

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФБГОУ ВО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

М. И. Стальная, С. Ю. Еремочкин

Синтез дискретных САУ электропривода

Учебно-методическое пособие
к лабораторным работам



ООО «МЦ ЭОР», Барнаул - 2018

УДК 681.51.01 (075.5)

Стальная М. И. Синтез дискретных САУ электропривода [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие к лабораторным работам / М. И. Стальная, С. Ю. Еремочкин. – Барнаул : ООО «МЦ ЭОР», 2018. – Режим доступа: <http://mceor.ru/altgtu/18014> – 21.06.2018. – Загл. с экрана.

В учебно-методическом пособии представлены задания для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Синтез дискретных САУ электропривода»

Рассмотрено и одобрено на заседании кафедры «Электротехника и автоматизированный электропривод».

Протокол № _____ от «___» _____ 2018 г.

© Стальная М. И., Еремочкин С. Ю., 2018

© ООО «МЦ ЭОР», 2018

От авторов

Прогресс современной техники характеризуется широким развитием автоматизации. Без устройств автоматизации невозможно решение таких задач как контроль, управление, сигнализация, блокировка и т.д. На современном этапе развития техники в каждом конкретном случае возможны многие варианты решения (синтеза) этих задач, однако в основу их технической реализации в настоящее время может быть положено относительно небольшое число типовых решений, обусловленных применением типовых наборов дискретных логических элементов или интегральных схем.

Как известно, задача синтеза состоит в построении реальной схемы, исходя из «физического» описания ее работы. Под физическим описанием работы схемы подразумевается формулировка основных требований (соображений), предъявляемых к синтезируемому устройству. Простейший синтез состоит из трех основных этапов. Сначала по заданному физическому описанию составляется алгоритм и алгебрологическое описание, адекватно отображающее данное физическое описание. На втором этапе полученные математические зависимости реализуются в некоторой функциональной схеме. Наконец на третьем этапе полученная функциональная схема преобразуется в принципиальную схему. В данных методических указаниях приводятся аналоги систем, которые необходимо синтезировать, вначале в виде функциональных блок-схем, а затем в виде принципиальных схем. Лабораторные работы построены так, что начинаются они с синтеза релейно-контакторных схем. Принципиальные электрические схемы каждый студент должен реализовывать сам с использованием своих творческих усилий. Таким образом, выполнение предлагаемых лабораторных работ развивает у студентов творческую инициативу и вырабатывает навыки разработки и синтеза дискретных систем автоматического управления.

При определении варианта, который необходимо использовать при выполнении лабораторных работ следует пользоваться следующей пятизначной кодировкой. Например, код - 43213. Это значит, что код студента А₄, Б₃, В₂, Г₁, Д₃, т.е. он должен взять данные для выполнения соответствующей лабораторной работы следующие: с индексом А из 4 варианта, с индексом Б - из третьего варианта, с индексом В - из второго варианта и т.д. Там, где в задании стоят 2-4 цифры индекса, например, 432, то следует выполнять только индексы А₄, Б₃, В₂.

Желаем творческих успехов при выполнении этих лабораторных работ!

В данном учебно-методическом пособии представлены шесть лабораторных работ.

Лабораторная работа 1. Синтез САУ на логических элементах по релейно-контакторному варианту.

Лабораторная работа 2. Синтез реверсивного распределителя импульсов в коммутаторе системы управления СШД.

Лабораторная работа 3. Синтез реверсивного преобразователя с разночастотными генераторами .

Лабораторная работа 4. Синтез СУ шаговым двигателем при искусственном дроблении шага.

Лабораторная работа 5. Синтез СУ шаговым двигателем при стартстопном торможении.

Лабораторная работа 6. Синтез системы управления СШД с программным разгоном.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1

СИНТЕЗ САУ НА ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТАХ ПО РЕЛЕЙНО-КОНТАКТОРНОМУ ВАРИАНТУ

Задание

1. Произвести синтез релейно-контакторной САУ электропривода в соответствии с вариантом, заданным преподавателем. Управление скоростью в пуско-тормозных режимах предусмотреть реостатным способом. Во всех вариантах для остановки двигателя после нажатия на кнопку «стоп» или перевода в нулевое положение командоконтроллера предусмотреть только динамическое торможение. В случае реверсивных схем при реверсе использовать для торможения режим противовключения с ограничением тормозного тока до допустимого значения.

2. Во всех разрабатываемых схемах предусмотреть использование блокировки «исключением» пуско-тормозных режимов. В случае реверсивных схем предусмотреть блокировку исключением режимов «вперед» и «назад».

3. Синтезировать принципиальную электрическую схему на релейно-контакторных элементах.

4. Составить описание работы релейно-контакторной схемы.

5. Записать полученную релейно-контакторную схему алгебро-логическими уравнениями.

6. Преобразовать полученную релейно-контакторную схему в структурно-логическую в соответствии с полученными уравнениями.

7. Синтезировать принципиальную электрическую схему и разработать монтажную схему.

8. Составить программу работы, разработанной САУ на машинном языке «ассемблер» и апробировать ее на устройствах ВТ.

9. Оформить отчет по лабораторной работе.

Варианты заданий представлены в таблице 1

Пояснения к выполнению лабораторной работы

Вначале, в соответствии с вариантом разрабатывается релейно-контакторная САУ. После синтеза релейно-контакторной схемы и в результате ее анализа производится подразделение всех аппаратов, участвующих в работе схемы на: входные, промежуточные и выходные. Каждому их перечисленных аппаратов присваивается буквенное обозначение.

К входным аппаратам относят: кнопки, ключи управления, командоконтроллеры, конечные и путевые выключатели, дверные контакты, датчики электро-технических процессов, реле тока, реле ЭДС, реле напряжения и т.д.

Выходными являются аппараты управления исполнительными элементами схемы: силовые контакторы, магнитные пускатели, силовые электромагниты и т.д., т.е. те аппараты, которые производят коммутацию в силовых цепях.

Таблица 1 – Варианты заданий

Индекс	Наименование раздела	№ варианта			
		1	2	3	4
А	Тип привода Тип двигателя	рев. ∞	нерев. Пост.	Рев. Перем.	∞ постоян.
Б	Число пусковых ступеней реост. Пуск в функции	1 I	∞ t	1 ∞	2 ω
В	Число тормозных ступеней реостата Автоматическое торможение в функции	∞ I	2 ω	1 t	2 ∞
Г	Базис микросхем Число микросхем на платах	3 И-НЕ K155ЛА4 2	И-НЕ K176ЛЕ5 ∞	И-НЕ K155ЛА2 4	ИЛИ-НЕ K531ЛЕ 3

К промежуточным аппаратам относят различные реле времени и промежуточные реле, которые производят коммутацию цепей только в системе управления.

Кроме того, на первом этапе выделяются также сигналы, задержанные по времени. В этом случае к буквенным обозначениям задержанных по времени сигналов приписываются обозначения временных задержек $\tau_1, \tau_2, \tau_3...$ с соответствующей инверсной индикацией. Например, $D(\tau_1), \overline{A}(\tau_2)...$

Следующим этапом синтеза дискретно-логической САУ по релейно-контакторному варианту является запись алгебрологических выражений для выходных и промежуточных сигналов в соответствии с принципиальной электрической релейно-контакторной САУ. При этом сигнал замыкающего контакта записывается без инверсии, размыкающего - с инверсией. Последовательно соединенные элементы записываются как конъюнкция (умножение) буквенных обозначений. Параллельно соединенные элементы - как дизъюнкция (сумма) буквенных обозначений и все это для каждого выходного и промежуточного аппарата начиная с «плюса» источника питания до условного «минуса» источника питания. При наличии мостиковой структуры алгебраическое выражение

для выходного сигнала представляет собой дизъюнкцию (сумму) выражений для всех возможных цепей включения рассматриваемого аппарата.

После записи алгебро-логических формул производится минимизация записанных выражений.

В соответствии с полученными уравнениями составляется и вычерчивается структурно-логическая схема.

Затем в соответствии с базисом серии, типа логических элементов, на котором будет реализована данная САУ разрабатывается принципиальная электрическая схема САУ. После чего переходят к выбору плат, размещают на них микросхемы выбранного базиса и составляют монтажные схемы.

Пример 1. Пусть имеем нереверсивную САУ (рисунок 1) пуска двигателя постоянного тока напрямую с динамическим торможением в одну ступень в функции ЭДС силовая схема представлена на рисунке 2.

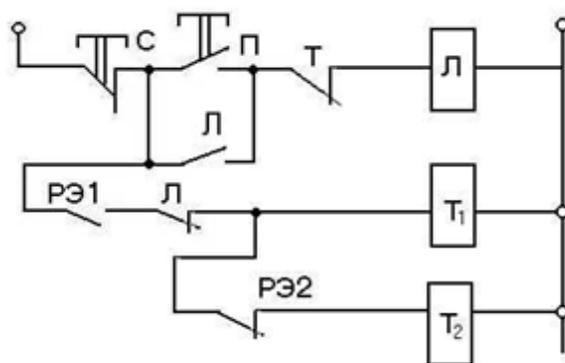


Рисунок 1

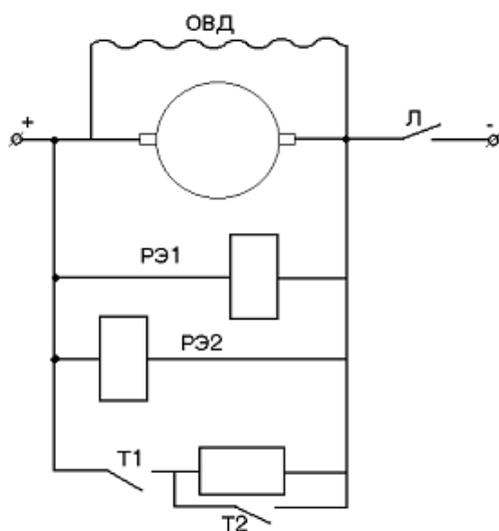


Рисунок 2

Введем обозначения:

Входные аппараты

a - кнопка «стоп»,

b - кнопка «пуск»,

c - реле ЭДС - РЭ1,

d - реле ЭДС - РЭ2.

Выходные аппараты

x - контактор Л,

y1 - контактор Т1,

y2 - контактор Т2.

Записываем алгебраические выражения:

Для выходных сигналов в соответствии со схемой (рисунок 1).

$$x = \bar{a}(b+x)\bar{y}_1 \quad (1)$$

$$y_1 = c\bar{x}\bar{a} \quad (2)$$

$$y_2 = c\bar{x}\bar{d}\bar{a} \quad (3)$$

Выбираем базис логических элементов:

Пусть это будут логические элементы К155 серии на двухвходовых элементах И-НЕ. Тогда уравнения 1-3 преобразуются к виду:

$$x = \bar{a}(b+x)\bar{y}_1 = \bar{a}\bar{y}_1(b+x) = \bar{a}\bar{y}_1\overline{\overline{b+x}} = \overline{\overline{\overline{\bar{a}\bar{y}_1\overline{\overline{b+x}}}}} \quad (4)$$

$$y_1 = c\bar{x}\bar{a} = \overline{\overline{c\bar{x}\bar{a}}} \quad (5)$$

$$y_2 = c\bar{x}\bar{d}\bar{a} = \overline{\overline{c\bar{x}\bar{d}\bar{a}}} \quad (6)$$

Составляем структурно-логическую и принципиальную электрическую схему.

В соответствии с уравнениями (4) и (6) составляем принципиальную структурно-логическую схему (рисунок 3).

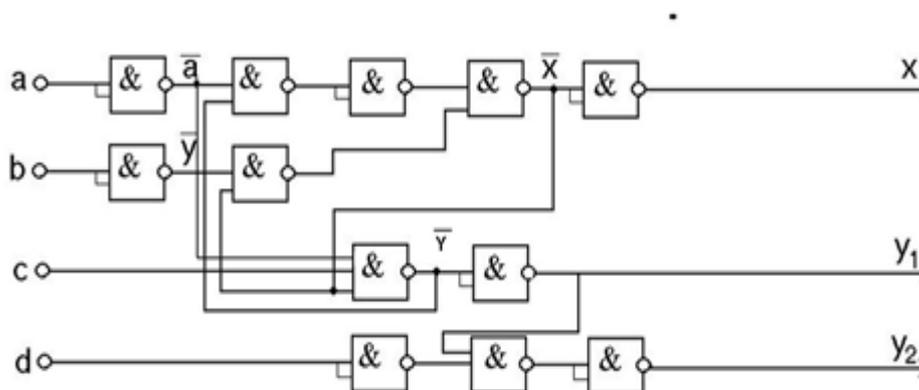


Рисунок 3

Литература

1. Андреев В. П., Сабинин Ю. А. Основы электропривода. М: Госэнергоиздат, 1963. - 772 с.
2. Грейнер Г. Р., Ильященко В. П. и др. Проектирование бесконтактных управляющих логических устройств промышленной автоматики. М.: Энергия, 1977.- 384 с.
3. Поспелов Д. А. Логические методы анализа и синтеза схем. М.: Энергия, 1974. - 368 с.
4. Интегральные микросхемы. Справочник / Тарабарина Б. В. М.: Радио и связь, 1989. - 528 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2

СИНТЕЗ РЕВЕРСИВНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИМПУЛЬСОВ В КОММУТАТОРЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СИНХРОННО-ШАГОВЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

Приближаясь по своим свойствам к непрерывным приводам с двигателями постоянного и переменного тока, электроприводы с синхронно-шаговыми двигателями (СШД) при дискретном управлении имеют следующие преимущества:

- 1) обладают большей компактностью;
- 2) обладают значительно большим диапазоном регулирования скорости;
- 3) регулировка скорости осуществляется изменением прямоугольных импульсов питающей сети, имеет возможность реализовать очень низкие значения скорости, ниже, чем у ДПТ и у асинхронного двигателя при частотном управлении;
- 4) обладают большой плавностью регулирования скорости;
- 5) имеют возможность осуществлять фиксацию конечных координат перемещений при отработке любого заданного, как большого, так и микроскопически маленького расстояния без датчиков, обратных связей и конечных выключателей;
- 6) устойчиво работают при внешних механических ударах и вибрациях;
- 7) устойчиво работают при изменении условий окружающей среды;
- 8) имеют простую конструкцию;
- 9) имеют большую надежность, так как нет вращающихся контактных соединений (коллектора и щеток);
- 10) система управления СШД строится на дискретных элементах, легко сопрягающихся с ЭВМ, что очень важно для электроприводов с УЧПУ.

Перечисленные выше преимущества обеспечили успешное применение СШД в электроприводах различного назначения, но особенно эффективно их использование в электроприводах станков с ЧПУ, роботизированных комплексных электроприводах, измерительных устройствах и т.д.

Типичная функциональная схема электропривода с СШД представлена на рисунке 4.

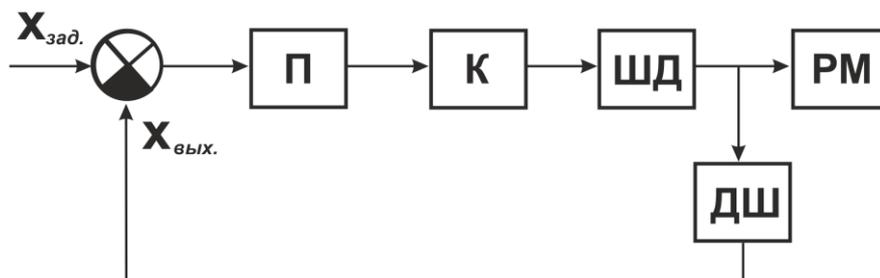


Рисунок 4

П - преобразовательное устройство, обеспечивающее реверс, программный разгон, торможение двигателя, старт-стопные режимы, а также включающие в себя блоки дробления шага и т.д. Оно преобразует задающий сигнал и управляющие импульсы в ту или иную систему команд, поступающих на коммутатор К.

К - коммутатор, включающий РИ (распределитель импульсов), ЛЧ - логическую часть и выходные усилители.

РМ - рабочий механизм.

ДШ - датчик шагов.

Задание

1. Произвести синтез распределителя импульсов системы управления реверсивного электропривода синхронно-шагового электродвигателя на дискретно-логических элементах с использованием микросхем типовых серий в соответствии с заданием (данным преподавателям по вариантам).

2. Определить цену деления шага в пространственных градусах.

3. При оформлении работы привести физическую схему включения обмоток, циклограмму работы шагового двигателя, алгоритм работы обмоток, векторную диаграмму, принципиальную электрическую схему работы, монтажную схему и печатную плату.

4. Привести описание работы с учетом конкретно выбранной базы микросхем.

5. Составить программу работы устройства на языке «ассемблер».

6. Оформить отчет

Варианты заданий №2

Индекс	Наименование раздела	№ варианта			
		1	2	3	4
А	Фазность «m»	2*	3	4**	5
	Симметричность	симмет.	несимм.	∞	несимм.
	Число пар полюсов	3	2	1	∞
Б	Полярность	однопол.	разнопол.	однопол.	∞
	Комплектность	Одноком-плектн.	∞	Двухком-плектн.	Одноком-плектн.
В	Число микросхем на плате	∞	4	2	5
Г	В схеме использовать преимущественно	J-к триггер	Д-триггеры	Логику	∞

Примечание

* - всегда брать разнополярное управление обмоток СШД.

** - всегда брать однополярное управление обмоток СШД

Пояснения к выполнению лабораторной работы

Как известно, цена деления шага подсчитывается по формуле

$$L_m = \frac{3600^0}{P \cdot m \cdot k_1 k_2}$$

где m – число обмоток управления; P – число пар полюсов; k_1 – коэффициент полярности; k_2 – коэффициент симметричности.

Устройство, обеспечивающее поступление в соответствующей последовательности напряжений в обмотки СШД, называется коммутатором. В его задачу входит преобразование одноканальной последовательности импульсов в многофазную систему напряжений и усиление этих напряжений перед подачей на обмотки СШД.

В настоящее время в коммутаторах используют интегральные микросхемы в виде или сдвигающих регистров, или счетчиков с дешифратором, или логические устройства, которые называют распределителями импульсов (РИ). Один из вариантов распределителя импульсов для четырехфазного СШД (рисунок 5) при однополярном симметричном четырехтактном управлении (рисунок 6 а, б) можно реализовать на двух J-K триггерах со счетным входом (рисунок 7). На рисунке 8 показана циклограмма работы этого РИ.

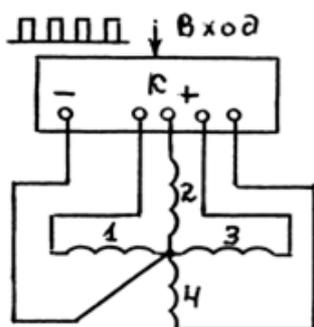


Рисунок 5

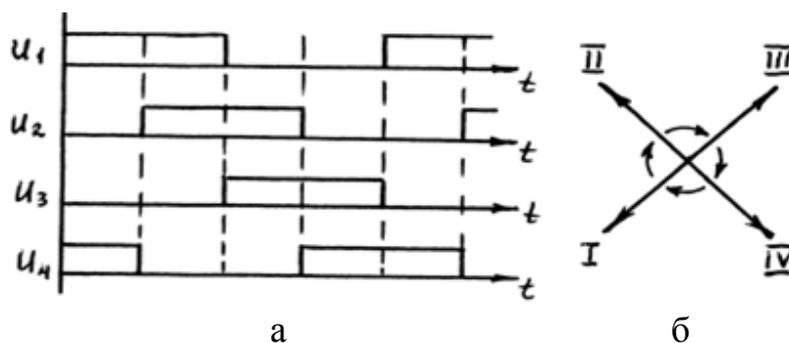


Рисунок 6

Схема (рисунок 7) работает следующим образом. Пусть перед приходом первого командного синхроимпульса на вход «С» схемы на выходе Q1 первого триггера была 1, а на выходе второго триггера Q2 = 0, тогда на вторых вы-ходах триггеров соответственно будет Q1 = 0 и Q2 = 1, тогда по схеме связей разрешающие сигналы на J входы будут J1 = 1 и J2 = 1 с выходов Q2 и Q1. Следова-тельно, с приходом первого командного импульса по его заднему фронту пер-вый триггер не изменит своего состояния Q = 1, второй триггер перейдет в со-стояние логической единицы Q2 = 1. Значения вторых выходов триггеров будут противоположны, т.е. Q1 = 0 , Q2 = 0. В результате единичный сигнал с выхода Q2 теперь подается на вход K1 первого триггера (установка состояния логиче-ского нуля). На входе J2 второго триггера по-прежнему остается положитель-ный потенциал (рисунок 8). На рисунке цифрами в скобках показано, на какую обмотку СШД поступает соответствующий сигнал.

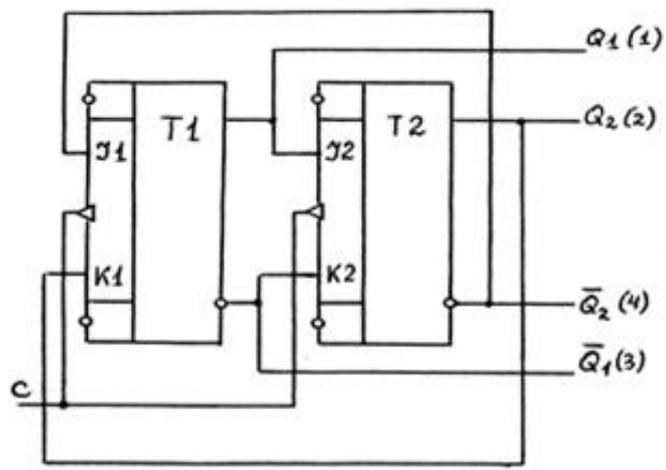


Рисунок 7

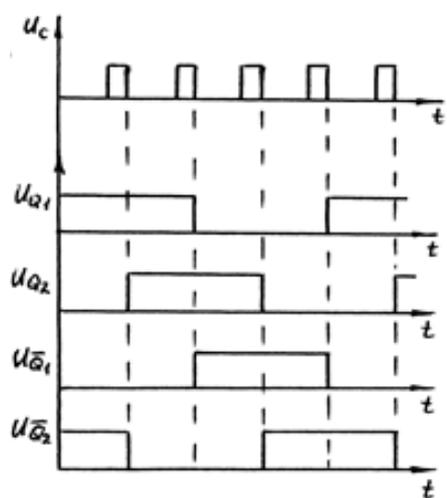


Рисунок 8

При прохождении второго командного импульса первый триггер переходит в состояние логического нуля, т.е. $Q1 = 0$, второй триггер остается в состоянии логической единицы и т.д. Это мы рассмотрели работу нереверсивного распределителя импульсов (РИ).

Реверсивные распределители при управлении СШД однополярными импульсами имеют два входных канала «Вперед» и «Назад» и два триггерных устройства (2РИ) или дополнительную логическую часть. Если управление СШД осуществляется разнополярными импульсами, то РИ строятся с одним триггерным устройством.

Литература

1. Арменский Е. В., Прокофьев П. А., Фало Г. Б. Автоматизированный электропривод.- М.: Высшая школа, 1987. - 144 с.
2. Поспелов Д. А. Логические методы анализа и синтеза. - М.: Энергия, 1974. - 368 с.
3. Головенков С. Н., Сироткин С. В. Основы автоматики и автоматического регулирования станков с программным управлением. - М.: Машиностроение, 1988. - 238 с.
4. Интегральные микросхемы. Справочник. / Под ред. Тарабарина Б. В. - М.: Радио и связь, 1989. - 384 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

СИНТЕЗ РЕВЕРСИВНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ С РАЗНОЧАСТОТНЫМИ ГЕНЕРАТОРАМИ

Задание

1. Разработать алгоритм работы (в соответствии с заданным вариантом) реверсивный преобразователь (П) без изменения последовательности подаваемых импульсов напряжения на обмотках шагового двигателя. При этом использовать данные ШД из второго задания.

2. Рассчитать верхнюю и нижнюю границу высокочастотного генератора импульсов и длительность сигналов формирователя импульсов (ФИ).

3. Рассчитать параметры ВЧГИ - высокочастотного генератора импульсов и НЧГИ - низкочастотного генератора импульсов.

4. Рассчитать скорость вращения двигателя.

5. Разработать принципиальные схемы НЧГИ и ВЧГИ генераторов импульсов, а также ФИ. Согласовать разработанные схемы с предыдущей схемой (в лабораторной работе № 2).

6. Нарисовать циклограмму работы всего устройства.

7. Описать работу разработанного преобразователя.

8. Составить программу работы на языке «ассемблер».

9. Оформить отчет

Варианты заданий № 3

Индекс	Наименование раздела	№ варианта			
		1	2	3	4
А	Параметры двигателя:				
	а) номинальное напряжение (В)	24	36	110	70
	б) конструктивный параметр	1,8	0,91	1,56	1,3
Б	Параметры обмотки возбуждения:				
	а) активное сопротивление $R_{ов}$ (Ом)	9,2	8,5	10	7,5
	б) индуктивность L(Гн)	$4 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$3,7 \cdot 10^{-3}$	$4,2 \cdot 10^{-3}$
В	Момент сопротивления на валу двигателя – M_c (нм)	16	14	9	12
Г	Частота низкочастотного генератора (Гц)	30	65	45	55

Пояснения к выполнению лабораторной работы

1. Пояснения к расчетной части задания.

При работе использовать «т» - фазный двигатель (из второй лабораторной работы).

При расчетах необходимо учесть, что верхняя граница высокочастотного генератора рассчитывается с учетом общего времени прохождения сигнала от входа к выходу по цепочке логических элементов и триггеров. При этом рекомендуется принимать время прохождения сигнала через простейший логический элемент не более 100 нс.

Нижняя граница высокочастотного генератора рассчитывается таким образом, чтобы за отрезок времени, равный длительности импульса, двигатель не успел бы тронуться с места, т.е. $T_u < T_{тр}$. При этом время начала трогания ($T_{тр}$) определяется из следующих соотношений.

$$U_{дв} = L_{ов} dI_{ов}/dt + I_{ов}R_{ов} \quad (1)$$

$$I_c = U_{дв}/R_{ов}[1 - \exp(-T_{тр}/T_{эм})] \quad (2)$$

$$M_c = K_M I_c \quad (3)$$

$$M_n = K_n I_n = K_n \frac{I_n}{R_{ог}} \quad (4)$$

$$\varphi_{пр} = \frac{\omega \cdot P \cdot K_T}{2\Pi} \omega = 2\Pi\varphi \quad (5)$$

Решив эти уравнения относительно $T_{тр}$, необходимо принять нижнюю границу высокочастотного генератора: $НЧГИ > 1/(1 \div 2) T_{тр}$.

Длительность сигналов формирователя импульсов рассчитывается так, чтобы в этой длительности уместилось $K-1$ сигнал высокочастотного генератора импульсов, где K - число тактов.

2. Пояснения к схемной части задания.

Реверс можно осуществить и с помощью нереверсивного РИ, в котором на каждом такте возбужденной оказывается только одна обмотка. Предположим, что во время пятого такта (рисунок 9), когда возбуждена первая фаза (1), на вход нереверсивного РИ пришла пачка из 3-х импульсов вместо одного, частота следования которых больше частоты обычных импульсов. Если длительность этих импульсов достаточна для срабатывания коммутатора, но недостаточна для срабатывания СШ двигателя, тогда после окончания первого импульса из пачки первая фаза будет отключена, а вторая запитана. Однако двигатель не успеет отработать эту команду и тронуться с места, так как появляется второй импульс пачки. Вторая фаза отключается, запитывается обмотка третьей фазы, и эта команда также не отрабатывается. При поступлении третьего импульса в возбужденное состояние приходит четвертая фаза. Время, в течение которого остается четвертая фаза в таком включенном состоянии, оказывается достаточным для отработки шаговым двигателем этой команды. Таким образом, после отключения первой фазы двигатель отработает только возбужденное состояние четвертой фазы, что соответствует повороту вектора потока статора на угол основного шага в направлении против часовой стрелки, т.е. двигатель осуществляет реверс.

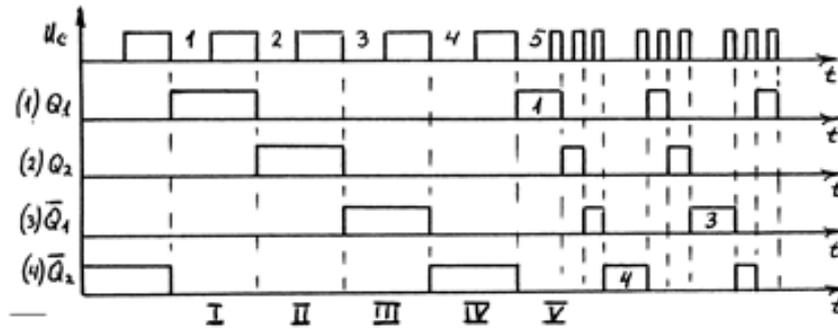


Рисунок 9

Если после пятого такта поступление пачек импульсов будет продолжено, то двигатель продолжит вращение против часовой стрелки. При поступлении обычных импульсов двигатель начинает вращаться в обычном направлении (по часовой стрелке).

Итак, осуществление реверса нереверсивным распределителем импульсов с К - тактной коммутацией требует формирования пачки из К - 1 импульсов. На рис.10 показан один из вариантов такой схемы: НГ, ВГ - низко и высокочастотный генераторы; И1, И2 - логические элементы; ФИ - формир. Импульсов; К - коммутатор. Работа двигателя в прямом направлении обеспечивается подключением низкочастотного генератора НГ ко входу коммутатора по каналу, обозначенному пунктиром. Для реверса НГ отключают от К и замыкают на один из входов И1. Высокочастотные импульсы с ВГ (диаграмма 1, рис.11) поступают на второй вход И1. Схема И1 пропускает эти импульсы (диаграмма 3), если на ее второй вход поступает сигнал от НГ (диаграмма 2), с выхода И1 сигнал поступает на вход формирователя импульсов ФИ. Первый импульс, поступивший от НГ, запускает ФИ, на выходе которого появляется импульс (диаграмма 4) со стабильной, наперед заданной длительностью. Этот импульс является разрешающим для И2, который пропускает пачку из трех импульсов (диаграмма 5) на К.

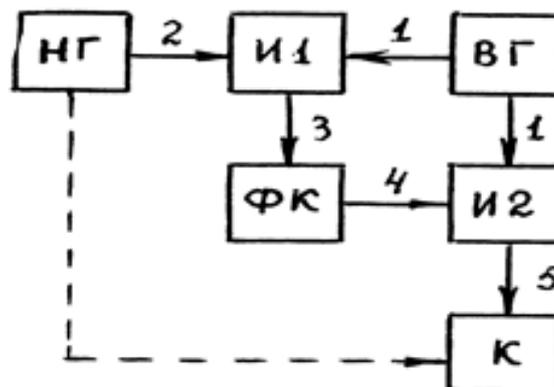


Рисунок 10

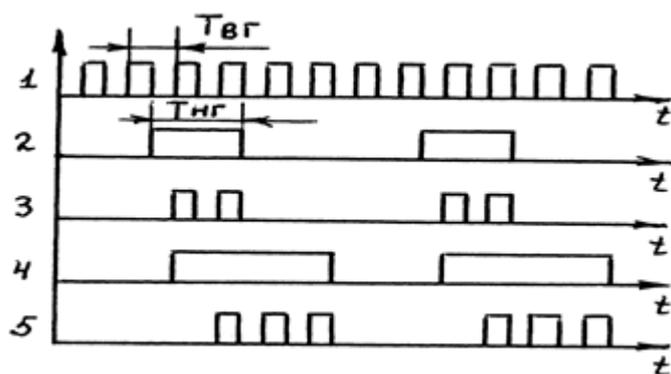


Рисунок 11

Литература

1. Арменский Е. В., Прокофьев П. А., Фало Г. Б. Автоматизированный электропривод. - М.: Высшая школа, 1987. - 144 с.
2. Поспелов Д. А. Логические методы анализа и синтеза. - М.: Энергия, 1974. - 368 с.
3. Головенков С. Н., Сироткин С. В. Основы автоматики и автоматического регулирования станков с программным управлением. - М.: Машиностроение, 1988. - 238 с.
4. Интегральные микросхемы. Справочник / Под ред. Тарабарина Б. В. - М.: Радио и связь, 1989. - 384 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

СИНТЕЗ СУ ШАГОВЫМ ДВИГАТЕЛЕМ ПРИ ИСКУССТВЕННОМ ДРОБЛЕНИИ ШАГА

Задание

1. При выполнении этого задания использовать исходные данные и расчетные данные, полученные в задании 3.
2. Рассчитать и синтезировать схему генератора для реализации СУ с искусственным дроблением шага в соответствии с заданной частотой низкочастотного генератора (из задания 3) и заданной кратности $K_{др}$ - дробление шага.
3. Нарисовать диаграмму подачи сигналов на обмотки СШД при дроблении шага с учетом только фазности двигателя.
4. Разработать схему управления на типовых микросхемах.
5. Разработать схему коммутации обмоток двигателя на транзисторных ключах.
6. Составить описание работы схемы.
7. Оформить отчет.

Варианты заданий №4

Индекс	Наименование раздела	№ варианта			
		1	2	3	4
А	Коэффициент дробления шага $K_{др}$	7	4	5	8
Б	Базис микросхем	К531	К511	К176	К155
В	Генератор	На логич. эл-тах	На транзистор.	На опер. усилит.	На таймере

Пояснения к выполнению лабораторной работы

Так как к современным электроприводам предъявляются требования широкого диапазона регулирования ω с получением сверхнизких частот вращения, высокой равномерности движения, точного позиционирования, то эти требования наиболее полно можно выполнить, только если использовать в СШД переходы с одного шага вращения на другой, меньшего значения, а это значит перейти к дроблению шага. Дробление шага бывает естественным и искусственным.

1. Естественное дробление шага

При естественном дроблении изменяется тактность системы коммутации. Для этого можно использовать идею построения предыдущей схемы из лабораторной работы № 3. Но тут надо иметь два генератора тактовых сигналов и посылать пачку из двух импульсов. Тогда, если без «пачки» шла коммутация 1, 1-2, 2, 2-3, 3 и т.д., то с «пачкой» пойдет коммутация 1-2, 2-3, 3-4, т.е. шаг увели-

чится. А можно сделать и проще. Например, для четырехфазного синхронно-шагового двигателя можно предложить блок-схему, показанную на рисунке 12, где ДЦ 1 и ДЦ 2 - блоки дифференцирования положительного нарастания сигнала. Если на входе «вх 1» сигнал равен 0, а на «вх 2» поступает тактовый сигнал, то на двигателе коммутатором К осуществляется восьмитактная коммутация, так как сигналы идут от «вх 2» через ДЦ 2 (диаграмма U_1 , рисунок 13) на К, коммутатор и двигатель при этом отрабатывают порядок включения обмоток в следующем порядке: 1; 1-2; 2; 2-3; 3; 3-4; 4; 4-1; 1 - и т.д. с шагом, равным половине основного. Если на «вх 1» подана 1, то тактовые импульсы идут на И и ДЦ 2. После элемента И сигналы проходят через элемент НЕ (диаграмма U_2), на элементе ДЦ 1 сигналы дифференцируются по заднему нарастающему фронту (диаграмма U_3).

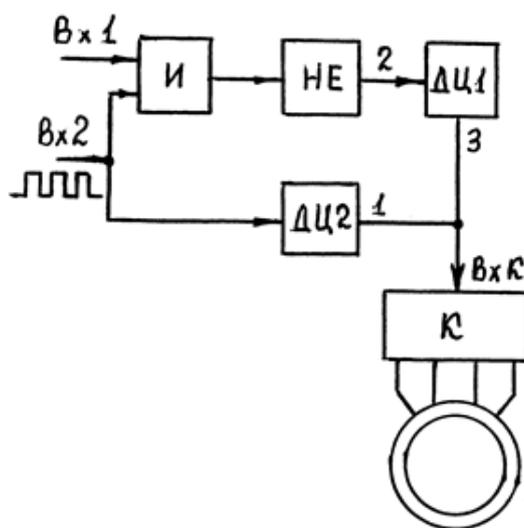


Рисунок 12

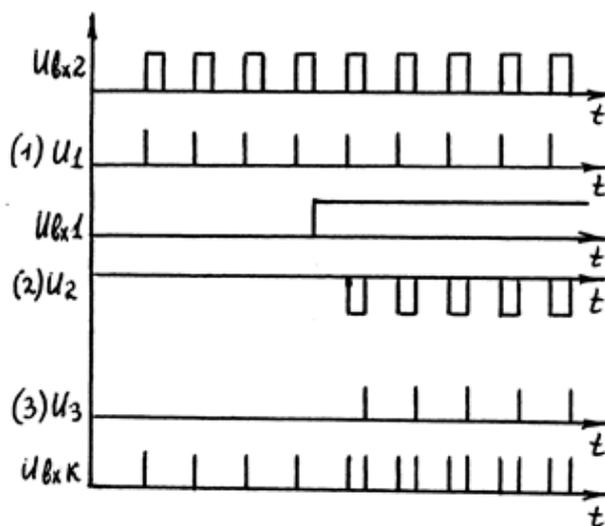


Рисунок 13

Теперь на К приходят сдвоенные импульсы (диаграмма ВхК) с паузой между сдвоенными импульсами, равной длительности тактирующих импульсов, которая достаточно мала, чтобы двигатель успел ее обработать.

Таким образом, К проходит все возможные состояния, а двигатель обрабатывает только каждую вторую команду. Поэтому осуществляется обработка четырехтактной коммутации типа: 1-2; 2-3; 3-4; 4-1; и т.д., фактически идет включение обмоток: 2, 3, 4, 1 и т. д. при этом шаг перемещения увеличивается.

2. Искусственное дробление шага

Искусственное дробление шага заключается в ступенчатом изменении величины токов в фазах. На рис.14 показан принцип реализации этого метода по шагам или тактам коммутации. Так, после первого импульса на первую обмотку поступает ток величиной $a_1 = I_{1max}$, а на вторую - $b_0 = 0 = I_{2min}$, т.е. комбинация $a_1 - b_0$.

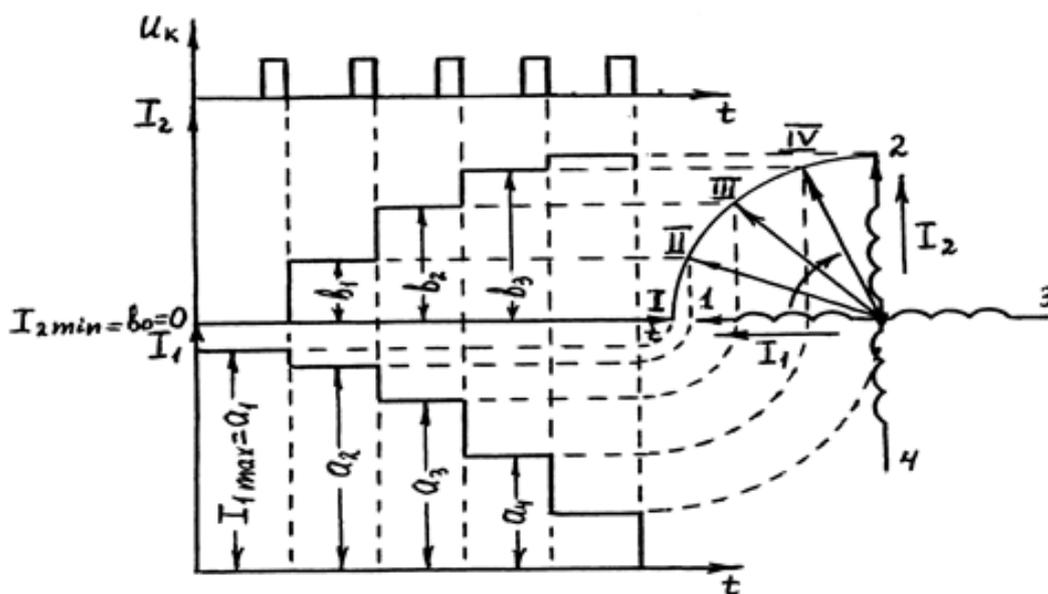


Рисунок 14

На втором шаге поступают токи соответственно a_2 и b_1 , и т.д. Если с приходом тактовых импульсов токи, протекающие по обмоткам первой и второй фазы будут изменяться так, как это изображено по тактам на рисунке 14, то вектор суммарного тока, а, следовательно, и вектор магнитодвижущей силы в двигателе перемещаются дискретно в направлении вращения по часовой стрелке с шагом $\alpha_\omega = 0,25 \alpha_0$. В том же направлении будет вращаться и двигатель. Чем больше число ступенек, тем плавнее вращается двигатель. Однако, так как вращающий момент $M = M_{max} * \sin\alpha$, то чем больше ступеней, тем меньше момент. Чтобы момент остался прежним, необходимо повышать величину питающего напряжения.

Литература

1. Арменский Е. В., Прокофьев П. А., Фало Г. Б. Автоматизированный электропривод. - М.: Высшая школа, 1987. - 144 с.
2. Поспелов Д. А. Логические методы анализа и синтеза. - М.: Энергия, 1974. - 368 с.
3. Головенков С. Н., Сироткин С. В. Основы автоматики и автоматического регулирования станков с программным управлением. - М.: Машиностроение, 1988. - 238 с.
4. Интегральные микросхемы. Справочник./ Под ред. Тарабарина Б. В. - М.: Радио и связь, 1989. - 384 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

СИНТЕЗ СУ ШАГОВЫМ ДВИГАТЕЛЕМ ПРИ СТАРТ-СТОПНОМ ТОРМОЖЕНИИ

Задание

1. Синтезировать схему старт-стопного управления СШД, осуществляемого после нажатия на кнопку «стоп», используя данные задания 3 и 4, в соответствии с вариантом, заданным преподавателем.
2. Рассчитать (T_p и T_T) времена задержек.
3. Дать векторную и тактовую диаграмму работы устройства.
4. Составить принципиальную электрическую схему.
5. Дать описание работы схемы.
6. Оформить отчет

Варианты заданий №5

Индекс	Наименование раздела	№ варианта			
		1	2	3	4
А	Принудительное торможение после «n» шагов	5	3	14	∞
Б	Естественное после «n» шагов	∞	4	20	6
В	При искусственном дроблении шага после «n» шагов (любом типе тормож.)	41	∞	2	13
Г	Момент инерции привода (кгм^2) начальная скорость	0,01 3 p/c	0,2 10 p/c	0,05 8 p/c	0,15 5 p/c
Д	Момент ХХ двигателя	20%	30%	15%	25%

Пояснения к выполнению лабораторной работы

1. Старт-стопный шаговый электропривод

В обычном режиме работы СШД отработка единичных шагов сопровождается затухающими колебаниями (рисунок 15). Чтобы избавиться от них, используют старт-стопное управление приводом с частотой вращения, равной нулю в начале и в конце одного или нескольких шагов. Это обеспечивается принудительным или естественным торможением. Принудительное торможение сводится к переводу СШД в режим торможения противовключением. Управляющий импульс $U_{вх}$ поступает на вход «В» - «Вперед» реверсивного распределителя импульсов в коммутаторе (рисунок 16 а), в результате этого подается

команда, например, на обмотку II для движения из положения I в положительном направлении. Двигатель начинает ее обрабатывать. Через промежуток времени Δt_p , когда ротор уже повернется на некоторый угол α_p , подается дополнительный отрицательный сигнал на первую обмотку, т.е. «Н» (рисунок 16 б). Появляется отрицательный момент на двигателе. Двигатель по инерции с торможением еще вращается в прежнем направлении, расходуя запасенную кинетическую энергию. По истечении времени Δt_r необходимо снова подать на II обмотку положительный импульс «В» для фиксации нового конечного положения ротора. Времена Δt_p и Δt_r заранее определяются (рассчитываются). Это зависит от конкретного шага коммутации и момента сопротивления механизма и момента, развиваемого двигателем. Функциональная блок-схема, реализующая старт-стопное управление РИ при обработке единичного шага, приведена на рисунок 17 а.

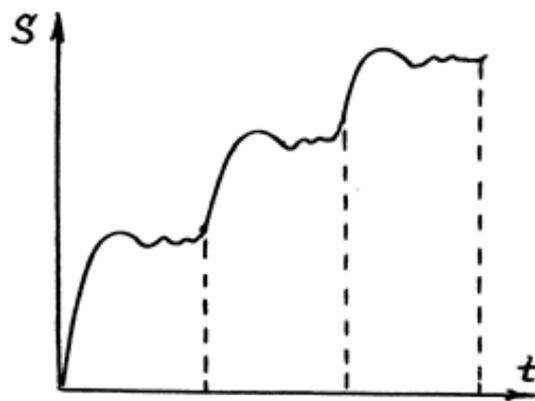


Рисунок 15

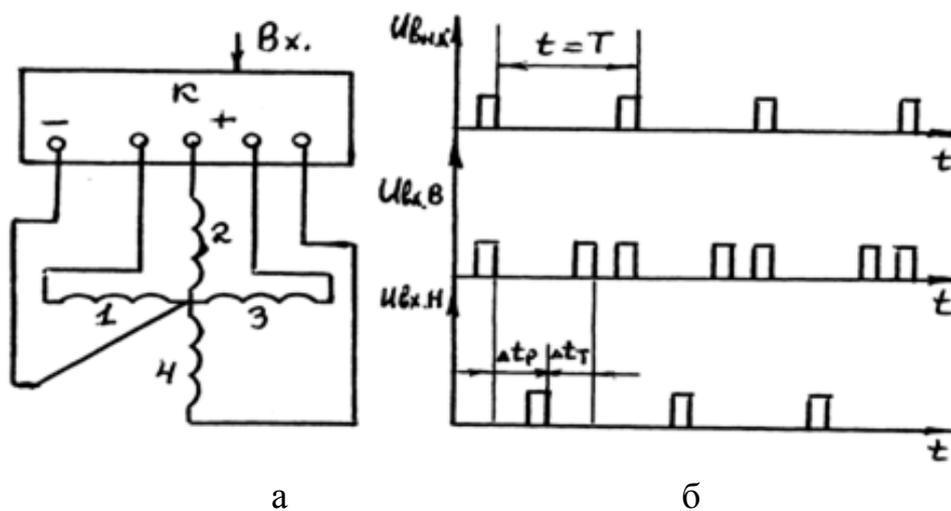


Рисунок 16

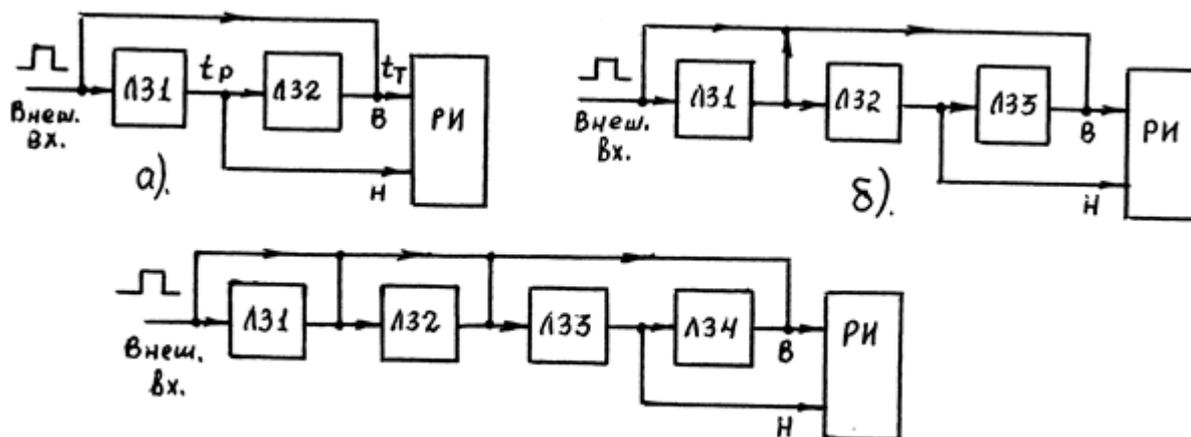


Рисунок 17

Управляющий импульс, поданный на «вх», поступает на «В» и включает обмотку D (рис. 17,а). В результате чего СШД начинает разгоняться. Этот же управляющий импульс поступает на линию задержки ЛЗ1 (рис.17,а) и через время Δt_p на выходе ЛЗ1 появляется импульс, одновременно поступающий на ЛЗ2 и на «Н» РИ. Пока в ЛЗ2 отсчитывается время Δt_T , РИ подает на I обмотку отрицательное напряжение. Двигатель начинает тормозиться противовключением. Спустя время Δt_T выходной импульс ЛЗ2 поступает на вход «В» и переключает РИ в первоначальное положение. В результате этого фиксируется новое положение двигателя. На рис.3,б и 3,в показаны схемы старт-стопных устройств при отработке 2 и 3-х шагов от одного управляющего импульса. Естественное торможение сводится к тому, что поступление последнего управляющего импульса задерживают. Ротор по инерции проскакивает предыдущее положение и начинает тормозиться, по истечении Δt подается последний задержанный импульс и ротор на пониженной скорости подходит к конечному положению.

2. Старт-стопное управление СШД в режиме работы с дроблением шага

В этом случае при отработке первого шага будет, как уже говорилось выше, маленький момент вращения, т.к. шагок и угол α маленький, следовательно, и $M_{дв} = M_{max} * \sin\alpha$ - маленький. Поэтому вначале включают на полное напряжение вторую обмотку с вектором поля, сдвинутым относительно вектора первой обмотки на 90^0 , и двигатель с моментом M_{max} начинает обрабатывать шаг. По достижении соответствующего положения на четвертую обмотку двигателя подают полное напряжение, снимая при этом со второй обмотки. Вектор поля на четвертой обмотке сдвинут относительно вектора поля первой обмотки на угол -90^0 . Таким образом, на начальном участке шага происходит интенсивный разгон двигателя, а на конечном - интенсивное торможение, что существенно повышает его быстродействие. После отработки дробного единичного

шага, когда частота вращения ротора снижается до 0, двигатель переводят на II характеристику при которой соответствующее питание получают I и II обмотки. В результате этого фиксируется его конечное положение на дробном шаге в точке с углом $\alpha_m = 2\pi(K_T + K_d)$, где K_T - число тактов на основном шаге, K_d - коэффициент дробления основного шага.

1. Из уравнения движения электропривода

$$-M_{\text{дв}} - M_{\text{м.с.}} = J \frac{d\omega}{dt}, \text{ определяется } t_{\text{торм}}, \text{ приняв } M_{\text{дв}} = M_{\text{ном}} \text{ и } \omega = \frac{\omega_{\text{ном}}}{2}.$$

2. Определяют $\alpha_{\text{торм}} = \frac{\omega}{2} \cdot t_{\text{торм}}$.

3. Определяют $\alpha_{\text{раб}}$ при отработке единичного шага $\alpha_{\text{раб}} = \alpha_{\text{шаг}} - \alpha_{\text{торм}}$.

4. Определяют α работы при $N_{\text{шагов}}$ $\alpha_{\text{раб}} = \alpha_{\text{такт}} \cdot N_{\text{шаг}}$.

5. Определяют $t_{\text{раб}}$ при длительном режиме $t_{\text{раб}} = \frac{\alpha_{\text{раб}}}{\omega_{\text{ном}}}$, а при единичном

шаге $t_{\text{раб}} = \frac{\alpha_{\text{шаг}}}{\omega_{\text{ном}}/2}$.

Литература

1. Арменский Е. В., Прокофьев П. А., Фало Г. Б. Автоматизированный электропривод. - М.: Высшая школа, 1987. - 144 с.

2. Поспелов Д. А. Логические методы анализа и синтеза. - М.: Энергия, 1974. - 368 с.

3. Головенков С. Н., Сироткин С. В. Основы автоматики и автоматического регулирования станков с программным управлением. - М.: Машиностроение, 1988. - 238 с.

4. Интегральные микросхемы. Справочник / Под ред. Тарабарина Б. В. - М.: Радио и связь, 1989. - 384 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

СИНТЕЗ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СШД С ПРОГРАММНЫМ РАЗГОНОМ

Задание

1. Синтезировать СУ с программным разгоном.
2. Составить тактовую диаграмму.
3. Дать принципиальную электрическую схему.
4. Дать описание работы схемы.
5. Определить времена задержек.
6. Составить на языке «ассемблер» программу работы разработанного устройства.
7. Оформить отчет.

Варианты заданий № 6

Индекс	Наименование раздела	№ варианта			
		1	2	3	4
А	Осуществить пуск двигателя в режиме	прогр. разг.	само-комму-тация	прогр. разг.	само-комму-тация
Б	Число пар полюсов.	2	3	1	∞
В	Номин. скор. n_H .	800 об/м.	1200	1000	1600
Г	Разогнать до скорости	$1,5 n_H$	$3 n_H$	$2 n_H$	$2,6 n_H$
Д	Отличие Δt на каждой ступени от предыдущего значения.	7%	12%	5%	10%

Пояснения к выполнению лабораторной работы

1. Электропривод СШД с программным разгоном

Если двигатель надо включить сразу на большую скорость вращения, то он без дополнительных средств может не втянуться в синхронизм. Только в том случае, если частота следования тактирующих импульсов будет меньше или равна так называемой «частоте приемистости», которая дается в паспорте на каждый двигатель, то он втянется в синхронизм. В случае, если необходимо разогнать СШД до скорости больше, чем это определено «частотой приемистости», можно воспользоваться приемом, реализуемым блок-схемой (рисунок 18). При этом внешний управляющий импульс $U_{вх}$, поступающий на вход системы в виде пускового сигнала, попадает на вход коммутатора и линии задержки ЛЗ1. Коммутатор выдает импульс на соответствующую обмотку двигателя, ротор двигателя начинает разгоняться, а ЛЗ1 - запускается, и через время Δt_1 (рисунок

19) на ее выходе появляется импульс (U_1), который поступает на вход ЛЗ2 и через логический элемент ИЛИ (U_6) на коммутатор. Время задержки ЛЗ2 меньше Δt_1 . Поэтому следующий импульс на К поступит через $\Delta t_2 < \Delta t_1$ и т.д. Таким образом, частота следования управляющих импульсов на коммутатор увеличивается. Импульс с последней линии задержки запускает мультивибратор МВ, вырабатывающий частоту больше, чем частота приемистости данного двигателя. При этом длительность каждого шага отличается от предыдущего на 5-15%. Расчет времени шагов необходимо начинать с частоты мультивибратора.

При расчетах учесть, что, $\omega_n = \frac{2\pi f_{\text{прием}}}{p \cdot K_T}$

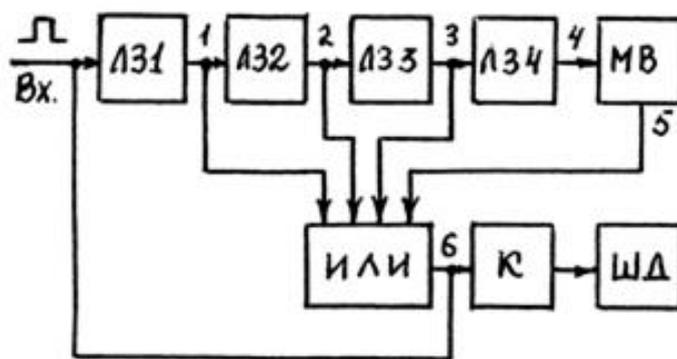


Рисунок 18

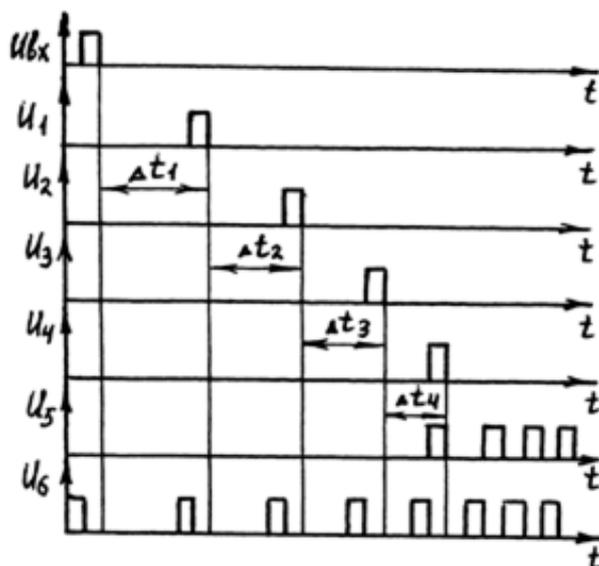


Рисунок 19

2. Привод с шаговым двигателем в режиме самокоммутации

Привод с программным режимом разгона эффективен, но при неизменной нагрузке. При нагрузке, которая в течение работы может принимать другие значения, такой привод теряет свои преимущества, т.к. фиксированные рассчитанные на определенную нагрузку времена задержек не обеспечивают втягивание двигателя в синхронизм. Приходится либо мириться со значительным снижением быстродействия и переходить на частоту приемистости, либо усложнять систему управления.

Другим способом заставить СШД работать на частотах, превышающих частоту приемистости, при разных нагрузках на валу двигателя является использование режима самокоммутации. Это режим можно реализовать при наличии в СУ привода обратной связи по положению. Здесь необходимым элементом будет ДШ - датчик шагов, вырабатывающий управляющий импульс при каждом повороте ротора на шаг.

Если сигнал с датчика шагов подать на коммутатор, задерживая его во времени, такой привод позволит регулировать еще и частоту вращения двигателя. Тогда функциональная блок-схема будет иметь вид (рисунок 20), где Р - реле, К - коммутатор, ШД - шаговый двигатель, ДШ - датчик шагов, У - усилитель, ЛЗ - линия задержки. В соответствии с величиной управляющего напряжения $U_{упр}$, определяющей необходимую частоту вращения СШД, линией задержки ЛЗ вырабатывается время прохождения управляющего сигнала от ДШ к К. Длительность времени в ЛЗ обратно пропорциональна величине $U_{упр}$.

Привод работает следующим образом. Если в исходном состоянии $U_{упр} = 0$, то реле разомкнуто и на входе И отсутствует разрешающий сигнал. Коммутатор не изменит своего состояния и двигатель занимает положение статического равновесия. Конструктивно ДШ выполнен так, что выдает сигнал при прохождении ротором двигателя полного шага. Как только $U_{упр}$ превысит напряжение срабатывания катушки, реле Р, его контакты перейдут в замкнутое состояние и на И поступит постоянный разрешающий сигнал. Второй, но уже импульсный сигнал на И поступит пока без задержки с ЛЗ. Пройдя И, результирующий сигнал попадает на вход К в виде командного импульса. Коммутатор переключит свое состояние на такт вперед, и двигатель начнет отрабатывать первый шаг. В момент завершения шага ДШ вырабатывает сигнал, который через У поступит на ЛЗ. Через промежуток времени, обратно пропорциональный $U_{упр}$, ЛЗ выдает сигнал, который, пройдя И, поступит на коммутатор в виде командного импульса. Далее процесс повторится. Верхний предел частоты вращения этого привода увеличивается на порядок и не зависит от момента инерции нагрузки и других параметров. Характеристики привода для трех методов разгона показаны на рис.4: здесь первая кривая соответствует прямому пуску на частоте приемистости, 2 - пуску в режиме программного разгона, 3 - пуску в режиме самокоммутации.

Частота приемистости определяется по следующей формуле:

$$\varphi_{np} = \frac{n \cdot P \cdot K_T}{60}$$

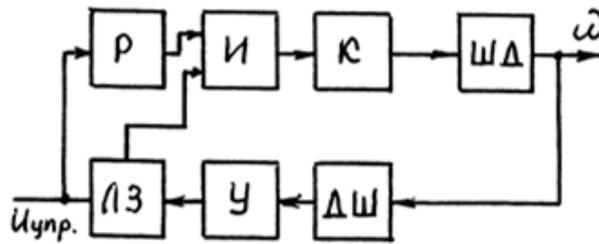


Рисунок 20

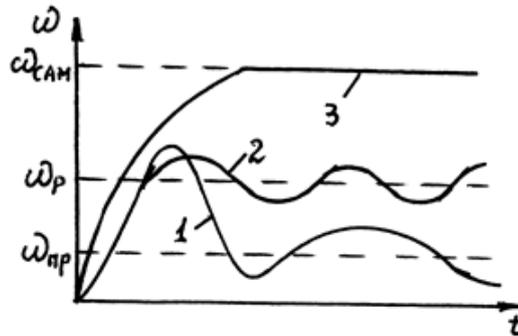


Рисунок 21

Заключение

Приступая к работе над этим учебным пособием, хотелось познакомить студентов с основными приемами и методами синтеза дискретных систем управления, используемых в системах и устройствах числового программного управления электроприводом станков и различных автоматизированных технологических линий. Однако по мере завершения пособия становилось все яснее, что решить полностью поставленную задачу не удастся. Это связано с тем, что автоматика проникла в такое множество отраслей научной и производственной деятельности. В связи с этим, элементы дискретной автоматики имеют такое многообразие, что появляются новые, чаще всего «компьютерные», методы синтеза, которые пока не в полной мере доступны рядовому разработчику САУ, да и прогресс настолько стремителен, что сведения, которыми мы располагали вчера, сегодня начинают устаревать.

Как же быть? Может быть, безнадежно и пытаться писать пособия и, тем более, изучать существующие методы синтеза – все равно за современными достижениями не угонишься? Это не совсем так. Речь идет не о гонке и не о соревновании, а о посильном вкладе в общее дело совершенствования техники и технологии. Изучая и совершенствуя современные методы синтеза СУ, вы внесете посильный вклад своей творческой деятельностью при разработке новых методов синтеза СУ и устройств, помогающих ускорить технический прогресс, который ускорит создание общества будущего.

Литература

1. Проектирование бесконтактных логических устройств промышленной автоматики. Грейнер Г. Р., Ильященко В. П. и др. – М: Энергия, 1977 г. - с. 384.
2. Арменский Е. В., Прокофьев П. А., Фало Г. Б. Автоматизированный электропривод. – М: Высшая школа 1987 г. - 143 с.
3. Дискретный электропривод с шаговыми двигателями. Под общ. ред. Чилихина М. Г., - М. Энергия 1971 г. - 624 с.
4. Чиликин М. Г. Дискретный электропривод с шаговыми электродвигателями.
5. Стальная М. И. Элементы аналоговой и дискретной автоматики систем УСПУ. Уч. Пособие - АлтГТУ Барнаул 1993 г. - 82 с.
6. Сборник «Абстрактная и структурная теория релейных устройств». М. «Наука» 1971 г. - 312 с.
7. Структурная теория релейных устройств. Под. ред. проф. М. Т. Гаврилова АН СССР 1963 г. - 271 с.
8. Дискретный электропривод с шаговыми двигателями. Под общ. ред. Чилихина М. Г. - М. Энергия 1971 - 624 с.
9. Программируемые логические контроллеры. DVP (Руководство к эксплуатации), www.stoikltd.ru.
10. Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы. Справочник. С. В. Якубовский, Л. И. Михельсон, В. И. Кулешова и др., под. ред. С. В. Якубовского. М. Радио и связь. 1999 - С. 496.

Синтез дискретных САУ электропривода

Учебно-методическое пособие
к лабораторным работам

Издано в авторской редакции

Электронное издание сетевого распространения

Производитель электронного издания:
ООО «МЦ ЭОР», 656043, Алтайский край, г. Барнаул, ул. Ползунова, 40

Сайт: <http://mceor.ru/>
E-mail: einfo@mail.ru

Электронное издательство «Виртуальная литература»

Связаться с издательством: <http://stashko.ru/author>
Заказать издание: +79230097208

Наши издания на ЛитРес: <http://stashko.ru/litres1>

ЛитРес:

**ОДИН КЛИК ДО САМОГО
ИНТЕРЕСНОГО!**