

6
А-30

АКАДЕМИЯ НАУК КИРГИЗСКОЙ ССР
ОТДЕЛЕНИЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

На правах рукописи

инж. САХИПОВ Н. И.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАДАЧИ
МНОГОСВЯЗНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ
МНОГОКРАТНЫХ ВОЛОЧИЛЬНЫХ СТАНОВ
ПРИ ПОМОЩИ МНОГОПОЛЮСНИКОВ**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель —
кандидат физико-математических наук
И. Г. ГРИНМАН

АЛМА-АТА—1966

6
АЭО

ВВЕДЕНИЕ

Объекты с многодвигательными электроприводами, такие как станы горячей прокатки, многократные волочильные станы, текстильные и бумагоделательные машины имеют систему управления, состоящую из отдельных контуров регулирования, связанных механически через лист, проволоку и т. д. Современные схемы автоматизации этих объектов предусматривают регулирование ее основных технологических переменных, но связи между этими переменными не учитываются. Автоматизацию, стоящую на таком уровне, можно определить как частичную, поскольку не учитывается взаимное влияние регулируемых величин в динамическом режиме объекта.

Задачей настоящей работы является исследование взаимодействия регулируемых величин и получение автономности в системах управления многократных волочильных станов. Решение задачи требует математического описания многократных волочильных станов, разработки устройств, введение которых в систему управления стана обеспечивает ее автономность, и экспериментальной проверки результатов, полученных теоретическим путем. Рассматриваемые в литературном обзоре методы получения автономности требуют использования весьма сложных вычислительных устройств. Предложенные нами устройства отличаются чрезвычайной простотой и обеспечивают многосвязное регулирование, повышающее качество и динамическую точность управления многократными волочильными станами.

I. Петлевые волочильные станы

В петлевом стане проволока проходит через волоку, наматывается на тянущий барабан, связанный с электродвигателем, затем через натяжной ролик, образующий петлю, по-

Центральная научная
БИБЛИОТЕКА

Академии наук Киргизской ССР

падает в следующую волоку и т. д. Петля под действием пружины находится под постоянным натяжением, которое называется противонатяжением. При нормальной работе стана, когда положение петель не меняется, сохраняется закон удельного расхода металла через волоку, который записывается следующим образом:

$$s_1 v_1 = s_2 v_2 = \dots = s_m v_m \quad (1)$$

где s_{1-m} — сечение волок, v_{1-m} — окружные скорости барабанов.

При рассогласовании скоростей (например, вследствие изменения сечения какой-либо из волок) петля будет перемещаться вверх или вниз. Если отклонение петли от начального положения обозначим l_j , то скорость ее перемещения равна:

$$\frac{dl_j}{dt} = \frac{1}{2} \left(\frac{s_{j+1}}{s_j} v_{j+1} - v_j \right). \quad (2)$$

Положение петли в какой-либо момент времени t будет определяться интегралом от этого выражения. Сигнал, пропорциональный отклонению петли, передается через сельсин и магнитный усилитель на обмотку возбуждения заднего

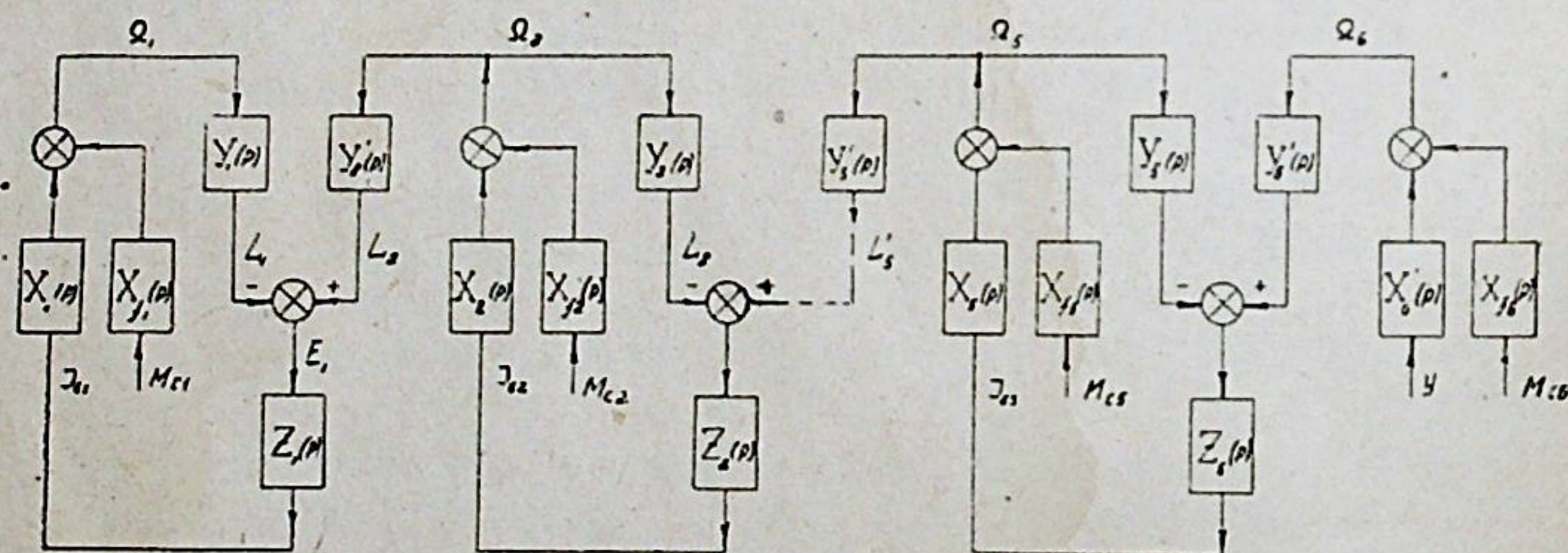


Рис. 1. Структурная схема системы управления шестикратным петлевым станом.

двигателя, изменяя его скорость таким образом, что петля приходит в положение, соответствующее условиям (1). Структурная схема системы управления шестикратного петлевого стана показана на рис. 1. Уравнения движения системы в форме изображений записывается в виде:

$$E_j = Y'_{j+1} \Omega_{j+1} - Y_j \Omega_j; \quad (3)$$

$$\Omega_j = X_j I_{bj} - X_{fj} M_{cj}; \quad I_{bj} = Z_j E_j \quad (j = 1, 2, \dots, 5); \quad (4)$$

$$\Omega_6 = X'_6 Y - X_{f6} M_{c6},$$

где X_j, X_{fj} — передаточные функции электродвигателя, Z_j — передаточная функция магнитного усилителя, сельсина и линейного преобразователя, Y_j, Y'_{j+1} — передаточные функции интегрирующих элементов, E_j — перемещение петли, Ω_j, Ω_{j+1} — скорости электродвигателей, I_{bj} — ток возбуждения электродвигателя, M_{cj} — нагрузочное возмущение, Y — управляющее воздействие.

Важной особенностью структурной схемы является однонаправленность передачи воздействий, т. е. невозможность передачи возмущения слева направо. При этом автоколебания, возникающие в одном контуре, не скажутся на передних двигателях, а в задних вызовут вынужденные колебания, амплитуда которых будет зависеть от степени резонанса. Передача возбуждений вперед возможна лишь через массу петли, которая при ускоренном движении создает силу инерции, изменяющую нагрузку и соответственно скорость двигателя. Однако эта масса достаточно мала и ее влиянием можно пренебречь.

Система управления состоит из отдельных контуров регулирования, связанных последовательно через проволоку; ввиду этого устойчивость системы управления стана определяется устойчивостью отдельных контуров регулирования, а на качество процесса регулирования сказывается взаимодействие регулируемых величин в динамическом режиме. Передаточные функции регулируемых величин Ω_j и положения петель E_j от управляющего воздействия Y , полученные из системы уравнений (3-4) при $M_{cj} = 0$, имеют вид:

$$\frac{\Omega_j}{Y} = \prod_{n=1}^5 W_n X'_6; \quad (5)$$

$$\frac{E_j}{Y} = \frac{Y_j}{1 + X_j Z_j Y_j} \prod_{n=j+1}^5 W_n X'_6, \quad (6)$$

где W_n — передаточная функция замкнутого контура регулирования. Эти уравнения приобретают более сложный вид при учете нагрузочных возмущений M_{cj} . Полученные уравнения показывают, что воздействующие на j -ый контур сигналы передаются через все предшествующие контуры и динамические свойства этих контуров оказывают влияние на переходный процесс указанного j -го контура. Анализ системы уравнений и структурной схемы стана показал следующие недостатки системы управления петлевого стана:

а) система статическая по положению петли, иначе говоря, установившееся положение петли не является постоянным, а зависит от соотношения сечений волок, т. е. от за-

данного маршрута волочения и от коэффициента усиления контура регулирования. При этом для некоторых «крайних» маршрутов положение петли оказывается близким к пределу ее возможных отклонений и, учитывая имеющееся запаздывание, не обеспечивает нормальное управление;

б) управление каждым двигателем происходит от «своей» петли, независимо от положения всех остальных, ввиду чего возможны случаи, когда оно не соответствует требуемому или передает излишние возмущения. При определенном запаздывании, за счет взаимовлияния контуров регулирования, это может привести к резкому увеличению амплитуды колебаний петли и к обрыву проволоки.

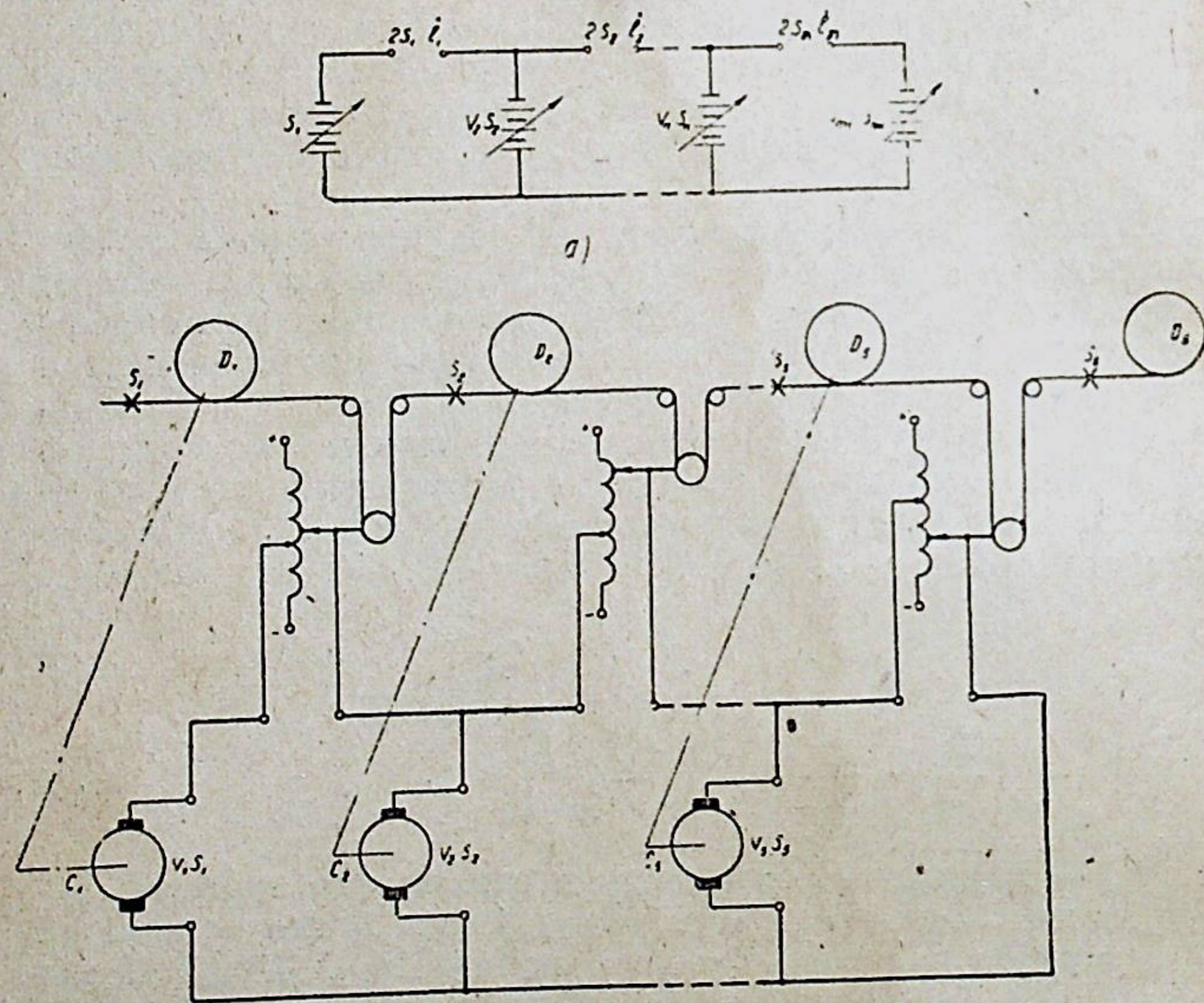


Рис. 2. а) Электрическая схема многополюсника. б) Принципиальная схема управления петлевым станом при помощи многополюсника.

Для устранения влияния контуров друг на друга оказывается нужным ввести в систему управления стана дополнительно искусственную связь, используя для этого обратную модель уравнения связи (3). Такой моделью является устройство в виде многополюсника, электрическая схема которого представлена на рис. 2 а. «Приведенным» скоростям

проволоки $v_j s_j$ и скоростям петель $2s_j l_j$ сопоставлены электрические напряжения, причем электрическая цепь составлена таким образом, что удовлетворяется система уравнений связи, эквивалентная (2). Задавая значения напряжений, соответствующие $v_j s_j$ можно на выходных клеммах измерить величины, соответствующие $2s_j l_j$. С другой стороны, если на клеммы, соответствующие l_j , задать некоторые напряжения, то между соответствующими v_j точками получим напряжения, эквивалентные рассогласованию скоростей, что и является основой для использования данного многополюсника в целях управления. Рассмотрим принципиальную схему петлевого стана (рис. 2 б), управляемого при помощи многополюсника. В нормальном режиме, когда скорости согласованы, все петли находятся в среднем положении, так что движок реостата совпадает с его средней точкой, с которой сделана постоянная отпайка. Напряжение между этой точкой и движком, естественно, равно нулю и все серводвигатели неподвижны. В случае рассогласования скоростей петли смещаются и в электрической цепи появляются напряжения. При этом на каждом серводвигателе будет такое напряжение по знаку и величине, которое соответствует отклонению связанного с ним рабочего двигателя от нормального режима. Серводвигатель будет вращаться со скоростью, пропорциональной рассогласованию рабочего двигателя, пока все петли не займут среднего положения.

Для сравнения с обычным управлением допустим, например, что скорость последнего двигателя увеличена, при этом последняя петля начнет подниматься, что вызовет увеличение скорости пятого двигателя (см. рис. 2 б), затем четвертого и так далее до первого. При использовании многополюсника в этом же случае сразу начнут работать все пять серводвигателей.

Допустим, что при прохождении места сварки или по другой причине уменьшилась скорость второго двигателя, что вызывало удлинение первой петли и уменьшение второй. При обычном управлении это приведет к увеличению скорости второго двигателя и к совершенно ненужному уменьшению скорости первого. При управлении при помощи многополюсника напряжение в этом случае появится, как и требуется, только во втором серводвигателе, в то время как на остальных оба напряжения от петель взаимно компенсируются.

Следует заметить, что в электрической цепи многополюсника мы оперируем скоростью петли, в то время как снимаемое с реостата напряжение пропорционально полному

отклонению. Это вызывает некоторую неточность управления, т. е. известное запаздывание (как, впрочем и при обычном управлении).

Структурная схема системы управления стана при помощи многополюсника отличается от обычной системы (рис. 1) тем, что многополюсник добавляет в нее четыре измерительных узла, через которые осуществляется передача управления. Это приводит к тому, что к уравнениям движения системы (3), (4) добавляются уравнения вида:

$$U_j = E_j + U_{j+1} \quad (j = 1, 2, \dots, 5), \quad (7)$$

где U_j, U_{j+1} — выходные напряжения многополюсника.

Передаточные функции скоростей Ω_j двигателей и положения петель E_j для системы уравнения стана при помощи многополюсника от воздействия U будут иметь вид:

$$\frac{\Omega_j}{U} = \frac{W_j Y_6' \cdot X_6'}{[1 + W_j]} \cdot \frac{\prod_{k=j}^5 K_{Y'_{k+1}}}{\prod_{k=j}^5 K_{Y_{k+1}}}; \quad (8)$$

$$E_j = \frac{W_{j+1} Y'_{j+1} r_{j+1} U - W_j \cdot Y_j r_j U}{1 + W_j} \quad (j = 1, 2, \dots, 5) \quad (9)$$

Из уравнений (8), (9) видно, что на переходный процесс регулирования j -го контура не влияют динамические свойства других контуров, а значения отклонений петель E_j (кроме последней) близки к нулю ввиду идентичности передаточных функций разомкнутого контура W_{j+1}, W_j . Величины отклонений E_j от нуля определяются коэффициентами связи r_j, r_{j+1} . При настройке системы можно добиться равенства коэффициентов связи.

Введение серводвигателя в контур регулирования для получения астатизма по положению петли нарушает устойчивость контура. Поэтому, используя метод логарифмических частотных характеристик, было выбрано стабилизирующее устройство, удовлетворяющее поставленным требованиям к качеству переходного процесса регулирования. По вещественной частотной характеристике уравнения замкнутого контура регулирования, используя частотный метод построения переходных процессов, произведена проверка выбранного стабилизирующего устройства.

На основе указанного многополюсника, осуществляющего многосвязное регулирование, разработано два варианта электрической схемы системы управления петлевого стана: а) статическая система многосвязного регулирования стана, в которой нет астатизма по положению петли и б) ас-

татическая система многосвязного регулирования стана. Устойчивость контуров регулирования указанных систем проверялась по критерию Гурвица. Анализ переходных процессов всей системы управления стана аналитическим или графоаналитическими способами представляет собой трудную задачу ввиду высокого порядка уравнения, описывающего динамику стана и сложной функциональной формы воздействующих сил. Единственным возможным способом анализа переходных процессов стана является моделирование системы уравнений стана на аналоговых машинах, что и было сделано в экспериментальной части настоящей работы.

2. Прямоточные станы с последовательным соединением скоростей двигателей.

В прямоточном стане проволока сначала входит в первую волоку, затем наматывается на барабан, с которого непосредственно, без всяких петель и перегибов подается на следующую волоку и так далее. Эти станы являются весьма перспективными особенно для жесткой проволоки, когда перегибы недопустимы. Большое число обрывов проволоки и сложность заправки не позволяют работать на высоких скоростях, что значительно сказывается на производительности стана.

Скорости в стане поддерживаются автоматически за счет саморегулирования благодаря последовательному соединению якорей электродвигателей. Необходимыми условиями устойчивой работы является постоянство противонатяжения проволоки на участках между волокой и задним барабаном и постоянство (приблизительное) моментов двигателей при изменении их скоростей, обеспечиваемое последовательным соединением якорей всех двигателей. При нормальной работе сохраняется удельный объемный расход металла через волоку (1), а также равенство вращающих моментов алгебраической сумме статических моментов и моментов, создаваемых противонатяжениями.

Зависимость противонатяжения от скоростей v_j, v_{j+1} и времени t записывается так:

$$\frac{dP_j}{dt} = \frac{E}{L} (s_j v_j - s_{j+1} v_{j+1}), \quad (10)$$

где E — модуль упругости, L — участок проволоки между барабаном и передней волокой. Уравнение механической связи (10) по структуре аналогично формуле (2) для петлевого стана. Ввиду этого для управления прямоточными ста-

нами по противонапряжению может быть использован такой же многополюсник, как и для петлевых станов. Управление при помощи многополюсника обеспечивает автоматическое регулирование вращающих моментов, при котором поддерживается постоянство противонапряжений при изменении скоростей двигателей. Тем самым устраняется ручная подрегулировка вращающих моментов для каждого двигателя. С введением управления при помощи многополюсника система прямого стан становится комбинированной, так как к системе с регулированием по внешнему возмущению добавляется система регулирования по отклонению. Как известно, комбинированные системы обладают высокой динамической точностью и способностью к компенсации внешних возмущений.

3. Прямочный стан с параллельным питанием двигателей.

Прямочный стан с последовательным соединением якорей двигателей требует дорогостоящих двигателей и генератора, что резко увеличивает стоимость волоочильных станов. В связи с этим создание станов с параллельным питанием, которое становится возможным при автоматическом управлении по противонапряжению, является весьма актуальным.

При параллельном питании якорей двигателей, в соответствии с их характеристикой, одновременно со скоростью изменяются и их вращающие моменты. Противонапряжение в этом случае зависит не только от соотношения скоростей соседних двигателей, но и от их тяговых усилий. В нормальном (без ускорений) режиме стана тяговое усилие T_j , противонапряжения P_{j-1}, P_j и давление на волоку связаны между собой следующим соотношением:

$$P_{j-1} + V_j = T_j + P_j \quad (j = 1, 2, \dots, 6). \quad (11)$$

Для автоматического управления прямоочным станом при параллельном питании якорей двигателей можно использовать систему уравнений (11), построив многополюсник, электрическая цепь которого составлена таким образом, что для нее будет справедлива эквивалентная система уравнений. Если на вход этой цепи ввести напряжения, эквивалентные значениям V_j и T_j , то на выходных клеммах мы получим напряжения, соответствующие величинам P_j . И, наоборот, если задать напряжения, пропорциональные отклонениям P_j от номинального значения, можно на соответствующих участках цепи получить напряжения, эквивалентные отклонению данного элемента схемы, например, момен-

та двигателя или давления на одну из волок (подобрав соответственно величины сопротивлений в цепи).

В целях автоматического управления двигателями стана требования к многополюснику могут быть снижены, так как нет необходимости в получении абсолютных значений моментов двигателей; совершенно достаточно на выходе иметь сигналы, совпадающие по знаку и приблизительно пропорциональные по величине отклонению моментов от нормального значения. В связи с этим можно пренебречь изменением давлений на волокна и все изменения P_j отнести за счет изменений T_j . Уравнение сил (11) в отклонениях в этом случае получается путем приравнивания ΔV_j нулю. Многополюсник, решающий уравнения сил в отклонениях, был использован при разработке принципиальной схемы управления прямоочным станом с параллельным питанием якорей двигателей.

Многополюсник можно использовать для измерения противонапряжений, посылая в него напряжения, полученные с тензодатчиков и пропорциональные V_j и T_j . На выходах получим напряжения, пропорциональные величинам P_j , которые можно использовать для автоматического управления станом.

4. Экспериментальные исследования систем многосвязного регулирования многократных петлевых волоочильных станов.

Для проверки результатов, полученных теоретическим путем, и исследования влияния различных возмущающих параметров на динамику стана произведено моделирование системы управления петлевого стана как с введенным многополюсником, так и без него и проверка этих систем управления в промышленных условиях. Моделирование производили на электронных моделирующих устройствах непрерывного действия ЭМУ-8 и МН-7. Моделировали петлевой стан типа ВС—6/350. Система управления этого стана при волочении сварочной проволоки марки СВ—08Т2С на машинном маршруте волочения, где входной диаметр проволоки был равен 3 мм, а выходной — 1,2 мм, обеспечивала устойчивую работу на скоростях волочения до 700—750 м/мин. При дальнейшем увеличении скорости волочения происходила раскочка петель и устойчивость работы стана нарушалась. Для выяснения причины неустойчивой работы стана на модели набиралась система линеаризованных уравнений стана. Коэффициенты этих уравнений были определены по статическим характеристикам реального стана. Схема моде-

ли четырехкратного волоочильного стана показана на рис. 3. Модель состоит из нескольких узлов: узел а) моделирует уравнения скоростей ω_j двигателей от токов возбуждения i_j и нагрузочных моментов M_{cj} ; узел б) моделирует уравнения связи (3); узел в) моделирует зависимости токов возбуждения i_j двигателей от положений ε_j петель и зависимость тока возбуждения рабочего двигателя от изменения положения X движка реостата, включенного в цепь обмотки возбуждения рабочего двигателя. Для исследования динамики стана на модели подавали на вход усилителя 17 управляющее воздействие X , соответствующее изменению сопротивления в цепи обмотки возбуждения последнего двигателя. При этом получены были осциллограммы переходных процессов скоростей ω_j двигателей и положений ε_j петель, которые приведены на рис. 4 а. Осциллограммы показывают, что переходные процессы контуров регулирования первого и второго двигателей имеют плохие динамические показатели качества. Этого нельзя сказать о качестве переходного процесса третьего контура, хотя контуры регулирования имеют одинаковые параметры на машинном маршруте волоочения. Ухудшение динамических показателей переходных процессов в контурах регулирования объясняется только наличием взаимодействия регулируемых величин. Это обстоятельство не позволяет стану работать на высокой скорости волоочения. Устранить воздействие путем изменения коэффициентов усиления контуров регулирования не удалось как на модели, так и на реальном объекте. В систему управления был введен многополюсник. На схеме модели (рис. 3) он изображен узлом г). Сигналы, соответствующие ε_j , подавались в модель многополюсника к точкам 1, 2, 3 и с него с точек 3, 4, 5 поступали в узел в) на входы усилителей 8, 11, 14. При подаче в схему модели стана управляющего воздействия были сняты осциллограммы переходных процессов регулирования, которые приведены на рис. 4 б. Как видно из осциллограмм, введение многополюсника обеспечивает автономность контуров регулирования и малые отклонения положения петель от установившихся значений. Это подтверждает справедливость теоретических результатов, полученных из уравнений (8), (9).

На реальном стане был введен в систему управления многополюсник, осуществляющий многосвязное регулирование по скорости отклонения петли. В этой статической системе многосвязного регулирования стана на обмотку возбуждения двигателей через магнитные усилители поступали с одной стороны сигналы по отклонению петли с сельсинов, связанных с петлями, а с другой стороны сигналы по скорости

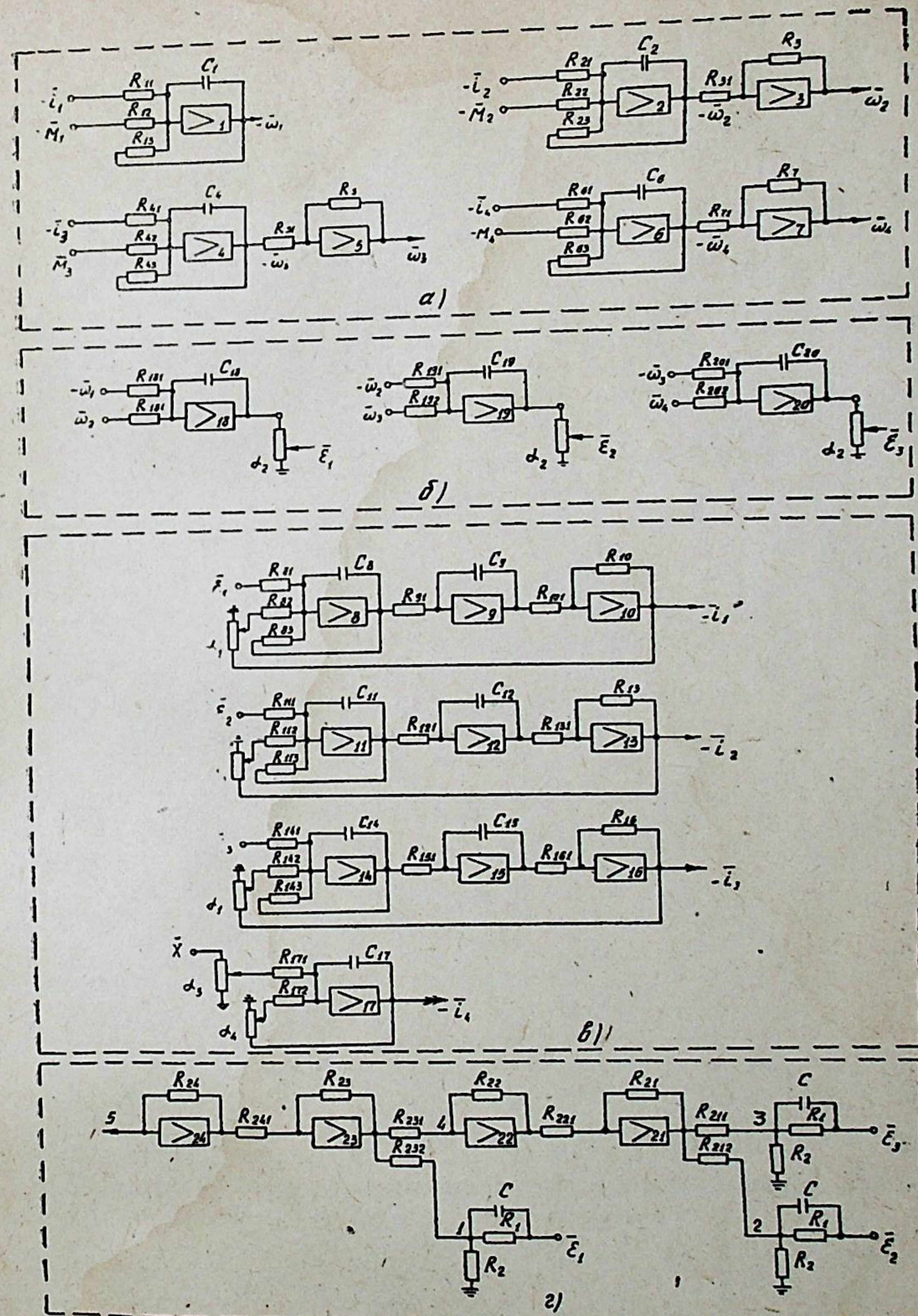


Рис. 3. Электронная модель системы многосвязного регулирования четырехкратным петлевым станом. а) — модель уравнений скоростей ω_j двигателей; б) — модель уравнения связей; в) — модель уравнения токов возбуждения i_j двигателей; г) — модель многополюсника.

отклонения петли с тахогенераторов через многополюсник. Тахогенераторы были связаны с петлей через редуктор с передаточным отношением $i=50$. Напряжения с тахогенераторов поступали на входы многополюсника, где они формировались в управляющие сигналы. К выходам многополюс-

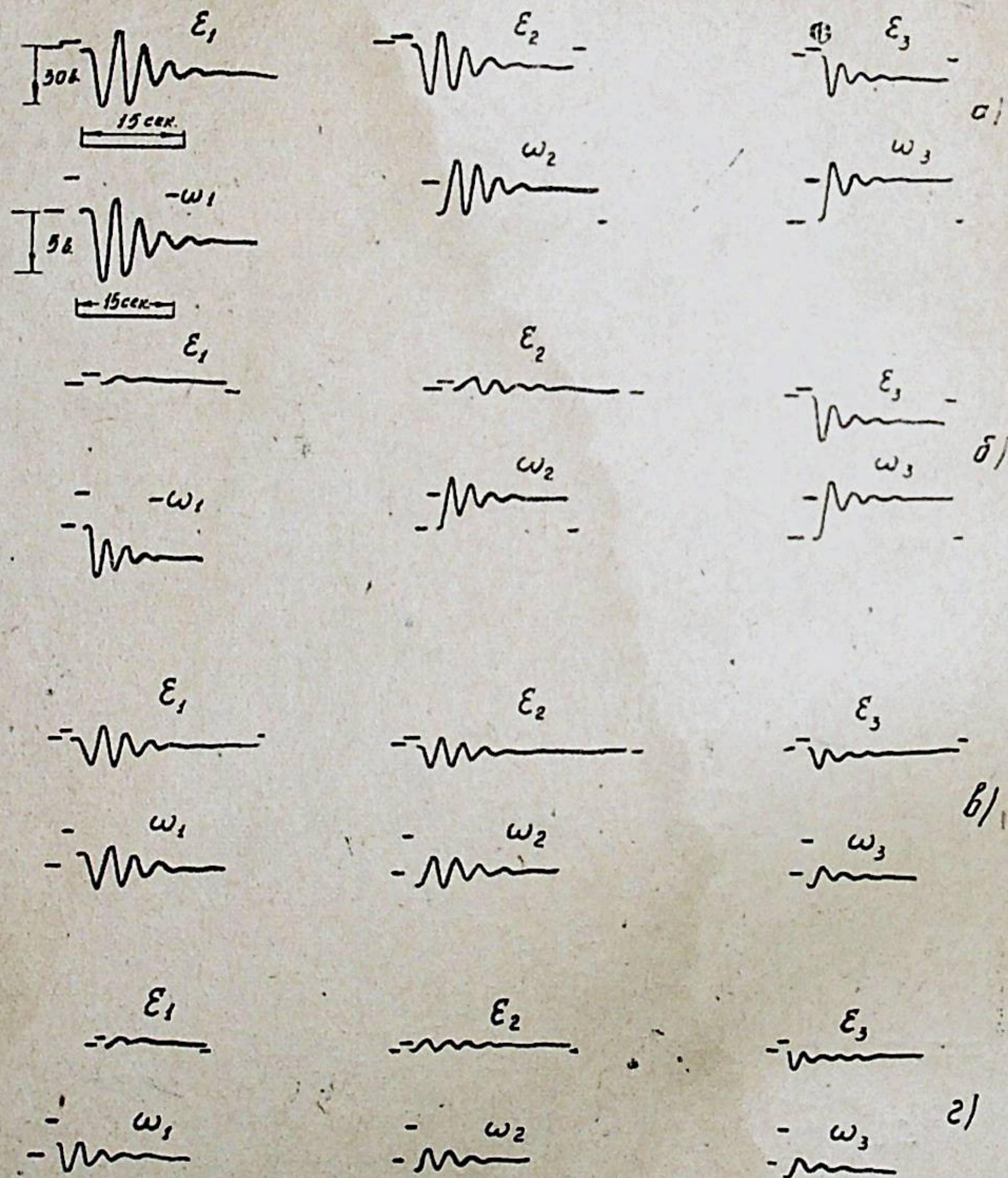


Рис. 4. Осциллограммы переходных процессов. а), в) — без многополюсника; б), г) — с многополюсником.

ника были подключены сопротивления R_j для согласования нагрузок. Напряжения с нагрузочных сопротивлений R_j поступали в соответствующие магнитные усилители двигателей. Блок формирования сигналов, электрическая схема которого состояла из многополюсника, тахогенераторов и нагрузочных сопротивлений был проверен предварительно в

лабораторных условиях. Проверка показала, что формирование сигналов многополюсником и передача их осуществляется правильно.

Включение статической системы многосвязного регулирования по скорости отклонения петли позволило увеличить скорость волочения v_6 на 250 м/мин, т. е. до 1000 м/мин. Дальнейшее увеличение скорости путем незначительного изменения положения движка реостата, включенного в обмотку возбуждения последнего двигателя, приводило к резкому изменению скоростей двигателей и, естественно, к раскачке петель и обрыву проволоки. Такое резкое изменение скоростей вызвано, как показали экспериментально снятые характеристики, значительным изменением крутизны характеристики магнитного усилителя на участке высоких скоростей. Поэтому было рекомендовано магнитные усилители типа УМ-62—65/47—14, используемые в петлевом стане, заменить другими усилителями типа УМП2525/53, которые имеют линейные характеристики в рабочем диапазоне скоростей. Исследования на модели также показали возможность повышения скоростей волочения путем многосвязного регулирования по скорости отклонения петли, но статизм положений петель при этом сохраняется. На модели тахогенераторы были заменены RC цепочками (рис. 3 г), передаточные функции которых эквивалентны передаточным функциям тахогенераторов.

При работе стана на маршруте волочения, где усилия волочения оказались соизмеримы с противонапряжениями, создаваемыми пружинами петель, было замечено, что электродвигатели, кроме управления по петле, получают дополнительное регулирование по нагрузке непосредственно через проволоку. Таким образом, возникающее возмущение от изменения скоростей двигателей передается на управление соответствующих двигателей как бы через два канала: через петлю и через проволоку. При этом происходит сглаживание колебаний петель на высоких скоростях волочения. Это говорит о том, что эффект от введения многополюсника в систему управления стана будет существенным при волочении жесткой проволоки, когда усилия волочения значительно превышают величины противонапряжений.

Режим совместной работы электродвигателей зависит от маршрута волочения, обусловленного технологическими условиями. При одних маршрутах волочения скорости двигателей по ходу волочения увеличиваются, при других, наоборот, уменьшаются. Для системы управления стана самым благоприятным является машинный маршрут, когда скорости всех двигателей почти одинаковы. Исследования на мо-

дели проводили при таких маршрутах волочения, которые охватывают все вышеуказанные случаи работы двигателей. Исследование влияния возмущающих нагрузок на динамику стана как с введенным многополюсником, так и без него производили путем подачи скачкообразного изменения нагрузок $M_{сj}$ в модель на входы усилителей 1, 2, 4, 6. При этом полученные осциллограммы переходных процессов регулирования для обычной системы управления стана приведены на рис. 4 в, а для многосвязной статической системы управления приведены на рис. 4 г. Как видно из осциллограмм, введение многополюсника в систему управления стана обеспечивает автономность контуров регулирования и малые отклонения петель от установившихся значений.

Астатическая система многосвязного регулирования стана по скорости отклонения петли была исследована на аналоговых машинах. Схема модели этой системы отличается от модели, показанной на рис. 3, только тем, что в нее входит модель зависимостей углов поворота Θ_j серводвигателей от положений ϵ_j петель и модель стабилизирующего устройства. Исследования на модели астатической системы многосвязного регулирования стана показали, что в ней отсутствуют недостатки, присущие обычной системе управления петлевого стана.

Основные выводы

1. Многократные волочильные станы рассмотрены как объекты многосвязного регулирования; получены математические уравнения стана в статическом и динамическом режимах.

2. Разработана структура системы управления многократными волочильными станами трех типов: петлевых, прямоточных с последовательным соединением якорей двигателей и прямоточных с параллельным питанием двигателей. Анализ структуры управления показал, что система управления стана состоит из отдельных контуров регулирования, связанных между собой через проволоку.

3. Путем математического анализа системы уравнения динамики петлевых волочильных станов установлено отрицательное действие взаимовлияния регулируемых величин системы управления стана на качество переходных процессов. Математически доказана необходимость введения дополнительной искусственной связи через электрическую модель для обеспечения автономности контуров регулирования, что значительно повышает качество и динамическую точность управления.

4. Предложены электрические модели в виде многополюсников для многосвязного регулирования многократных волочильных станов. Электрические цепи многополюсников составлены таким образом, что они решают уравнения механической связи стана.

5. Созданы принципиальные и электрические схемы управления многократными волочильными станами при помощи многополюсников. Для петлевых волочильных станов разработаны электрические и принципиальные схемы статической и астатической систем многосвязного регулирования и дан их расчет. Для прямоточных станов с последовательным соединением якорей двигателей и с параллельным питанием двигателей предложены принципиальные схемы управления по противонапряжению и указаны возможности их реализации.

6. На электронных моделирующих установках исследована динамика системы управления многократным петлевым волочильным станом на различных технологических режимах при подаче управляющего и возмущающего воздействий. При этом показано, что в системе управления взаимовлияние регулируемых величин сказывается на качестве переходных процессов регулирования, сильно их ухудшая. Это обстоятельство не позволяет стану работать на высоких скоростях волочения. Коэффициент усиления контура регулирования необходимо уменьшать с увеличением скорости волочения для сохранения устойчивости стана. На практике берут для всего диапазона скоростей один средний коэффициент усиления, удовлетворяющий требуемому качеству регулирования на больших скоростях, но при этом статические отклонения положения петель получаются большими, что также отрицательно сказывается на работе стана в динамическом режиме.

7. Экспериментально на моделирующей установке и в промышленных условиях установлено, что введение в систему управления многократного петлевого волочильного стана многополюсника устраняет взаимовлияния регулируемых величин в динамическом режиме. Это резко повышает качество процессов регулирования и значительно уменьшает в статической системе управления статизм положения петель во всех контурах регулирования, предшествующих последнему контуру.

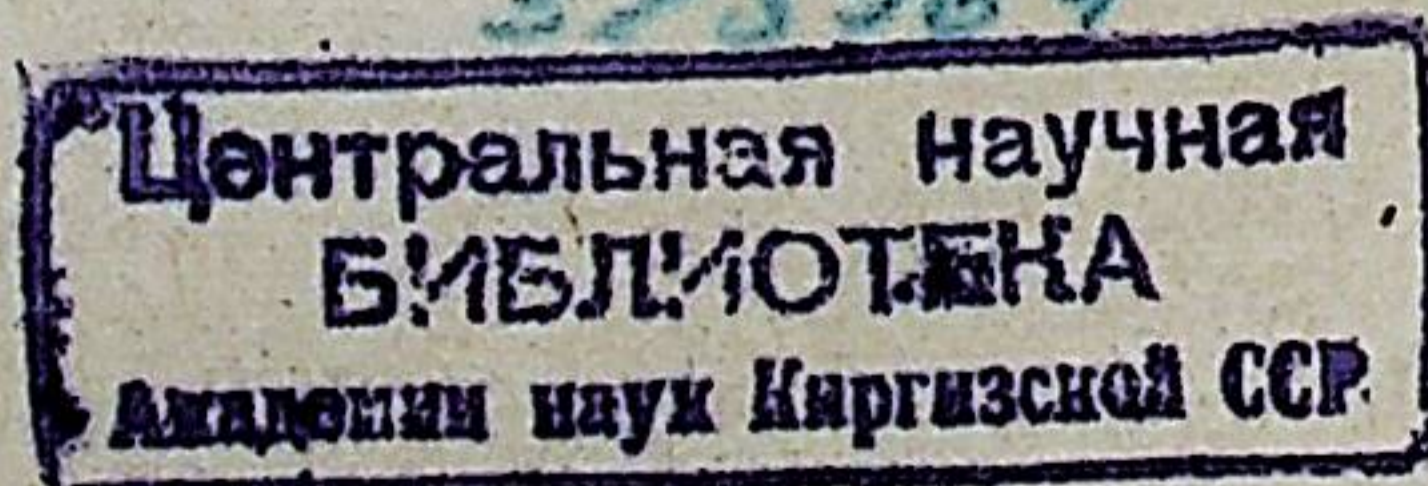
8. Астатическая система управления многократного петлевого волочильного стана при помощи многополюсника обеспечивает автономность контуров регулирования и астатизм положения петель.

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

1. Гринман И. Г., Сахипов Н. И. Об автоматическом управлении многократными волочильными станами с помощью электрических моделей. Труды Института ядерной физики, том, 4. 1961.
2. Гринман И. Г., Сахипов Н. И. Решение задачи многосвязного регулирования многократных волочильных станов при помощи многополюсников. Автоматики и телемеханика, том. XXIV, № 4, 1963.
3. Гринман И. Г., Сахипов Н. И. Устройство для автоматического регулирования электропривода петлевого стана многократного волочения. Авт. свид. № 141917 от 18 января 1960 г.
4. Гринман И. Г., Сахипов Н. И. Устройство для автоматического регулирования электропривода стана многократного волочения. Авт. свид. № 142354 от 18 января 1960 г.
5. Гринман И. Г., Сахипов Н. И. Устройство для автоматического регулирования электропривода стана многократного волочения. Авт. свид. № 142355 от 18 января 1960 г.
6. Сахипов Н. И., Гринман И. Г. Система многосвязного регулирования электропривода многократных петлевых волочильных станов. НИИ-Информтяжмаш, Metallургическое машиностроение, выпуск 5, 1966.
7. Сахипов Н. И., Гринман И. Г. Исследование динамики многократных петлевых волочильных станов на аналоговых машинах. Сб. Министерства среднего и высшего образования КазССР, серия «Технические науки том. III. (в печати).

Основные результаты исследований были доложены:

1. На конференции по автоматизации производственных процессов. Алма-Ата, 19—21 сентября 1966 г.



Сдано в набор 7/XII 1966 г. Подписано к печати 19/XII 1966 г.
Формат 60×90^{1/16}. Физ. л. 1, бум. л. 0,5.
Уч.-изд. л. 1,03. Тираж 200. УГ08640

Типография издательства «Наука», г. Алма-Ата, ул. Шевченко, 28.
Зак. 157