

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИСКРЕТНОГО УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАДАННОГО ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА

В. З. ЯМПОЛЬСКИЙ, А. И. ЗАЙЦЕВ

Основное требование, предъявляемое к системам электропривода скоростных пассажирских подъемников,—обеспечение высокой производительности и комфортабельности.

Комфортабельностью, или мерой плавности работы лифта, является скорость нарастания ускорения (замедления) в переходных режимах при пуске и остановке. Эта величина в технике лифгостроения именуется рывком и математически выражается производной по времени от ускорения (замедления):

$$\rho = \frac{da}{dt}.$$

Ускорение при пуске или замедлении, составляющее 2 м/сек^2 , не вызывает неприятных ощущений у пассажира, если рывок не превышает величины $3,5 \text{ м/сек}$ [1]. Сочетание комфортабельности и высокой производительности является весьма затруднительным, так как скоростной график движения кабины должен учитывать, с одной стороны, требования комфортабельности, которые ограничивают величину ускорения и рывка, а с другой стороны, удовлетворять требованию наибольшей производительности, что диктует необходимость увеличивать те же параметры.

Оптимальный скоростной график представлен на рис. 1, где сочетание требований комфортабельности и производительности достигается изменением скорости движения на участках 0 — 1 и 2 — 3 по параболическому закону. Современный электропривод лифтов по системе Г-Д с замкнутой системой автоматического регулирования скорости практически не в состоянии точно выполнить оптимальный график движения в переходных режимах.

Очевидно, полное соответствие графика реальному процессу в системе может быть достигнуто введением в систему привода САУ пуском и торможением, обеспечивающую изменение скорости по заданному временному закону.

В данной статье предлагается новый способ получения желаемого переходного процесса пуска и торможения, основанный на использовании дискретного управляющего устройства последовательностного типа. Приводится методика оптимального синтеза дискретного уст-

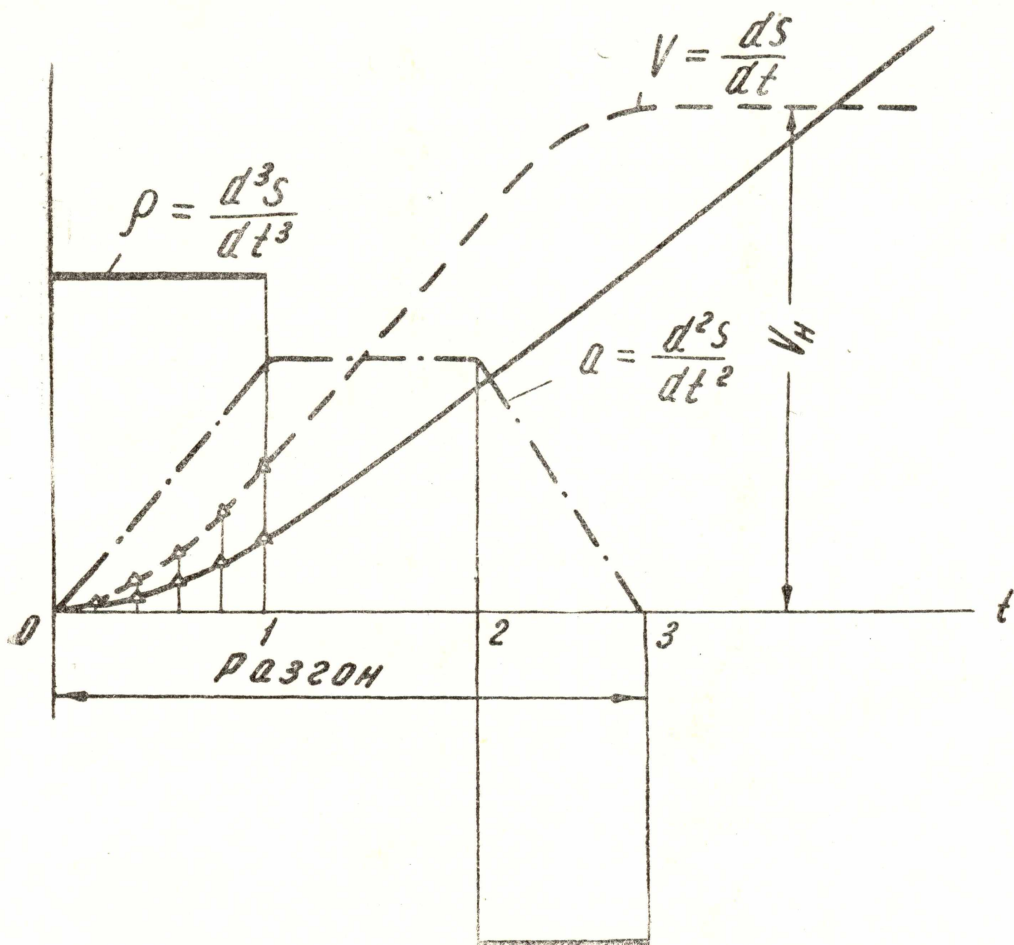


Рис. 1. Оптимальный скоростной график движения лифта.

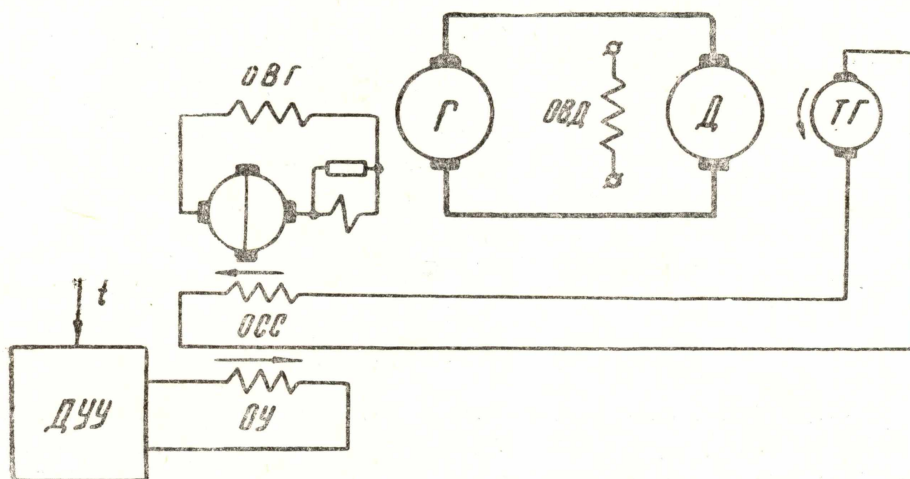


Рис. 2. Принципиальная схема САУ.

ройства управления. Из регулируемых электроприводов для скоростных пассажирских подъемников наиболее широкое применение получила система Г—Д. Для реализации управляемого переходного процесса предлагается система Г—Д с жесткой отрицательной обратной связью по скорости, дополненная дискретным устройством управления ДУУ рис. 2.

Дискретное устройство управления предназначено для автоматического формирования и развертки во времени сигнала на входе ЭМУ, пропорционального заданной скорости при пуске и торможении.

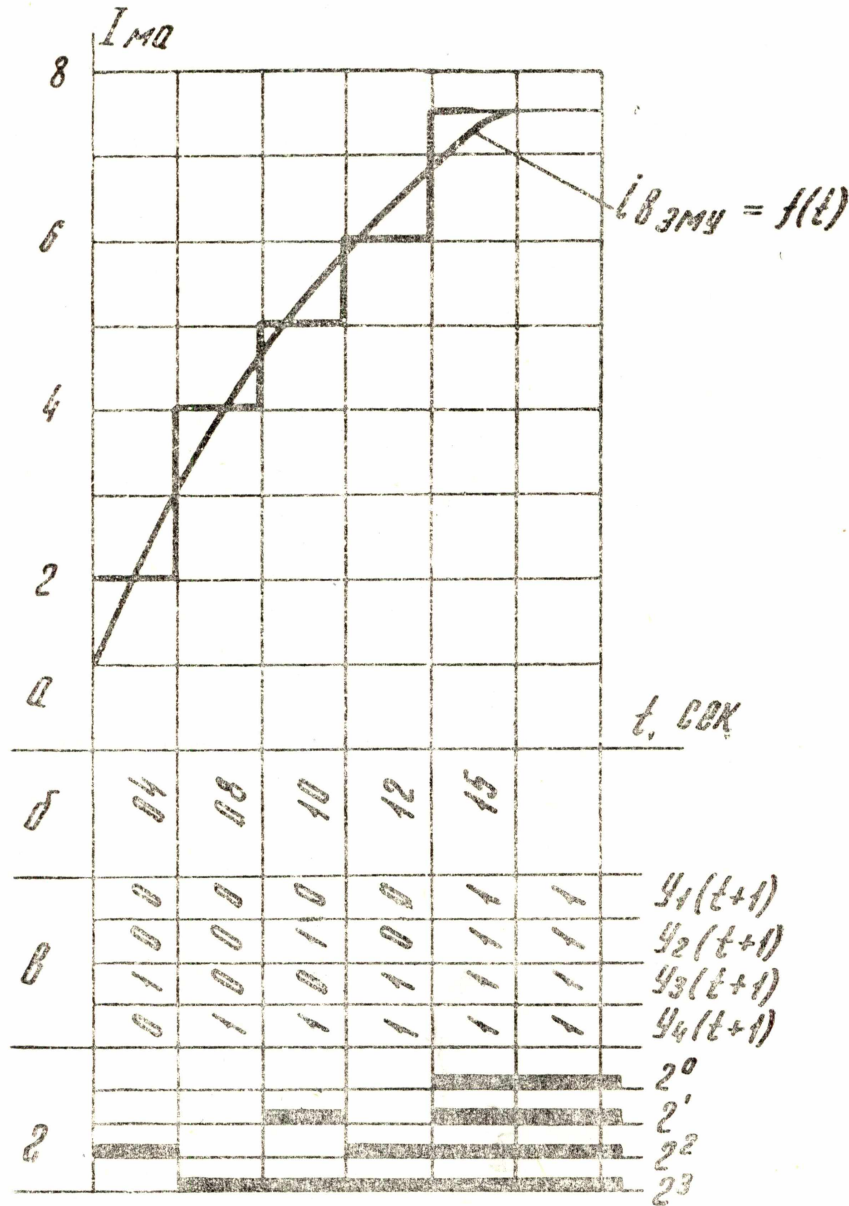


Рис. 3. График закона управления.

Следовательно, отыскание закона управления сводится к построению зависимости $i_{взм} = f(t)$. Эта зависимость может быть найдена с помощью метода А. В. Башарина [2]. Разработанный им графический метод позволяет произвести синтез закона управления в функции пути, скорости или времени при заданном оптимальном скорост-

ном графике в сложных системах электропривода с обратными связями с учетом нелинейных зависимостей.

На рис. 3, а приведен результат построения закона управления в функции времени $i_{взм} = f(t)$ при пуске лифтовой установки.

Синтез дискретного устройства управления

Дискретное устройство управления реализовано с помощью последовательностных логических схем. Работа последовательностных схем описывается вырожденной рекуррентной булевой функцией первого рода (сокращенно ВРБФ-1).

Рекуррентной булевой функцией первого рода называется функция, определенная для любого t на наборах типа

$$\langle X_{1t} = X_{2t}, \dots, X_{nt}, Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-k} \rangle$$

и принимающая в качестве своих возможных значений либо 0 либо 1.

В этих наборах:

$X_{1t}, X_{2t}, \dots, X_{nt}$ — двоичные аргументы, значения которых берутся в момент времени t .

$Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-k}$ — значения функции Y_t в момент времени $t-1, t-2, \dots, t-k$.

В отличие от РБФ-1 значения ВРБФ-1 не зависят от аргументов X_{it} ($i = 1, 2, \dots, n$).

Физически в схеме, соответствующей вырожденной рекуррентной булевой функции первого рода, отсутствуют активные входы ($X_{1t}, X_{2t}, \dots, X_{nt}$) и имеется K линий обратной связи (рис. 4).

Система собственных функций последовательностных (непримитивных) схем имеет вид

$$(1) \begin{cases} Y_{1(t+1)} = \varphi_1(Y_{1t}, Y_{2t}, \dots, Y_{st}); \\ Y_{2(t+1)} = \varphi_2(Y_{1t}, Y_{2t}, \dots, Y_{st}); \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ Y_{s(t+1)} = \varphi_s(Y_{1t}, Y_{2t}, \dots, Y_{st}); \end{cases}$$

при начальных условиях

$$\begin{cases} Y_{10} = \alpha_1; \\ Y_{20} = \alpha_2; \\ \dots \dots; \alpha_i = 0, 1; i = 1, 2, \dots, s. \\ Y_{s0} = \alpha_s; \end{cases}$$

Поведение последовательностных функций исследовалось с различных

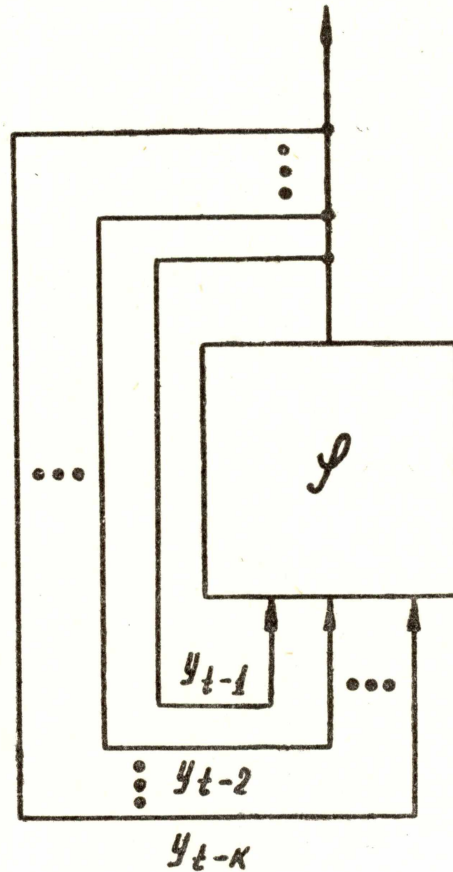


Рис. 4.

точек зрения в работе ряда авторов [3, 4, 5]. Задача синтеза дискретного устройства управления заключается в построении некоторой реальной схемы, исходя из физического описания ее работы.

Физическим описанием работы ДУУ является закон управления $i_{вз\mu} = f(t)$ (рис. 3), который с помощью квантования по времени и по уровню представляется в виде последовательности чисел. Эти числа записаны на рис. 3, б десятичными знаками, а на рис. 3, в — двоичными. Состояние элементов последовательностной схемы в различные моменты времени показано на рис. 3, г. Цифровая запись закона управления позволяет изобразить работу дискретного устройства управления временной диаграммой, приведенной на рис. 5.

На временной диаграмме кружками обозначены все возможные состояния схемы в дискретные моменты времени. Затемненный кружок соответствует исходному состоянию схемы. Стрелками показаны переходы из предыдущего состояния схемы в последующее.

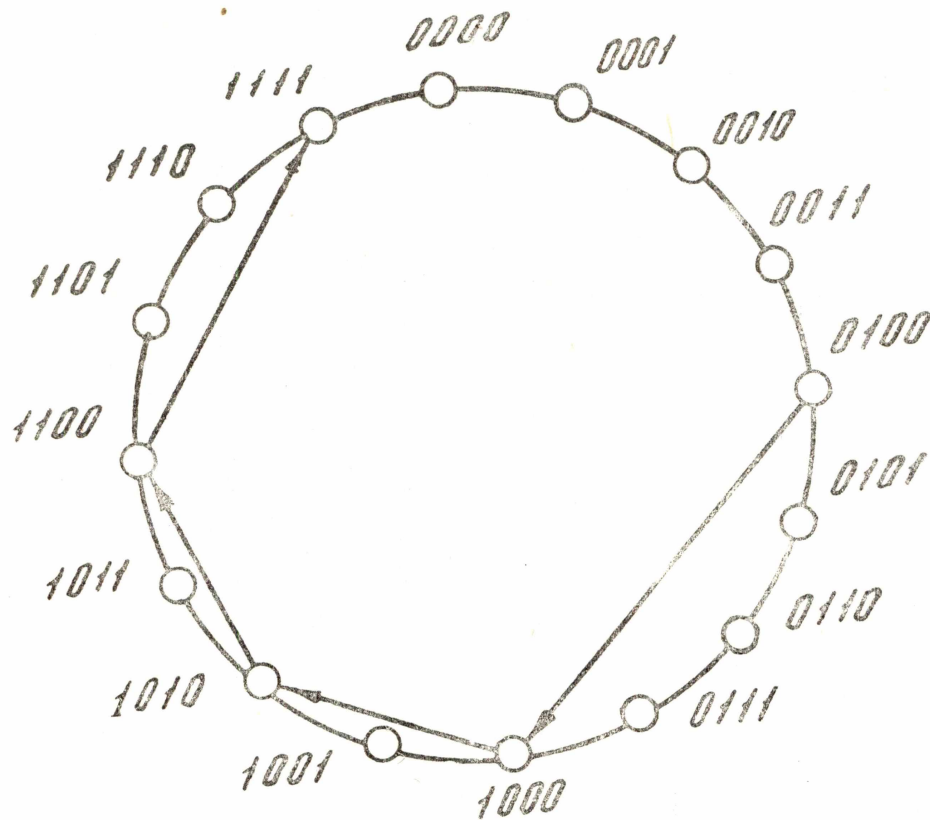


Рис. 5. Временная диаграмма ДУУ.

Для синтеза ДУУ составляем таблицу, позволяющую по заданным значениям $Y_{1t}, Y_{2t}, \dots, Y_{st}$ отыскать величины $Y_{1(t+1)}, Y_{2(t+1)}, \dots, Y_{s(t+1)}$. Левые S столбцов табл. 1 содержат 2^S строк, которые исчерпывают все возможные наборы из S двоичных аргументов.

Столбцы $Y_{1(t+1)}, Y_{2(t+1)}, \dots, Y_{s(t+1)}$ заполняются строками в соответствии с временной диаграммой синтезируемого устройства.

Применяя известные методы алгебры логики можно произвести синтез функциональной схемы, работа которой задана табл. 1.

Однако синтез является неоднозначным процессом, поэтому может быть получено множество функциональных схем, различных как

Таблица 1

Y_{1t}	Y_{2t}	Y_{3t}	Y_{4t}	$Y_{1(t+1)}$	$Y_{2(t+1)}$	$Y_{3(t+1)}$	$Y_{4(t+2)}$
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0
0	1	0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0	0
0	1	1	1	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0	1	0
1	0	0	1	0	0	0	0
1	0	1	0	1	1	0	0
1	0	1	1	0	0	0	0
1	1	0	0	1	1	1	1
1	1	0	1	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0

по сложности, так и по количеству необходимого оборудования, обладающих одной и той же собственной функцией.

Наибольший интерес представляют схемы, требующие для своей реализации минимального количества оборудования.

Синтез функциональных схем при таком дополнительном условии называется оптимальным. Для получения оптимального варианта функциональной схемы устройства управления воспользуемся методом минимальных нормальных форм [6].

Запишем для рассматриваемого примера ДСНФ функции:

$$(2) \begin{cases} Y_{1(t+1)} = \bar{Y}_{1t} \cdot Y_{2t} \cdot \bar{Y}_{3t} \cdot \bar{Y}_{4t} + Y_{1t} \cdot \bar{Y}_{2t} \cdot \bar{Y}_{3t} \cdot \bar{Y}_{4t} + \\ + Y_{1t} \cdot \bar{Y}_{2t} \cdot Y_{3t} \cdot \bar{Y}_{4t} + Y_{1t} \cdot Y_{2t} \cdot \bar{Y}_{3t} \cdot \bar{Y}_{4t}; \\ Y_{2(t+1)} = Y_{1t} \cdot \bar{Y}_{2t} \cdot Y_{3t} \cdot \bar{Y}_{4t} + Y_{1t} \cdot Y_{2t} \cdot \bar{Y}_{3t} \cdot \bar{Y}_{4t}; \\ Y_{3(t+1)} = Y_{1t} \cdot \bar{Y}_{2t} \cdot \bar{Y}_{3t} \cdot \bar{Y}_{4t} + Y_{1t} \cdot Y_{2t} \cdot \bar{Y}_{3t} \cdot \bar{Y}_{4t}; \\ Y_{4(t+1)} = Y_{1t} \cdot Y_{2t} \cdot \bar{Y}_{3t} \cdot \bar{Y}_{4t}; \end{cases}$$

Производим минимизацию ДСНФ, применяя метод Блэка [7].

$$(3) \begin{cases} Y_{1(t+1)} = \bar{Y}_{4t} [Y_{1t} \cdot \bar{Y}_{2t} (\bar{Y}_{3t} + Y_{3t}) + Y_{2t} \cdot \bar{Y}_{3t} (\bar{Y}_{1t} + Y_{1t})] = \\ = \bar{Y}_{4t} (Y_{1t} \cdot \bar{Y}_{2t} + Y_{2t} \cdot \bar{Y}_{3t}); \\ Y_{2(t+1)} = Y_{1t} \cdot Y_{4t} (\bar{Y}_{2t} \cdot Y_{3t} + Y_{2t} \cdot \bar{Y}_{3t}); \\ Y_{3(t+1)} = Y_{1t} \cdot \bar{Y}_{3t} \cdot \bar{Y}_{4t} (\bar{Y}_{2t} + Y_{2t}) = Y_{1t} \cdot \bar{Y}_{3t} \cdot \bar{Y}_{4t}; \\ Y_{4(t+1)} = Y_{1t} \cdot Y_{2t} \cdot \bar{Y}_{3t} \cdot \bar{Y}_{4t}. \end{cases}$$

Полученные результаты являются минимальной формой собственной ВРБФ дискретного устройства управления.

■ На рис. 6 приведена функциональная схема, имеющая в качестве собственной функции систему уравнений (3).

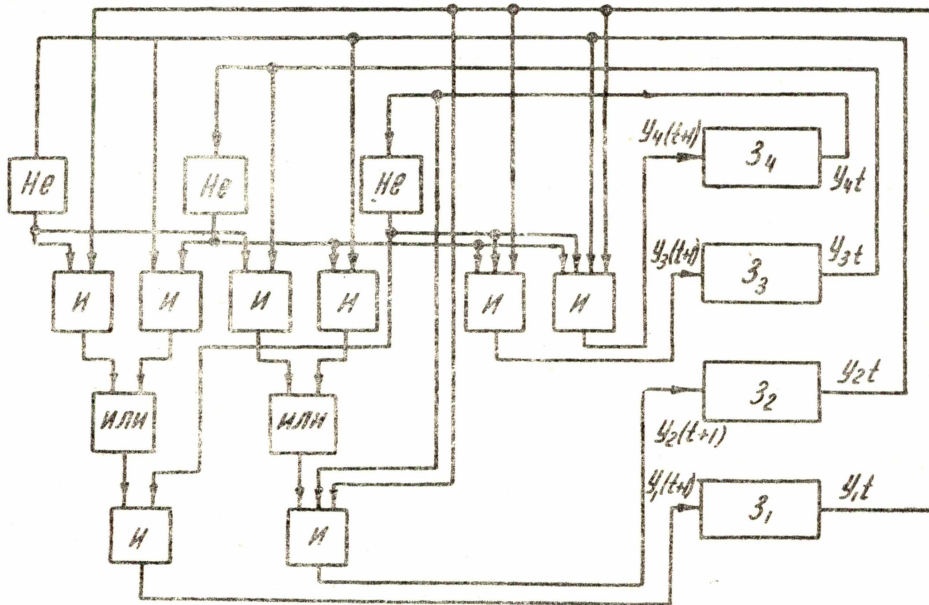


Рис. 6. Функциональная схема ДУУ.

Линии задержки реализуются на феррит-транзисторных ячейках. Длительность задержки феррит-транзисторной ячейки полностью определяется интервалом времени между двумя соседними импульсами тактового генератора.

Если генератор тактовых импульсов заставить работать не в функции времени, как это имело место в приведенном примере, а в функции скорости или пути перемещения, то получаются САУ пуском в функции соответствующих параметров.

На кривых $S = f(t)$ и $V = f(t)$ (рис. 1) треугольниками обозначены значения соответствующих параметров, при достижении которых генератор тактовых импульсов должен коммутировать дискретное устройство управления.

Точность числовой аппроксимации закона управления теоретически не ограничена и зависит лишь от интервала квантования. Чем меньше интервал квантования, тем выше точность и больший объем оборудования требуется для реализации дискретного устройства управления.

Необходимо заметить, что по мере увеличения числа аргументов затрудняется процесс минимизации булевой функции дискретного устройства управления. В этом случае следует пользоваться матричными методами минимизации.

Выводы

1. Применение ДУУ для получения заданного переходного процесса значительно упрощает структурную схему регулирования в системе Г—Д и позволяет получить высокую точность аппроксимации закона управления.

2. Наличие управляемых линий задержки в цепях обратной связи последовательностной схемы расширяет возможности системы управления. Становится возможным осуществлять управление переходным процессом в функции пути, скорости и времени, что является важным условием автоматизации подъемно-транспортных механизмов.

3. Использование последовательностных схем, работа которых описывается ВРБФ первого рода, для реализации устройства управления позволяет алгоритмизировать процесс оптимального синтеза функциональных схем по критерию минимизации количества оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. К. Корнеев, М. Г. Коротков. Лифты пассажирские и грузовые. Машгиз, 1958.
2. А. В. Башарин. Расчет динамики и синтез нелинейных систем управления. ГЭИ, 1960.
3. Э. Ф. Мур. Умозрительные эксперименты с последовательностными машинами. Сб. „Автоматы“, М., 1956.
4. Д. Д. Ауфенкамп, Ф. Е. Хон. Анализ последовательностных машин. Сб. „Математика“, 3:3, 1958.
5. Р. Гелески, Д. Д. Ауфенкамп. Об анализе последовательностных машин. Сб. „Математика“, 3:4, 1959.
6. Д. А. Поспелов. Арифметические и логические основы вычислительных машин дискретного действия. Часть 3, изд. МЭИ, 1961.
7. С. В. Яблонский. Функциональные построения в К-значных логиках. Труды математического ин-та им. В. А. Стеклова, т. 51, 1958.

Поступила в редакцию
в июне 1962 г.