)  
поправил, сг  
как и другие  
но, как показал  
после получения  
много правки не

анализа переходного импульсного режима (рис. 3) и выражения для амплитуд переднего ( $U_{max}$ ) и заднего ( $U_{min}$ ) фронтов импульса, полученные из анализа установившегося импульсного режима:

$$U_{max} = R_n + R_i \frac{1 - e^{-\frac{2\pi}{m}}}{1 - e^{-\frac{2\pi}{m}}}; U_{min} = R_n + R_i \frac{1 - e^{-\frac{2\pi}{m}}}{1 - e^{-\frac{2\pi}{m}}} e^{-\frac{2\pi}{m}}$$

**ВЫВОДЫ**

1. В работе проведен анализ непрерывных и импульсных процессов схемы замещения устройства с емкостным накопителем энергии. Получены аналитические выражения для этих процессов, являющиеся основой синтеза цепей и устройств, эквивалентная схема которых сводится к рассмотренной.
2. В работе использованы решетчатые функции и принципы их решения посредством дискретного преобразования Лапласа, что позволило весьма просто провести анализ динамики схемы.
3. К рассмотренной схеме замещения сводится целый ряд устройств, в частности, источники питания с накопительной емкостью, модуляторы, элементы вычислительной техники и т. п.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Цыпкин Я. З. Теория линейных импульсных систем. Госиздат физ. мат. литературы, 1963.

М. А. М. 23.5.69  
Логин

А. М. РЕПИН К. П. СОБИНОВ

**К ТЕОРИИ И РАСЧЕТУ  $m$ - ФАЗНОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ ПРИ  $RC$  НАГРУЗКЕ**

**ВВЕДЕНИЕ**

Вопросам теории и расчета  $m$ -фазного выпрямителя, включенного на  $RC$  нагрузку, посвящено значительное число опубликованных работ. Вместе с тем, многое остается неизученным. В настоящей работе приводятся результаты анализа рассмотренного случая  $m$ -фазного выпрямителя при  $RC$  нагрузке, когда внутреннее сопротивление трансформатора, сети переменного тока и вентилей не учитывается.

**СХЕМА ЗАМЕЩЕНИЯ И ЕЕ АНАЛИЗ**

Схема замещения  $m$ -фазного выпрямителя с нулевой точкой трансформатора \* приведена на рис. 1. Первичная обмотка трансформатора не указана. Активное и индуктивное сопротивления питающей сети, трансформатора и активное сопротивление вентилей приняты равными нулю. Коэффициент трансформации трансформатора принят за единицу. Рассматриваются установившиеся процессы с периодом  $\theta_m = \frac{2\pi}{m}$ , где  $m$  — число фаз выпрямления. Диаграмма напряжений и токов приведена на рис. 1, б. Период  $\theta_m = \frac{2\pi}{m}$  содержит три интервала:

1. Интервал заряда конденсатора  $0 < \theta < \frac{\pi}{2} - \phi$ . В этом интервале выпрямитель питает нагрузку  $R$  и заряжает конденсатор  $C$ .

\* Работа мостовых схем выпрямления принципиально не отличается от рассмотриваемой. Некоторые особенности работы мостовых схем отмечены ниже.

271

**После выравнивания в IrfanView**

**До выравнивания**

II. Число фаз выпрямления  $m$  может быть равно 2, 3, 4, 6, 12, 24, 36, 48, 72, 96, 144, 180, 216, 288, 360, 432, 504, 576, 720, 864, 1080, 1296, 1512, 1800, 2160, 2592, 3024, 3600, 4320, 5040, 5760, 7200, 8640, 10800, 12960, 15120, 18000, 21600, 25920, 30240, 36000, 43200, 50400, 57600, 72000, 86400, 108000, 129600, 151200, 180000, 216000, 259200, 302400, 360000, 432000, 504000, 576000, 720000, 864000, 1080000, 1296000, 1512000, 1800000, 2160000, 2592000, 3024000, 3600000, 4320000, 5040000, 5760000, 7200000, 8640000, 10800000, 12960000, 15120000, 18000000, 21600000, 25920000, 30240000, 36000000, 43200000, 50400000, 57600000, 72000000, 86400000, 108000000, 129600000, 151200000, 180000000, 216000000, 259200000, 302400000, 360000000, 432000000, 504000000, 576000000, 720000000, 864000000, 1080000000, 1296000000, 1512000000, 1800000000, 2160000000, 2592000000, 3024000000, 3600000000, 4320000000, 5040000000, 5760000000, 7200000000, 8640000000, 10800000000, 12960000000, 15120000000, 18000000000, 21600000000, 25920000000, 30240000000, 36000000000, 43200000000, 50400000000, 57600000000, 72000000000, 86400000000, 108000000000, 129600000000, 151200000000, 180000000000, 216000000000, 259200000000, 302400000000, 360000000000, 432000000000, 504000000000, 576000000000, 720000000000, 864000000000, 1080000000000, 1296000000000, 1512000000000, 1800000000000, 2160000000000, 2592000000000, 3024000000000, 3600000000000, 4320000000000, 5040000000000, 5760000000000, 7200000000000, 8640000000000, 10800000000000, 12960000000000, 15120000000000, 18000000000000, 21600000000000, 25920000000000, 30240000000000, 36000000000000, 43200000000000, 50400000000000, 57600000000000, 72000000000000, 86400000000000, 108000000000000, 129600000000000, 151200000000000, 180000000000000, 216000000000000, 259200000000000, 302400000000000, 360000000000000, 432000000000000, 504000000000000, 576000000000000, 720000000000000, 864000000000000, 1080000000000000, 1296000000000000, 1512000000000000, 1800000000000000, 2160000000000000, 2592000000000000, 3024000000000000, 3600000000000000, 4320000000000000, 5040000000000000, 5760000000000000, 7200000000000000, 8640000000000000, 10800000000000000, 12960000000000000, 15120000000000000, 18000000000000000, 21600000000000000, 25920000000000000, 30240000000000000, 36000000000000000, 43200000000000000, 50400000000000000, 57600000000000000, 72000000000000000, 86400000000000000, 108000000000000000, 129600000000000000, 151200000000000000, 180000000000000000, 216000000000000000, 259200000000000000, 302400000000000000, 360000000000000000, 432000000000000000, 504000000000000000, 576000000000000000, 720000000000000000, 864000000000000000, 1080000000000000000, 1296000000000000000, 1512000000000000000, 1800000000000000000, 2160000000000000000, 2592000000000000000, 3024000000000000000, 3600000000000000000, 4320000000000000000, 5040000000000000000, 5760000000000000000, 7200000000000000000, 8640000000000000000, 10800000000000000000, 12960000000000000000, 15120000000000000000, 18000000000000000000, 21600000000000000000, 25920000000000000000, 30240000000000000000, 36000000000000000000, 43200000000000000000, 50400000000000000000, 57600000000000000000, 72000000000000000000, 86400000000000000000, 108000000000000000000, 129600000000000000000, 151200000000000000000, 180000000000000000000, 216000000000000000000, 259200000000000000000, 302400000000000000000, 360000000000000000000, 432000000000000000000, 504000000000000000000, 576000000000000000000, 720000000000000000000, 864000000000000000000, 1080000000000000000000, 1296000000000000000000, 1512000000000000000000, 1800000000000000000000, 2160000000000000000000, 2592000000000000000000, 3024000000000000000000, 3600000000000000000000, 4320000000000000000000, 5040000000000000000000, 5760000000000000000000, 7200000000000000000000, 8640000000000000000000, 10800000000000000000000, 12960000000000000000000, 15120000000000000000000, 18000000000000000000000, 21600000000000000000000, 25920000000000000000000, 30240000000000000000000, 36000000000000000000000, 43200000000000000000000, 50400000000000000000000, 57600000000000000000000, 72000000000000000000000, 86400000000000000000000, 108000000000000000000000, 129600000000000000000000, 151200000000000000000000, 180000000000000000000000, 216000000000000000000000, 259200000000000000000000, 302400000000000000000000, 360000000000000000000000, 432000000000000000000000, 504000000000000000000000, 576000000000000000000000, 720000000000000000000000, 864000000000000000000000, 1080000000000000000000000, 1296000000000000000000000, 1512000000000000000000000, 1800000000000000000000000, 2160000000000000000000000, 2592000000000000000000000, 3024000000000000000000000, 3600000000000000000000000, 4320000000000000000000000, 5040000000000000000000000, 5760000000000000000000000, 7200000000000000000000000, 8640000000000000000000000, 10800000000000000000000000, 12960000000000000000000000, 15120000000000000000000000, 18000000000000000000000000, 21600000000000000000000000, 25920000000000000000000000, 30240000000000000000000000, 36000000000000000000000000, 43200000000000000000000000, 50400000000000000000000000, 57600000000000000000000000, 72000000000000000000000000, 86400000000000000000000000, 108000000000000000000000000, 129600000000000000000000000, 151200000000000000000000000, 180000000000000000000000000, 216000000000000000000000000, 259200000000000000000000000, 302400000000000000000000000, 360000000000000000000000000, 432000000000000000000000000, 504000000000000000000000000, 576000000000000000000000000, 720000000000000000000000000, 864000000000000000000000000, 1080000000000000000000000000, 1296000000000000000000000000, 1512000000000000000000000000, 1800000000000000000000000000, 2160000000000000000000000000, 2592000000000000000000000000, 3024000000000000000000000000, 3600000000000000000000000000, 4320000000000000000000000000, 5040000000000000000000000000, 5760000000000000000000000000, 7200000000000000000000000000, 8640000000000000000000000000, 10800000000000000000000000000, 12960000000000000000000000000, 15120000000000000000000000000, 18000000000000000000000000000, 21600000000000000000000000000, 25920000000000000000000000000, 30240000000000000000000000000, 36000000000000000000000000000, 43200000000000000000000000000, 50400000000000000000000000000, 57600000000000000000000000000, 72000000000000000000000000000, 86400000000000000000000000000, 108000000000000000000000000000, 129600000000000000000000000000, 151200000000000000000000000000, 180000000000000000000000000000, 216000000000000000000000000000, 259200000000000000000000000000, 302400000000000000000000000000, 360000000000000000000000000000, 432000000000000000000000000000, 504000000000000000000000000000, 576000000000000000000000000000, 720000000000000000000000000000, 864000000000000000000000000000, 1080000000000000000000000000000, 1296000000000000000000000000000, 1512000000000000000000000000000, 1800000000000000000000000000000, 2160000000000000000000000000000, 2592000000000000000000000000000, 3024000000000000000000000000000, 3600000000000000000000000000000, 4320000000000000000000000000000, 5040000000000000000000000000000, 5760000000000000000000000000000, 7200000000000000000000000000000, 8640000000000000000000000000000, 10800000000000000000000000000000, 12960000000000000000000000000000, 15120000000000000000000000000000, 18000000000000000000000000000000, 21600000000000000000000000000000, 25920000000000000000000000000000, 30240000000000000000000000000000, 36000000000000000000000000000000, 43200000000000000000000000000000, 50400000000000000000000000000000, 57600000000000000000000000000000, 72000000000000000000000000000000, 86400000000000000000000000000000, 108000000000000000000000000000000, 129600000000000000000000000000000, 151200000000000000000000000000000, 180000000000000000000000000000000, 216000000000000000000000000000000, 259200000000000000000000000000000, 302400000000000000000000000000000, 360000000000000000000000000000000, 432000000000000000000000000000000, 504000000000000000000000000000000, 576000000000000000000000000000000, 720000000000000000000000000000000, 864000000000000000000000000000000, 1080000000000000000000000000000000, 1296000000000000000000000000000000, 1512000000000000000000000000000000, 1800000000000000000000000000000000, 2160000000000000000000000000000000, 2592000000000000000000000000000000, 3024000000000000000000000000000000, 3600000000000000000000000000000000, 4320000000000000000000000000000000, 5040000000000000000000000000000000, 5760000000000000000000000000000000, 7200000000000000000000000000000000, 8640000000000000000000000000000000, 10800000000000000000000000000000000, 12960000000000000000000000000000000, 15120000000000000000000000000000000, 18000000000000000000000000000000000, 21600000000000000000000000000000000, 25920000000000000000000000000000000, 30240000000000000000000000000000000, 36000000000000000000000000000000000, 43200000000000000000000000000000000, 50400000000000000000000000000000000, 57600000000000000000000000000000000, 72000000000000000000000000000000000, 86400000000000000000000000000000000, 108000000000000000000000000000000000, 129600000000000000000000000000000000, 151200000000000000000000000000000000, 180000000000000000000000000000000000, 216000000000000000000000000000000000, 259200000000000000000000000000000000, 302400000000000000000000000000000000, 360000000000000000000000000000000000, 432000000000000000000000000000000000, 504000000000000000000000000000000000, 576000000000000000000000000000000000, 720000000000000000000000000000000000, 864000000000000000000000000000000000, 1080000000000000000000000000000000000, 1296000000000000000000000000000000000, 1512000000000000000000000000000000000, 1800000000000000000000000000000000000, 2160000000000000000000000000000000000, 2592000000000000000000000000000000000, 3024000000000000000000000000000000000, 3600000000000000000000000000000000000, 4320000000000000000000000000000000000, 5040000000000000000000000000000000000, 5760000000000000000000000000000000000, 720000000000