

р. 6.7

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED
ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА
Серия А № 191 1961

У. М. АГУР

**УНИВЕРСАЛЬНЫЙ
СЛЕДЯЩИЙ
ИМИТАТОР НАГРУЗКИ
ПОСТОЯННОГО ТОКА**

ТАЛЛИН, 1961

Ep. 6.7

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED
ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

Серия А

№ 191

1961

У. М. АГУР

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ
СЛЕДЯЩИЙ
ИМИТАТОР НАГРУЗКИ
ПОСТОЯННОГО ТОКА

2002.2



ТАЛЛИН, 1961

7.9.47

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARY

UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARY
1215 EAST 58TH STREET
CHICAGO, ILLINOIS 60637

Ep. 3995



1967 JAN 17

Принцип действия имитатора

При сопряжении натуральных возбудителей (ЭМУ, управляемых выпрямителей и др.) с математическими или физическими моделями крупных машин [1] возникает проблема имитации больших постоянных времени нагрузочной цепи (до 3—4 сек. и более). Обычно при этом используются специальные дроссели, представляющие собой громоздкие и негибкие устройства, либо коллекторные машины, включенные по схеме отрицательного сопротивления [2, 3, 4].

В настоящей статье описан универсальный имитатор нагрузки постоянного тока, позволяющий воспроизвести нагрузку любого характера как в статическом, так и в динамическом режимах.

Схема имитатора приведена на рис. 1. Напряжение, подаваемое на главную цепь имитатора, одновременно поступает на вход управляющего устройства, представляющего собой электронную модель натурной нагрузочной цепи. На выходе устройства вырабатывается сигнал u_{iM} , пропорциональный расчетному значению тока нагрузочной цепи. Этот сигнал сравнивается с действительным значением тока главной цепи имитатора* и разность передается через усилитель на управляющую обмотку электромашинного усилителя ЭМУ-ИН, включенного в главную цепь. Таким образом, имитатор представляет собой следящую систему, в которой осуществляется слежение тока нагрузочной цепи за переменной u_{iM} , т. е. за расчетным значением тока.

В случае, когда имитатор применяется для сопряжения нагружаемого устройства с электронной моделью другой части системы, управляющее устройство представляет собой часть этой модели (обычно это электронное моделирующее устройство с усилителями по-

* Вернее, с пропорциональным току главной цепи сигналом u_c , снимаемым с сигнального потенциометра, присоединенного параллельно с нагрузочным сопротивлением R_n .

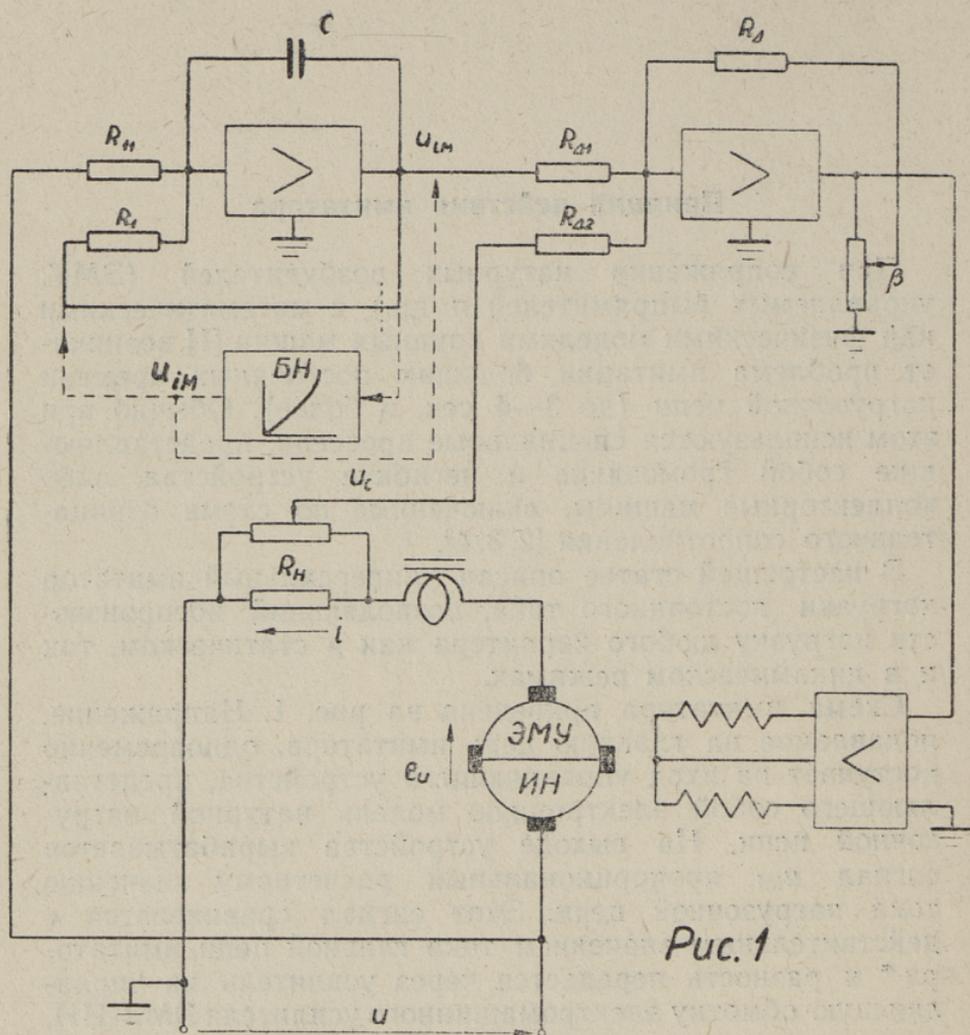


Рис. 1

стоянного тока, типа МН-7, ИПТ-5 и др.). В других случаях управляющее устройство должно быть собрано отдельно. Применяя стандартные моделирующие устройства, можно воспроизвести практически любой линейный или нелинейный закон изменения тока.

Наибольший практический интерес представляет случай имитации цепей с большой постоянной времени (обмотки возбуждения крупных машин). Для этого требуется всего лишь один решающий блок (см. рис. 1, вверху). Для учета нелинейности кривой намагничива-

ния вводится блок нелинейности БН, воспроизводящий закономерность $i_b = f(\Phi)$.

При отсутствии стандартного моделирующего устройства может быть применен упрощенный решающий усилитель постоянного тока. В экспериментальной части настоящей работы была использована модификация схемы [5] стр. 215, фиг. 106, на двух двойных триодах 6Н2П, с коэффициентом усиления в разомкнутом состоянии около 700 и диапазоном линейной работы ± 70 в.

В качестве элемента сравнения может быть также применен решающий усилитель в режиме сумматора. Регулировка передаточного коэффициента по отдельным входам производится изменением входных сопротивлений $R_{\Delta 1}$ и $R_{\Delta 2}$ (см. рис. 1), регулировка общего коэффициента усиления — изменением сопротивления R_{Δ} и уставки потенциометра β .

После сумматора включается симметрирующий каскад и балансный конечный каскад, работающий на две встречно включенные обмотки ЭМУ-ИН (рис. 2). Параметры входного каскада подбираются в соответствии с сопротивлением управляющих обмоток.

Исполнительным органом является нормальный электромашинный усилитель поперечного поля. В главную цепь включен дроссель для улучшения формы кривой переходного процесса и подавления пульсации тока.

Статический режим имитатора

Уравнение имитатора в статическом режиме имеет вид

$$e_u = iR_{\Sigma} - u = -k_{ny} k_e (k_{\Delta 1} u_{IM} + k_{\Delta 2} u_c).$$

Здесь e_u — э. д. с. ЭМУ имитатора нагрузки,

i — ток главной цепи,

R_{Σ} — суммарное сопротивление главной цепи (без нагружаемого источника),

$$R_{\Sigma} = R_n + R_{yu},$$

где R_n — нагрузочное сопротивление (с учетом омического сопротивления дросселя),

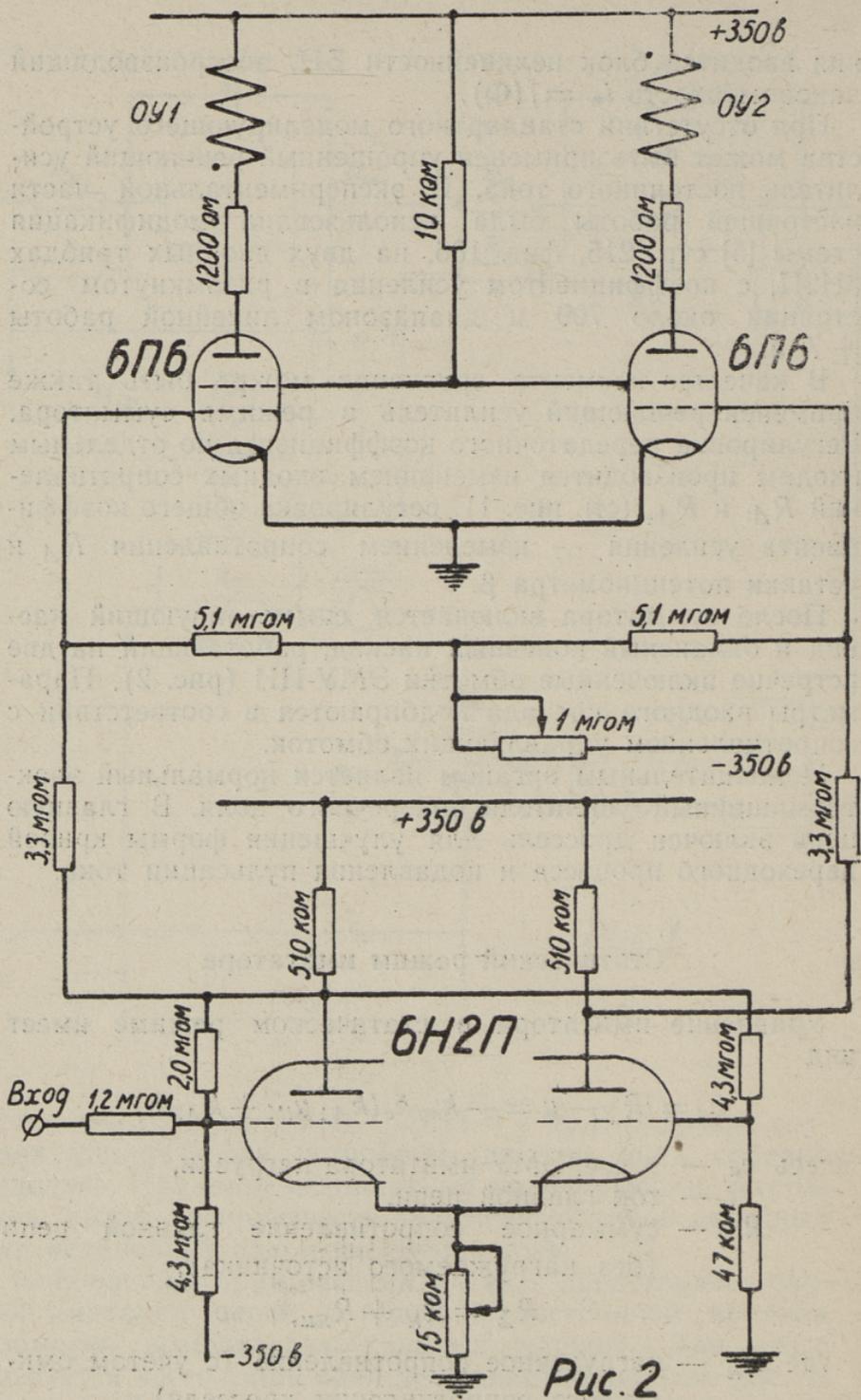


Рис. 2

$R_{яи}$ — сопротивление цепи якоря ЭМУ-ИН,

$u_c = k_c i$ — напряжение, снимаемое с сигнального потенциометра (рис. 1),

u_{IM} — напряжение на выходе управляющего решающего устройства,

k_{ny} и k_e — коэффициенты усиления промежуточного усилителя и ЭМУ-ИН,

$k_{\Delta 1}$ и $k_{\Delta 2}$ — передаточные коэффициенты сумматора по отдельным входам:

$$k_{\Delta 1} = \frac{R_{\Delta}}{\beta R_{\Delta 1}}; \quad k_{\Delta 2} = \frac{R_{\Delta}}{\beta R_{\Delta 2}}.$$

В установившемся режиме

$$u_{IM} = -k_M u, \quad \text{где } k_M = \frac{R_1}{R_{11}}.$$

Обозначим сопротивление имитируемой цепи через $R_{нат}$; тогда расчетный ток

$$i_p = \frac{u}{R_{нат}}.$$

Из равенства $i = i_p$ получаем условие для настройки сигнального потенциометра:

$$k_c = k_M R_{нат} \frac{k_{\Delta 1}}{k_{\Delta 2}} \left(1 + \frac{1 - \frac{R_{\Sigma}}{R_{нат}}}{k_{\Sigma}} \right),$$

где $k_{\Sigma} = k_M k_{\Delta 1} k_{ny} k_e$ — общий коэффициент усиления цепи обратной связи.

Если $k_{\Sigma} \gg 1$, то даже при относительно малых R_{Σ} можно написать:

$$k_c \approx k_M R_{нат} \frac{k_{\Delta 1}}{k_{\Delta 2}}.$$

Уточнение настройки производится экспериментально по условию $i = \frac{u}{R_{нат}}$ при некотором значении входного напряжения $u = \gamma u_{ном}$.

Интерес представляет случай выбора $R_n = R_{нат}$. Тогда в установившемся режиме напряжение на зажимах ЭМУ-ИН $u_u = 0$; в динамическом режиме оно равняется индуктивной противо—э. д. с. в имитируемой цепи:

$$u_u = -L \frac{di_p}{dt}.$$

Практически настройка производится изменением уставки сигнального потенциометра до такого положения, когда напряжение ЭМУ-ИН становится равным нулю.

Определяем статическую точность имитатора. При точном выполнении вышеприведенных условий настройки система при идеальных элементах имеет нулевую погрешность. Практически погрешность обуславливается несовершенством отдельных элементов — небалансом и дрейфом электронных устройств, изменением степени компенсации и остаточного намагничивания ЭМУ-ИН. Исходя из уравнений системы, путем алгебраических преобразований можно вывести выражения для погрешности:

приведенная погрешность *

$$\Delta i_* = \frac{i - i_p}{i_{ном}} \approx \frac{(e_{ос*} + k_{\Sigma} e_{ов*}) \left(1 - \frac{u_*}{\gamma}\right)}{1 + k_{\Sigma}} \approx \left(\frac{e_{ос*}}{k_{\Sigma}} + e_{ов*}\right) \left(1 - \frac{u_*}{\gamma}\right);$$

относительная погрешность

$$\delta_E = \frac{i - i_p}{i_p} \approx \left(\frac{e_{ос*}}{k_{\Sigma}} + e_{ов*}\right) \left(\frac{1}{u_*} - \frac{1}{\gamma}\right),$$

где $e_{ос*} = \frac{e_{о ост} + e_{оі}}{i_{ном}}$ — составляющая смещения нуля (в относительных единицах), не зависящая от общего коэффициента усиления k_{Σ} ;

$e_{о ост}$ и $e_{оі}$ — составляющие э.д.с. ЭМУ-ИН,

* Звездочкой здесь и далее отмечены относительные величины.

создаваемые отдельно остаточным магнетизмом и небалансом выходного электронного каскада;

$$k_{\Sigma} e_{ov} = k_{\Sigma} \frac{u_{iMo} + \frac{u_{\Delta o}}{k_M}}{u_{ном}} \text{ — составляющая, зависящая от } k_{\Sigma};$$

u_{iMo} и $u_{\Delta o}$ — смещение нуля блока модели и элемента сравнения, приведенное к входам элементов;

$\gamma U_{ном}$ — напряжение входа, при котором произведена настройка погрешности на нуль;

$$i_{ном} = \frac{u_{ном}}{R_{нат}} \text{ — номинальный ток имитатора.}$$

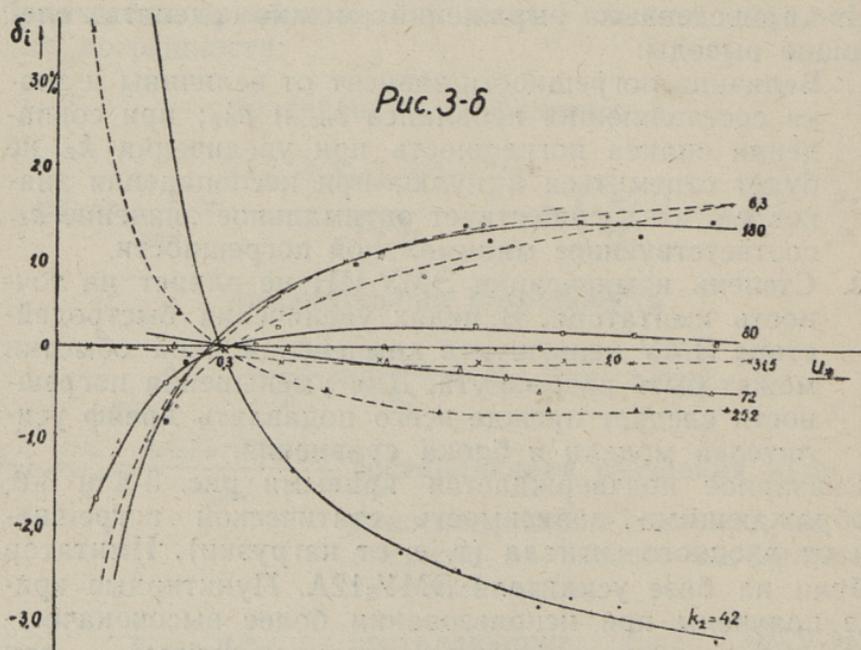
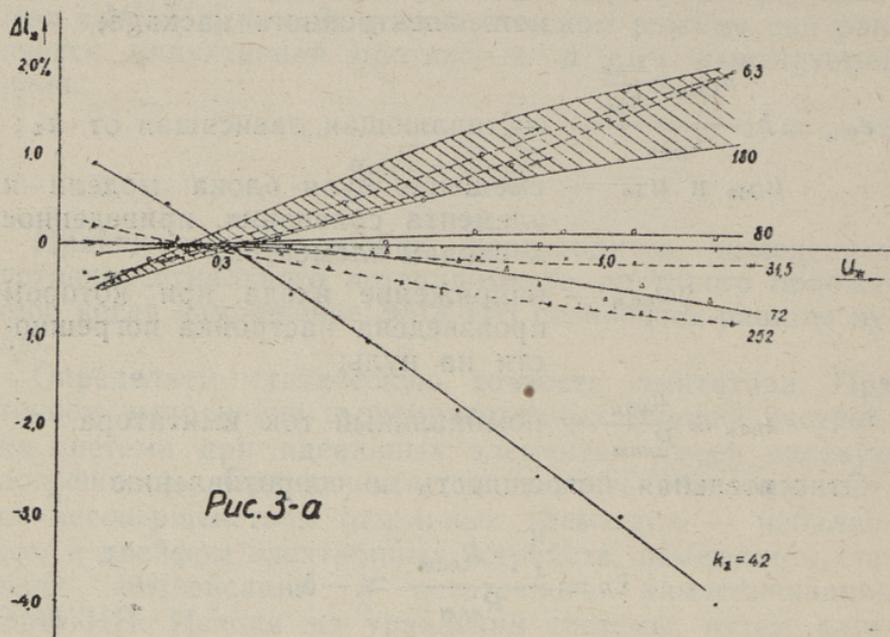
Относительная погрешность по сопротивлению

$$\delta_R = \frac{\frac{u}{i} - R_{нат}}{R_{нат}} \approx -\delta_i.$$

Из приведенных выражений можно сделать следующие выводы:

1. Величина погрешности зависит от величины и знака составляющих небаланса e_{oc} и e_{ov} ; при совпадении знаков погрешность при увеличении k_{Σ} не будет стремиться к нулю; при несовпадении знаков e_{ov} и e_{oc} существует оптимальное значение k_{Σ} , соответствующее минимальной погрешности.
2. Степень компенсации ЭМУ-ИН не влияет на точность имитатора. В целях увеличения быстродействия ЭМУ цепь шунта компенсационной обмотки может быть разомкнута. Для уменьшения погрешности следует прежде всего подавлять дрейф усилителей модели и блока сравнения.

Сказанное подтверждается кривыми рис. 3-а и 3-б, изображающими зависимость статической погрешности от входного сигнала (т. е. от нагрузки). Имитатор собран на базе усилителя ЭМУ-12А. Пунктирные кривые получены при использовании более высококачественных электронных блоков, сплошные кривые — при использовании усилителей по схеме [5], стр. 215 и выходного каскада с нестабилизированным питанием.



Для более равномерного распределения относительной погрешности настройка произведена при $\gamma \approx 0,3$.

Отдельные точки экспериментальных кривых имеют значительный разброс; кроме того наблюдаются относительно быстрые колебания тока, обусловленные, в основном, воздействием изменений напряжения сети на источники питания электронных блоков. Примерные границы колебаний даны для одной из кривых при $k_{\Sigma} = 180$. На кривой $k_{\Sigma} = 6,3$ отчетливо виден «гистерезисный» характер погрешности, обусловленный влиянием остаточного намагничивания.

При $R_n \neq R_{нат}$ настройка на нуль погрешности производится по показаниям вольтметра и амперметра в главной цепи.

Результаты исследования подтверждают, что при правильной настройке даже при простых электронных блоках можно добиться удовлетворительной статической точности порядка 0,5 — 1% во всем диапазоне изменения входного напряжения.

Динамический режим имитатора

На рис. 4 приведена структурная схема имитатора (без корректирующих устройств). Здесь использованы обозначения:

$W_{\Gamma}(p) = \frac{1}{1+pT_{\Gamma}}$ — передаточная функция главной цепи;

$W_{\Delta_1}(p) = \frac{1}{1+pT_{y'}}$ — то же, для цепи управления ЭМУ-ИН;

$W_{\Delta_2}(p) = \frac{1}{1+pT_{q'}}$ — то же, для поперечной цепи ЭМУ-ИН;

$W_{ом}(p)$ — приведенная передаточная функция управляющего устройства, т. е. натурального нагрузочного контура; при имитации линеаризованной цепи возбуждения

$$W_{ом}(p) = \frac{1}{1+pT}$$

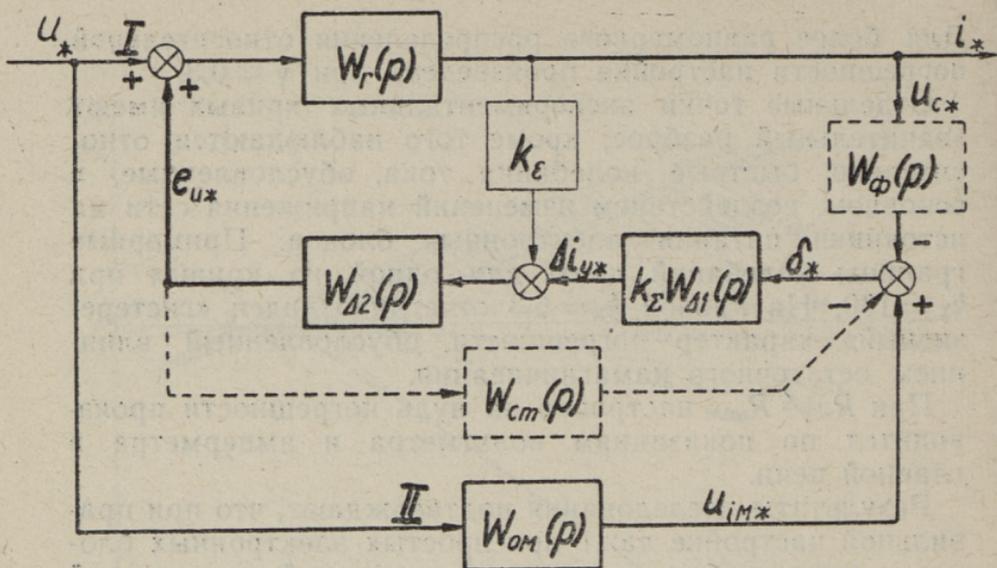


Рис. 4

Далее

u_* — сигнал на входе имитатора;

$u_{c*} = i_*$ — сигнал по току;

$\delta_* = u_{c*} - u_{im*}$ — рассогласование;

$T_r = \frac{L_{\Sigma}}{R_{\Sigma}}$ — естественная постоянная времени

главной цепи, включающей нагружаемый источник тока, якорь ЭМУ-ИН, дроссель и нагрузочное сопротивление;

T_y' — приведенная постоянная времени цепи управления ЭМУ-ИН;

T_q' — постоянная времени поперечной цепи.

Для увеличения быстродействия в поперечную цепь целесообразно ввести добавочное сопротивление R_d .

На структурной схеме тонкой линией показана внутренняя токовая обратная связь с передаточным коэффициентом k_{ϵ} (недокомпенсация ЭМУ-ИН). Исследование показало, что влиянием этого фактора в данном случае можно пренебречь.

Для определения динамической погрешности при подаче на вход имитатора сигнала $u_*(t)$ удобно применить принцип наложения. Любой режим имитатора может быть представлен в виде суммы двух режимов:

А. Подача сигнала на вход I (главная цепь) при отключенном управляющем устройстве; в установившемся режиме величина тока равняется статической погрешности Δi ;

Б. Подача сигнала на вход II (блок модели) при постоянстве напряжения главной цепи.

На рис. 5 представлена характерная картина динамических процессов при скачкообразном входном сигнале (т. е. при внезапной подаче напряжения на вход имитатора нагрузки), а также соответствующие структурные схемы.

Выражение погрешности по схеме А:

$$\delta_{A*} = -i_* = \frac{-W_{\Gamma}(p)}{1+k_{\Sigma}W_{\Gamma}(p)W_{\Delta}(p)}u_*,$$

где $W_{\Delta}(p) = W_{\Delta 1}(p)W_{\Delta 2}(p)$.

Погрешность по схеме Б (ошибка слежения):

$$\delta_{B*} = \frac{W_{oM}(p)}{1+k_{\Sigma}W_{\Gamma}(p)W_{\Delta}(p)}u_*$$

Постоянная времени имитируемой цепи T обычно гораздо больше естественной постоянной времени главной цепи имитатора T_{Γ} ; в таком случае динамическая точность имитатора практически определяется ошибкой по схеме А.

Интересной особенностью динамики рассматриваемой системы является характерное для основной составляющей динамической погрешности δ_{A*} большое перерегулирование (всплеск тока) величиной в несколько сотен и даже тысяч процентов по отношению к установившейся погрешности (см. кривую δ_{A*} на рис. 5). Радикальное подавление всплеска очень трудно, да и с точки зрения системы как целого необязательно (см. осциллограммы на рис. 8).

При желаемом значении коэффициента усиления, система может оказаться неустойчивой. Снижение коэффициента усиления влечет за собой увеличение не

Схема А. Рис. 5

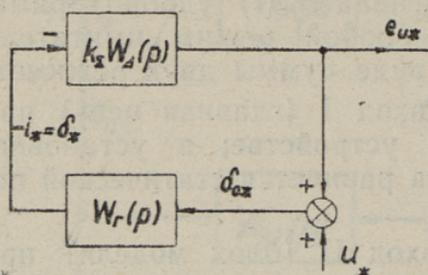
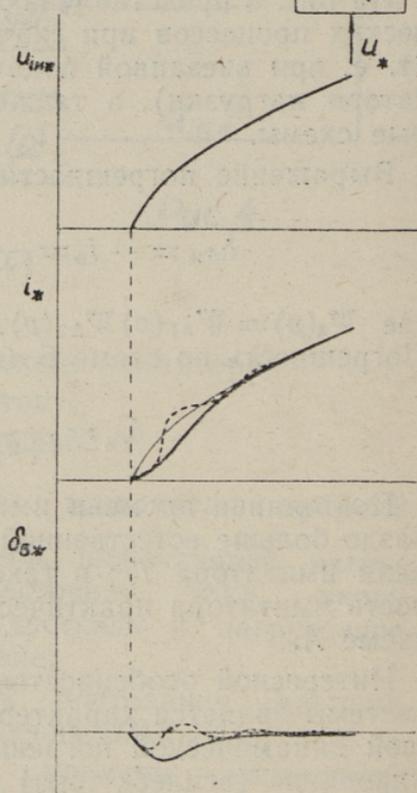
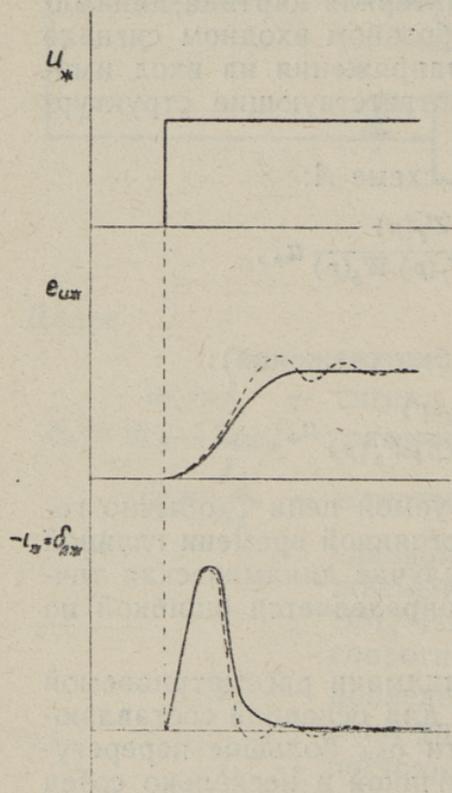
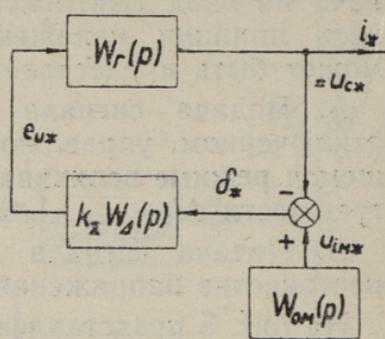


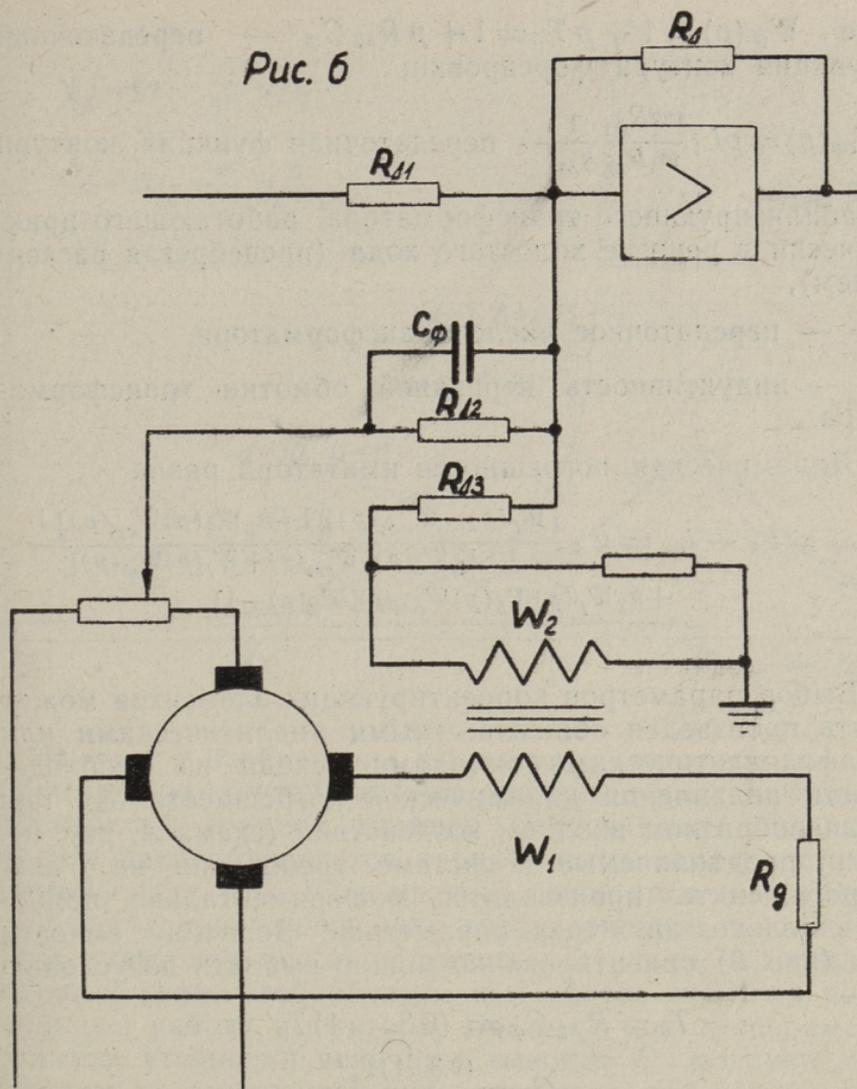
Схема Б'



только статической, но и динамической погрешности. Поэтому необходимо ввести корректирующие контуры (см. пунктирные линии на структурной схеме рис. 4).

Наиболее эффективным приемом является введение производной по сигналу u_c (это практически равносильно введению производной по погрешности), обеспечиваю-

Рис. 6



щей повышение критического коэффициента усиления и улучшение формы кривой переходного процесса. Дополнительно можно ввести стабилизирующую гибкую обратную связь по току поперечной цепи ЭМИ-ИН (рис. 6).

С учетом корректирующих элементов общее уравнение системы приобретает вид:

$$i_* = u_* \frac{W_r(p) \{1 + k_{\Sigma} W_{\Delta}(p) [W_{oM}(p) + W_{cm}(p)]\}}{1 + k_{\Sigma} W_{\Delta}(p) [W_r(p) W_{\phi}(p) + W_{cm}(p)]}$$

где $W_{\phi}(p) = 1 + pT_{\phi} = 1 + pR_{\Delta 2}C_{\phi}$ — передаточная функция контура форсировки,

$W_{cm}(p) = pL_1 \frac{\omega_2 R_{\Delta 1}}{\omega_1 R_{\Delta 3}} \frac{1}{k_M}$ — передаточная функция контура

стабилизирующего трансформатора, работающего практически в режиме холостого хода (пренебрегая рассеянием),

$\frac{\omega_2}{\omega_1}$ — передаточное число трансформатора,

L_1 — индуктивность первичной обмотки трансформатора.

Динамическая погрешность имитатора равна

$$\Delta i_{d*} = i_* - i_{p*} = u_* \frac{[W_{\Gamma}(p) - W_{oM}(p)][1 + k_{\Sigma} W_{\Delta}(p) W_{cm}(p)] + k_{\Sigma} W_{\Gamma}(p) W_{\Delta}(p) W_{oM}(p) [W_{\phi}(p) - 1]}{1 + k_{\Sigma} W_{\Delta}(p) [W_{cm}(p) + W_{\Gamma}(p) W_{\phi}(p)] + k_{\Sigma} W_{\Gamma}(p) W_{\Delta}(p) W_{oM}(p) [W_{\phi}(p) - 1]}$$

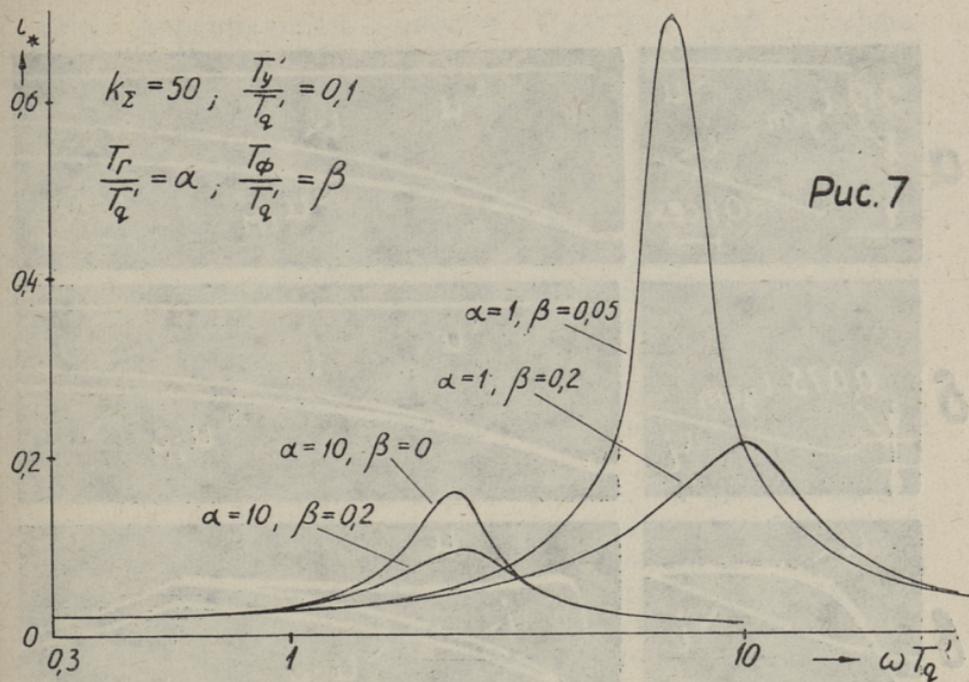
Выбор параметров корректирующих элементов может быть произведен общеизвестными аналитическими или графоаналитическими методами, исходя из необходимости подавления динамической погрешности δ_{d*} при скачкообразном входном воздействии (схема А, рис. 5). Если предъявляемые к системе требования не очень строги, синтез производится экспериментально, подбором только двух-трех параметров. Величину емкости C_{ϕ} (рис. 6) ориентировочно можно выбрать по условию

$$T_{\phi} = R_{\Delta 2} C_{\phi} = (0.3 \dots 1) T_{q'}, \text{ т. е.}$$

$$C_{\phi} = \frac{(0.3 \dots 1) T_{q'}}{R_{\Delta 2}}$$

В качестве трансформатора гибкой обратной связи можно использовать любой малогабаритный трансформатор с большим воздушным зазором (не менее 3—4 мм). Передаточное число выбирается в пределах 100—200. Вторичную обмотку необходимо шунтировать сопротивлением порядка 20—40 ком.

При выборе параметров системы приходится учесть еще наличие пульсации различной частоты в кривых э.д.с. нагружаемого источника и ЭМУ-ИН.



На рис. 7 изображены амплитудно-частотные характеристики замкнутой системы при различных значениях постоянных времени системы. Относительно большая высота пика объясняется характерными особенностями системы (стр. 13). Если частота какой-либо составляющей пульсации близка пику характеристики, то амплитуда пульсации может нарастать настолько, что усилительный тракт «забывается», тем самым нарушая нормальную работу имитатора. Поэтому при экспериментальном уточнении величины емкости C_ϕ следует наблюдать за амплитудой пульсации тока, при надобности изменяя также постоянную времени главной цепи имитатора T_r .

На рис. 8 приведены некоторые осциллограммы, характеризующие работу имитатора. В схеме был применен электромашинный усилитель ЭМУ-12А с сопротивлением в поперечной цепи $R_\phi = 7,5 \text{ ом}$.

Кривая «а» снята при подаче на вход имитатора скачка напряжения в 120 в. Постоянная времени натурной (имитируемой) цепи здесь и далее $T = 2,5 \text{ сек}$, постоянная времени главной цепи $T_r = 0,038 \text{ сек}$. Вели-

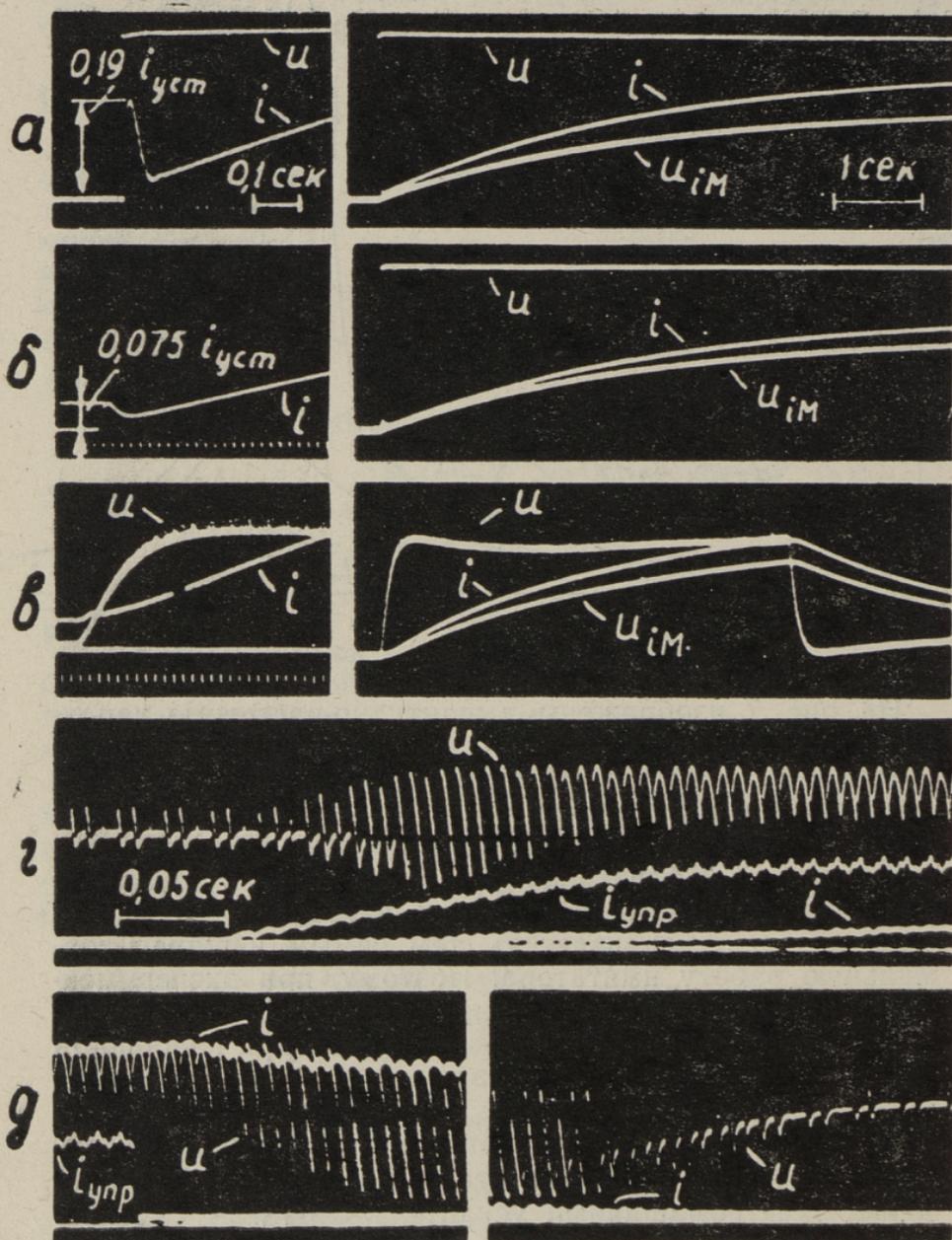


Рис. 8

чина форсирующей емкости: $C_{\phi} = 0,01$ мкф, коэффициент усиления $k_{\Sigma} = 75$; $R_{\Delta 2} = 470$ ком.

При увеличении индуктивности дросселя всплеск тока станет почти незаметным. Это иллюстрируется осциллограммой «б», снятой при параметрах $T_{r} = 0,11$ сек, $C_{\phi} = 0,02$ мкф.

В случае «в» напряжение было подано на обмотку возбуждения нагружаемого источника (ЭМУ), что приблизительно соответствует экспоненциальному входному сигналу с постоянной времени около 0,08 сек. Такой случай, пожалуй, наиболее типичен для работы имитатора с натурной системой возбуждения. По осциллограмме видно, что начальный всплеск тока при этом станет почти незаметным.

Осциллограммы «г» и «д» сняты при работе имитатора с трехфазным ионным выпрямителем, управляемым через устройство сеточного управления с магнитными усилителями. На рис. «г» изображен процесс включения, на рис. «д» — процесс отключения. По кривым напряжения и тока выпрямителя хорошо виден переход в инверторный режим. Таким образом, имитатор дает полное подобие натурального процесса гашения поля.

Выбор параметров главной цепи имитатора

Номинальный ток имитатора (равный номинальному току ЭМУ-ИН) вообще выбирается равным номинальному току натурной нагрузочной цепи. Однако, если нагружаемое устройство имеет малое внутреннее сопротивление, то можно работать при масштабе тока, меньшем единицы. В частности, это относится к управляемым ионным выпрямителям, внутреннее падение напряжения которых почти не зависит от тока. Пренебрегая влиянием падения напряжения в трансформаторе, при мощных выпрямителях можно принять масштаб тока порядка 0,1—0,01, тем самым снижая габариты ЭМУ-ИН и дросселя [2].

Сопротивление главной цепи можно в принципе выбрать любым (см. выше условия статической настройки). Чтобы избежать чрезмерного увеличения всплеска тока, целесообразно, однако, выбрать R_{Σ} не слишком малым:

$$R_{\Sigma} \geq (0,2 \dots 0,5) R_{\text{нат}}.$$

Номинальное напряжение ЭМУ-ИН определяется из следующих соображений. Анализом уравнения системы и режима работы нагружаемого устройства находится максимальное требуемое значение э.д.с. ЭМУ-ИН:

$$|e_u|_{\text{макс}} = |iR_{\Sigma} - u|_{\text{макс}}.$$

В случае имитации цепи возбуждения e_u макс имеет место в момент резкого включения или переключения с одного максимума $u_{1\text{макс}}$ на максимальное значение с обратным знаком $u_{2\text{макс}}$.

В момент перед переключением

$$i \leq \frac{u_{1\text{макс}}}{R_{\text{нат}}};$$

учитывая знаки,

$$|e_u|_{\text{макс}} \approx \frac{R_{\Sigma}}{R_{\text{нат}}} |u_{1\text{макс}}| + |u_{2\text{макс}}|.$$

При нереверсивной схеме в момент включения

$$|e_u|_{\text{макс}} \approx |u_{\text{макс}}|.$$

При нереверсивной схеме с управляемым выпрямителем величина $u_{2\text{макс}}$ (э. д. с. инверторного режима) определяется углом закрытия.

В реверсивной схеме, когда $u_{1\text{макс}} = -u_{2\text{макс}}$,

$$|e_u|_{\text{макс}} \approx |u_{\text{макс}}| \left(1 + \frac{R_{\Sigma}}{R_{\text{нат}}}\right).$$

Из приведенных выражений вытекает, что при реверсивном режиме работы имитатора целесообразно выбрать $R_{\Sigma} < R_{\text{нат}}$, так как в этом случае максимальная э.д.с. ЭМУ-ИН будет меньше.

Учитывая возможность форсировки, исполнительный ЭМУ-ИН следует выбрать с номинальным напряжением

$$U_{\text{ном}} \geq (0,7 \dots 0,8) e_u \text{ макс}.$$

Дроссель выбирается на основе следующих соображений:

1) Величина естественной индуктивности главной цепи влияет на переходный процесс. Увеличение T_L сни-

жает начальный всплеск тока и несколько затягивает переходный процесс (см. осциллограммы рис. 8).

2) При работе с управляемым ионным выпрямителем зависимость выпрямленного напряжения от угла зажигания $E_{d\alpha_0} = f(\alpha)$ определяется естественной индуктивностью главной цепи L_Σ (так как верхний предел полосы пропускания контура обратной связи имитатора значительно ниже частоты переменной э.д.с.).

Если в натурной цепи $X_{нат} \gg R_{нат}$, то при работе выпрямителя с имитатором в области больших углов зажигания будет наблюдаться расхождение кривой $E_{d\alpha_0} = f(\alpha)$ по сравнению с натурной. Соответствующий расчет показал, что выбирая

$$T_r > (0,01 \dots 0,03) \text{ сек},$$

расхождение наблюдается лишь в области $0 < E_{d\alpha_0} < (0,12 \dots 0,05) E_{d0}$, в которой система в установившемся режиме не работает. Это расхождение вызывает лишь незначительную погрешность в продолжительности переходного процесса.

Дроссель должен иметь воздушный зазор для предотвращения насыщения. При эксперименте была использована вторичная обмотка стабилизирующего трансформатора.

Описанный имитатор нагрузки может быть использован также при имитации процессов другого характера. Например, иногда необходимо искусственно уменьшить индуктивность цепи при периодических воздействиях с частотой в несколько герц [6]. Для этой цели можно применить описанную схему без каких-либо переделок.

Вообще, для получения процесса заданного характера следует изменить только структуру и параметры управляющего устройства, т. е. блок модели.

ЛИТЕРАТУРА

1. У. М. Агур, О моделировании силовой части мощного электропривода постоянного тока с применением электронного моделирующего устройства. Труды Таллинского политехнического института, сер. А, № 146, 1958.
2. В. В. Рудаков, Б. А. Егоров и Л. Г. Конради, Электродинамическая модель для исследования ионных возбудительных систем электроприводов. Электричество, № 6, 1960.
3. Электродинамическое моделирование энергетических систем, гл. IV. Изд. АН СССР, 1959.
4. Э. Т. Абгарян, Электромашинный усилитель как компенсатор активного сопротивления. Известия АН Армянской ССР, Сер. техн. наук, т. XI, 4, 1958.
5. Г. Корн и Т. Корн, Электронные моделирующие устройства. ИЛ, 1955.
6. Б. К. Карпенко, Компенсация сопротивлений при медленно протекающих процессах. Электричество, № 10, 1959.

У. М. Агур

«УНИВЕРСАЛЬНЫЙ СЛЕДЯЩИЙ ИМИТАТОР
НАГРУЗКИ ПОСТОЯННОГО ТОКА»

Таллинский политехнический институт

Редактор Х. Тийсмус

Технический редактор Я. Мыттус

Корректор А. Илмвейер

Сдано в набор 19. VII 1961. Подписано к печати
7. X 1961. Бумага 54×84, 1/16. Печатных листов 1,5.
По формату 60×92 печатных листов 1,23. Учетно-
издательских листов 0,92. Тираж 600 экз.

Заказ № 6750.

Тип. им. Х. Хейдеманна, г. Тарту,
ул. Юликооли 17/19. I.

Цена 7 коп.

Цена 7 коп.