

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Автоматизированный электропривод»

В. А. Савельев

НАЛАДКА И ДИАГНОСТИКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к контрольным работам по одноименной дисциплине
для студентов специальности 1-53 01 05
«Автоматизированные электроприводы»
заочной формы обучения**

Электронный аналог печатного издания

Гомель 2008

УДК 62-83-52(075.8)
ББК 31.291я73
С12

*Рекомендовано к изданию научно-методическим советом
заочного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 3 от 23.12.2006 г.)*

Рецензент: канд. техн. наук, доц. каф. «Электроснабжение» ГГТУ им. П. О. Сухого
Т. В. Алферова

Савельев, В. А.

С12 Наладка и диагностика автоматизированного электропривода : метод. указания к контрол. работам по одноим. дисциплине для студентов специальности 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы» заоч. формы обучения / В. А. Савельев. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2008. – 21 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://gstu.local/lib>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-985-420-741-4.

Рассмотрены методики расчета типовых устройств электропривода постоянного тока. Изложены требования к оформлению контрольных работ.

Для студентов специальности 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы» заочной формы обучения.

**УДК 62-83-52(075.8)
ББК 31.291я73**

ISBN 978-985-420-741-4

© Савельев В. А., 2008
© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2008

Введение

В настоящее время электроприводы постоянного тока с раздельным управлением получили широкое распространение в металлургии, текстильной и бумажной промышленности и в ряде других областей.

Примером таких электроприводов могут служить комплектные тиристорные электроприводы серий КТЭ, ЭПУ, ЭТУ, ЭТ, БТУ, Кемтор и др. Они предназначены для управления электродвигателями постоянного тока, регулирования их параметров: напряжения (ЭДС), тока якоря, возбуждения, частоты вращения и положения вала. В аппаратуре управления и регулирования этих и им подобных преобразователей применяются современные электронные изделия: специализированные интегральные микросхемы, логические устройства на основе ТТЛ и КМОП технологии и т. п.

Наладка систем управления и регулирования электропривода подразумевает, прежде всего, подробное знание устройства, принципа действия конкретного электропривода, а также требует от специалиста умения быстро производить расчет параметров и правильно осуществлять выбор элементов, необходимых для наладки и ремонта оборудования.

Настоящее методическое пособие рассматривает вопросы инженерной методики расчета и выбора элементов типовых звеньев систем управления и регулирования электроприводов постоянного тока.

1. Цель, задачи и структура контрольной работы

При обучении студентов по специальности 1–53 01 05 «Автоматизированные электроприводы» дисциплина «Наладка и диагностика автоматизированного электропривода» является важной для успешного завершения освоения материала профилирующих дисциплин. Поэтому целью контрольной работы является систематизация и закрепление знаний, полученных при изучении теоретического материала.

Основная задача данной контрольной работы – выработать у студентов практические навыки решения типовых задач по расчету узлов систем управления и регулирования электропривода постоянного тока с использованием инженерных методик расчета.

В контрольной работе на основании изучения назначения, устройства и принципа действия основных узлов предлагается выполнить расчет параметров и произвести выбор элементов этих узлов, а также привести временные диаграммы, поясняющие их работу.

Контрольная работа состоит из шести заданий, условно разделенных на две части.

Первая часть содержит следующие задания по расчету элементов системы управления:

1. Выбор схемы включения трансформатора синхронизации.
2. Расчет схемы генератора пилообразного напряжения.
3. Расчет схемы узла ограничения углов управления.

Вторая часть содержит задания по расчету элементов системы регулирования и включает следующие пункты:

1. Расчет схемы адаптивного регулятора тока.
2. Расчет регулятора скорости.
3. Расчет схемы задатчика интенсивности.

Данное издание не является исчерпывающим источником для выполнения контрольной работы. Поэтому при выполнении работы следует использовать рекомендованную литературу.

2. Требования к оформлению работы

Контрольная работа оформляется в обычной ученической тетради, где необходимо оставить поля для возможных замечаний рецензента. В начале работы приводится вариант и полный текст задания. В конце работы приводится список использованной литературы. Контрольная работа пишется вручную аккуратным почерком с соблюдением правил орфографии и синтаксиса.

В излагаемом материале обязательно указываются используемые методики расчета, основные допущения и обозначения. При использовании графиков, численных коэффициентов и формул необходимо делать ссылки на соответствующие литературные источники. Не допускается сокращение слов, кроме общепринятых.

В тексте работы вначале записывается расчетная формула в общем виде, а затем с проставленными числовыми значениями. В конце каждой расчетной формулы обязательно указывается размерность полученных величин в системе СИ и при необходимости номер формулы.

Решение задач обязательно должно иллюстрироваться расчетными схемами, а также диаграммами, поясняющими их работу. По результатам расчета для каждого задания необходимо приводить спецификацию выбранных компонентов (сопротивлений, конденсаторов, транзисторов, микросхем) в соответствии с требованиями ГОСТ.

Если при проверке у рецензента появляются замечания о качестве и полноте выполнения работы, то студент дорабатывает контрольную работу.

Для защиты контрольной работы студенту необходимо знать устройство, принцип действия, методику расчета, уметь пояснять свой ответ построением временных или векторных диаграмм по каждому заданию контрольной работы. Во время защиты студенту могут быть заданы по работе любые вопросы теоретического и практического характера.

3. Задания для контрольной работы

Задание 1

Произвести выбор схемы соединения обмоток трансформатора синхронизации, если известны схема включения силового трансформатора и фазовый сдвиг φ_{ϕ} , вносимый фильтром, при условии что первичная обмотка трансформатора синхронизации подключена к питающей сети.

При выполнении задания 1 необходимо построить временные диаграммы первичного и вторичного напряжений силового трансформатора и трансформатора синхронизации, напряжения на выходе фильтра, а также векторные диаграммы, поясняющие выбор группы соединения обмоток трансформатора синхронизации. Привести принципиальную схему включения обмоток трансформатора синхронизации.

Задание 2

Рассчитать параметры и выбрать элементы схемы генератора пилообразного напряжения (см. рис. 3), если заданы: период $T_{\text{оп}}$ изменения пилообразного опорного напряжения; размах $U_{\text{оп. max}}$ пилообразного опорного напряжения; напряжение питания $U_{\text{п}}$. Также известен максимальный угол управления α_{max} .

При выполнении задания 2 необходимо произвести выбор типа сопротивлений, конденсаторов, операционных усилителей (привести спецификацию). Для выбранного типа операционных усилителей привести схему коррекции нуля и схему коррекции амплитудно-частотной характеристики.

Задание 3

Рассчитать схему узла ограничения углов управления (см. рис. 4), если известны величины начального $\alpha_{\text{нач}}$, максимального α_{max} и минимального α_{min} углов управления, а также величины размаха пилообразного опорного напряжения $U_{\text{оп. max}}$ и напряжения питания $\pm U_{\text{п}}$ схемы.

Задание 4

Произвести расчет параметров адаптивного регулятора тока, выполненного по схеме рис. 6, а, или рис. 6, б, если настройка контура тока якоря выполняется на технический оптимум и известны следующие параметры контура тока: коэффициент передачи тиристорного преобразователя в режиме непрерывного $k_{\text{п}}^{\text{н}}$ и прерывистого $k_{\text{п}}^{\text{п}}$ токов, коэффициент передачи обратной связи по току $k_{\text{т}}$, сопротивление якорной цепи $R_{\text{я.ц}}$, фиктивное сопротивление преобразователя $R_{\text{фикт}}$; постоянные времени тиристорного преобразователя $T_{\text{п}}$, якорной цепи $T_{\text{я}}$, обратной связи по току $T_{\text{т}}$.

При выполнении задания 4 необходимо определить передаточные функции регулятора в режимах непрерывного и прерывистого токов. Предварительно обосновав методику, произвести расчет параметров элементов регулятора. Произвести выбор типа сопротивлений, конденсаторов, операционных усилителей (привести спецификацию). Для выбранного типа операционных усилителей привести схему коррекции нуля и схему коррекции амплитудно-частотной характеристики.

Задание 5

Произвести расчет параметров схемы регулятора скорости (см. рис. 7) при настройке контура скорости на технический (ТО) или симметричный (СО) оптимум, если известны коэффициент обратной связи по скорости $k_{o.c}$, коэффициент передачи датчика скорости $k_{д.с}$, параметры оптимизированного контура тока якоря (см. задание 4), электромеханическая постоянная времени T_M .

При решении задания 4 необходимо рассчитать и выбрать элементы схемы. Выбрать тип операционного усилителя и привести его схему включения с цепями частотной коррекции. Рассчитать параметры схемы коррекции нуля операционного усилителя.

Задание 6

Определить параметры элементов задатчика интенсивности, необходимые для разгона привода с заданным ускорением ε , если известен коэффициент передачи канала обратной связи по скорости $k_{o.c}$, коэффициент передачи задатчика интенсивности $k_{з.и}$.

При выполнении задания 6 необходимо построить временные диаграммы напряжений, поясняющие работу задатчика интенсивности.

4. Рекомендации по выполнению контрольной работы

4.1. Методика расчета параметров и выбора элементов системы управления

4.1.1. Выбор схемы включения трансформатора синхронизации

Синхронизация системы управления с сетью осуществляется посредством узла синхронизации, состоящего из трансформатора синхронизации и согласующего фильтра.

Трансформатор синхронизации представляет собой трехфазный трансформатор, который подключен своей первичной обмоткой либо непосредственно к трехфазному сетевому напряжению, либо ко вторичному напряжению силового трансформатора. Каждая из фаз вторичной обмотки трансформатора синхронизации подключается ко входу одного из каналов фазового управления СИФУ. Поэтому вто-

ричную обмотку целесообразно соединять по схеме «звезда с нулевым проводом».

Для осуществления фазировки системы управления, в зависимости от группы соединения обмоток силового трансформатора и фазового сдвига, вносимого фильтром, трансформатор синхронизации соединяется в различные группы с дискретностью 30 эл. градусов. Группа трансформатора синхронизации выбирается таким образом, чтобы напряжения синхронизации $U_{\text{синхр}}$ фаз А, В и С (рис. 1) на выходах фильтров совпадали по фазе с соответствующими напряжениями силовой цепи ТП АС, ВС и СВ соответственно.

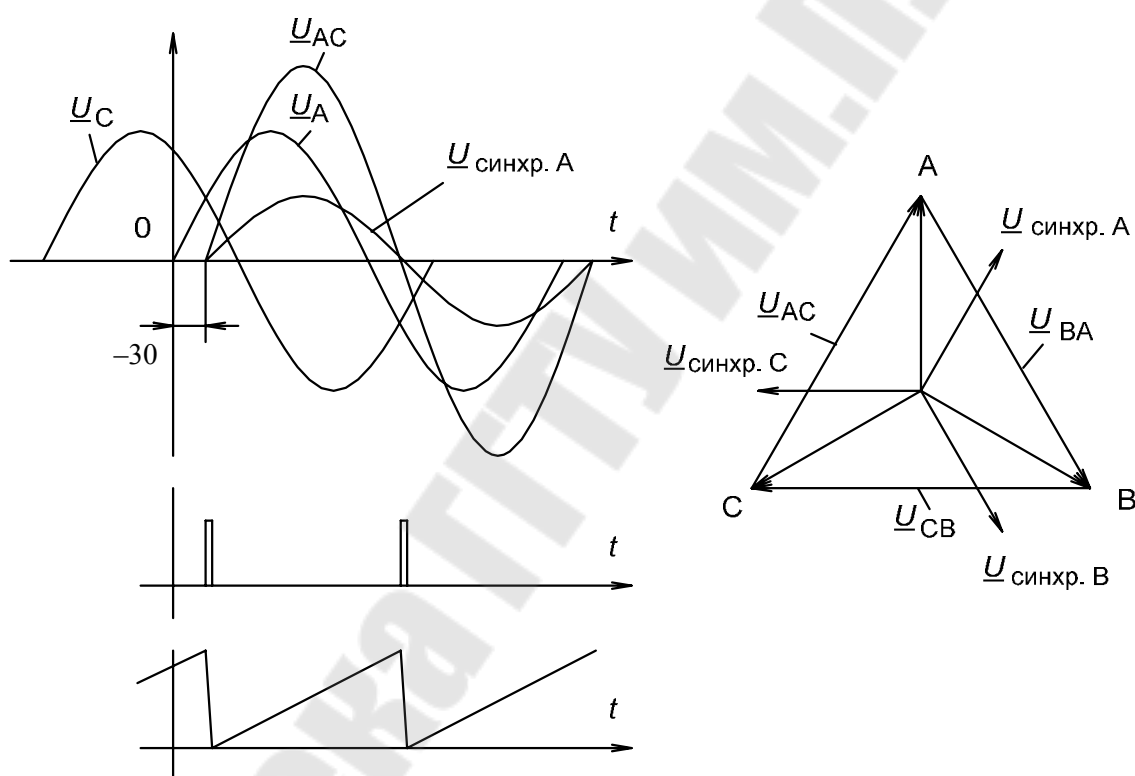


Рис. 1. Временные и векторные диаграммы, поясняющие процесс синхронизации системы управления

Например, при питании силовой части преобразователя через анодные реакторы (что равносильно схеме включения силового трансформатора «звезда – звезда – 12») и при условии, что фазовый сдвиг, вносимый фильтром составляет -60° , схема включения трансформатора синхронизации должна быть «треугольник – звезда – 11» (рис. 2).

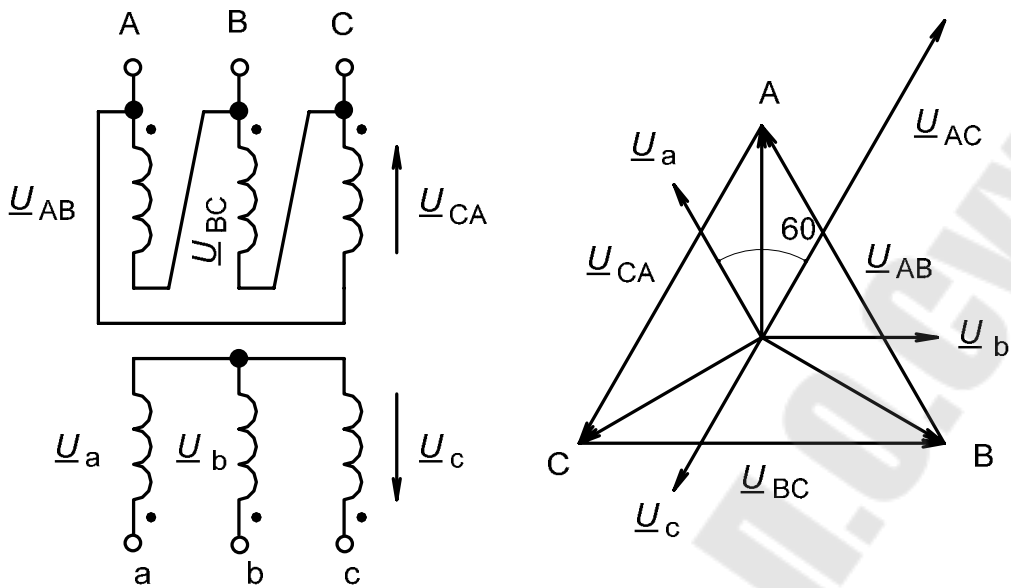


Рис. 2. Схема соединения обмоток и векторная диаграмма напряжений трансформатора синхронизации

4.1.2. Расчет схемы генератора пилообразного напряжения

Генератор пилообразного напряжения (ГПН) используется в системах управления для формирования линейно-изменяющегося опорного напряжения. Типовая схема генератора показана на рис. 3.

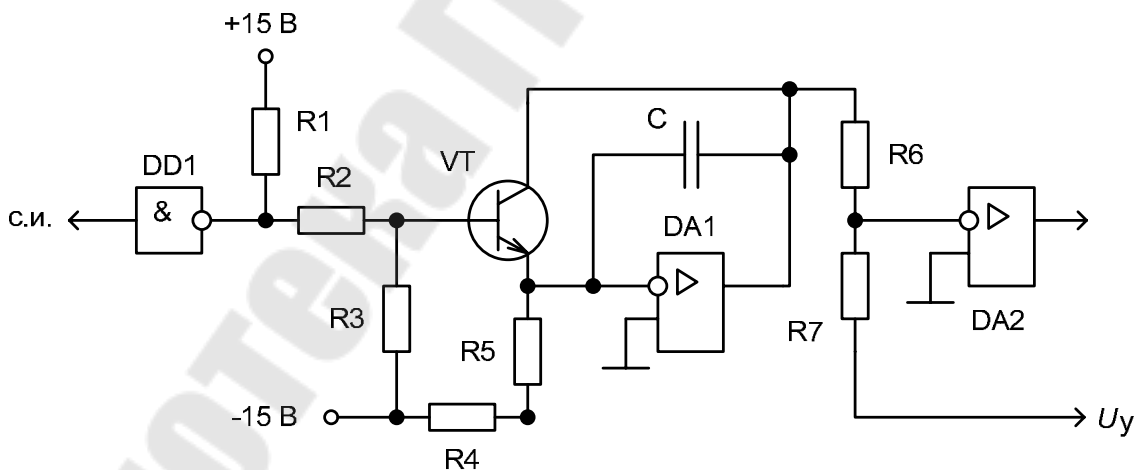


Рис. 3. Принципиальная схема генератора пилообразного напряжения

Работой ГПН управляет транзистор VT. На его базу поступает синхроимпульс (с.и.) с выхода элемента DD1. Синхроимпульс имеет уровень логической единицы и период следования, равный половине

периода питающей сети. Для формирования синхроимпульса выход с открытым коллектором элемента DD1 подключен к источнику положительного напряжения +15В через сопротивление R1. Делитель напряжения R2-R3 необходим для надежного отпирания и запираания транзистора VT.

Переход коллектор-эмиттер транзистора VT подключен параллельно конденсатору С. При каждом переходе синхронизирующего напряжения системы управления через нуль на выходе элемента DD1 формируется единичный синхроимпульс, который приводит к открыванию транзистора VT вплоть до его насыщения. При этом правая по схеме обкладка конденсатора С через малое сопротивление перехода коллектор-эмиттер транзистора VT оказывается соединенной с левой обкладкой. Заряд конденсатора быстро уменьшается и в конце процесса разряда становится равным напряжению насыщения перехода коллектор-эмиттер транзистора VT (не более 0,4 В). Поскольку потенциал инвертирующего входа операционного усилителя DA1 практически равен потенциалу его неинвертирующего входа (0 В), то в конце процесса разряда конденсатора С напряжение на выходе усилителя DA1 (выход генератора пилообразного опорного напряжения) оказывается не более 0,4 В.

При исчезновении синхроимпульса запуска с базы транзистора VT последний закрывается. Усилитель DA1 переходит в режим формирования переднего фронта пилообразного опорного напряжения. По своей сути усилитель DA1 совместно с конденсатором С и задающими сопротивлениями R4 и R5 является интегратором. Сопротивления R4 и R5, соединенные с источником напряжения –15 В, формируют величину постоянного тока заряда конденсатора С. Заряд конденсатора постоянным током обеспечивает линейность «пилы» опорного напряжения на выходе усилителя DA1. Величину тока заряда конденсатора С регулируют так, чтобы размах пилообразного опорного напряжения составлял не менее 8 В.

Напряжение на выходе усилителя DA1 ГПН определяется выражением

$$U_{\text{ГПН}} = -\frac{(-U_{\text{п}})}{(R4 + R5) \cdot C} \cdot t, \quad (1)$$

где t – время заряда конденсатора С, т. е. время соответствующее половине периода напряжения питающей сети. Задаваясь необходимым значением размаха напряжения $U_{\text{ГПН}}$ на выходе ГПН, а также значе-

ниями сопротивления $R5$ и емкости C , указанными в задании, можно определить искомую величину сопротивления $R4$.

С выхода генератора пилообразное опорное напряжение положительной полярности через резистор $R6$ поступает на инвертирующий вход компаратора $DA2$. На этот же вход компаратора через сопротивление $R7$ поступает сигнал управления. Момент превышения пилообразного опорного напряжения над напряжением управления фиксируется компаратором, который изменяет свое состояние на выходе с $+U_{нас}$ на $-U_{нас}$.

4.1.3. Расчет схемы узла ограничения углов управления

Узел ограничения (УО) совместно с переключателем характеристик служит для согласования выхода системы регулирования со входами формирователей импульсов СИФУ, а также для установки начального $\alpha_{нач}$, минимального α_{min} и максимального α_{max} углов управления.

УО выполнен на операционном усилителе $DA1$ (рис. 4). Начальный угол управления $\alpha_{нач}$ устанавливается примерно равным 120 эл. градусам переменным резистором $R4$ при нулевом сигнале U_y . Углы α_{min} и α_{max} устанавливают переменными сопротивлениями $R5$ и $R6$ соответственно. Максимальный угол управления выбирается равным 150–170 эл. градусов. Минимальный угол управления обычно 15–30 эл. градусов.

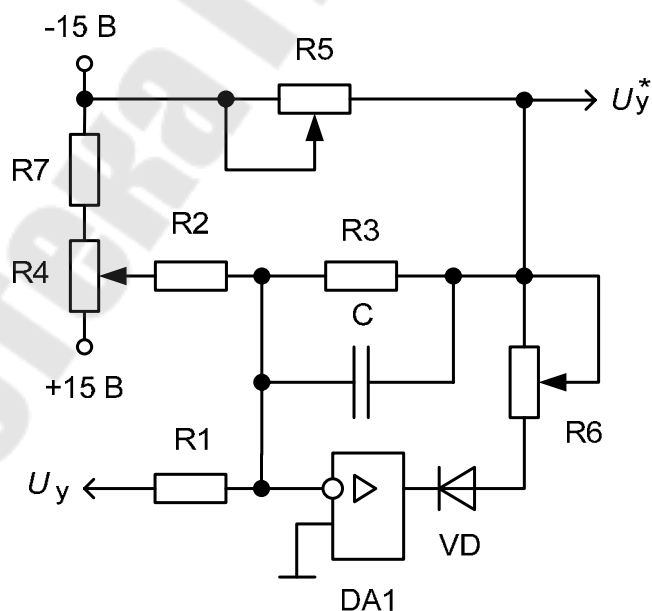


Рис. 4. Принципиальная схема узла ограничения углов управления

В режиме ограничения минимального угла управления α_{\max} напряжение на выходе УО определяется выражением

$$U_{y \min}^* = \frac{\alpha_{\min} \cdot U_{\text{оп.мак}}}{180}, \quad (2)$$

где $U_{\text{оп.мак}}$ – размах пилообразного опорного напряжения на выходе ГПН, соответствующий интервалу 180 эл. градусов.

В этом случае ОУ DA1 будет находиться в режиме положительного насыщения и диод VD будет заперт. Напряжение на выходе УО будет определяться делителем R5, R3, подключенным с одной стороны к источнику питания – 15 В, а с другой – к общему проводу (т. к. дифференциальное напряжение ОУ DA1 примерно равно нулю), т. е.

$$U_{y \min}^* = \frac{R3}{R3 + R5} \cdot (-U_{\text{п}}). \quad (3)$$

Таким образом, задаваясь значением сопротивления R3 и решая совместно (2) и (3), можно найти необходимую величину сопротивления R5:

$$R5 = \frac{R3 \cdot 180 \cdot (-U_{\text{п}})}{\alpha_{\min} \cdot U_{\text{оп.мак}}} - R3, \text{ Ом.} \quad (4)$$

В режиме ограничения максимального угла управления α_{\max} напряжение на выходе УО определяется выражением

$$U_{y \max}^* = \frac{\alpha_{\max} \cdot U_{\text{оп.мак}}}{180}. \quad (5)$$

Операционный усилитель DA1 будет находиться в режиме отрицательного насыщения и диод VD будет открыт. При этом в первом приближении можно считать, что сопротивление R6 будет подключено параллельно сопротивлению R5. Таким образом, напряжение на выходе УО будет определяться аналогично случаю, рассмотренному выше, т. е.

$$U_{y \max}^* = \frac{R3}{R3 + \frac{R5 \cdot R6}{R5 + R6}} \cdot (-U_{\text{п}}). \quad (6)$$

При этом, задаваясь значением сопротивления R35 и рассчитанным выше значением сопротивления R5 и решая совместно уравнения (5) и (6), можно найти значение сопротивления R6. Для более точного

нахождения величины сопротивления R_6 необходимо учесть то, что напряжение насыщения ОУ всегда несколько меньше напряжения его питания.

4.2. Методика расчета параметров и выбора элементов системы регулирования

4.2.1. Расчет схемы адаптивного регулятора тока

В системе подчиненного регулирования оптимизация контура тока первоначально выполняется из предположения, что привод работает в режиме непрерывного тока.

При рассмотрении динамики контура тока в системе подчиненного регулирования можно пренебречь влиянием обратной связи по ЭДС двигателя. Для этого достаточным является выполнение условия $T_m > 10 \cdot 2 \cdot T_{\mu I}$, где T_m – электромеханическая постоянная времени привода, $T_{\mu I}$ – суммарная малая постоянная времени контура тока. Физически это объясняется тем, что изменения скорости вследствие значительной механической постоянной времени T_m происходят сравнительно медленно, а быстрое действие токового контура, определяемое частотой среза его ЛАЧХ, равной $1/(2 \cdot T_{\mu I})$, велико, ток якоря изменяется в соответствии с изменением напряжения регулятора скорости независимо от действующего на контур возмущения в виде изменения ЭДС двигателя.

Структурная схема контура тока (без учета влияния ЭДС) в режиме непрерывного тока показана на рис. 5, а. Обычно контур тока настраивают на ТО. При этом ПФ регулятора тока имеет вид

$$W_{p.t}(p) = \frac{(T_y \cdot p + 1) \cdot R_{y.c}}{2 \cdot T_{\mu I} \cdot p \cdot k_{\pi} \cdot k_T}, \quad (7)$$

где $T_y = \frac{L_{y.c}}{R_{y.c}}$ – постоянная времени якорной цепи; $R_{y.c}$ – сопротивление якорной цепи ($R_{y.c} = R_{y.d} + R_{d.\pi} + R_{э.кв}$); $T_{\mu I}$ – малая постоянная времени контура тока ($T_{\mu I} = T_y + T_{\pi}$); k_T – коэффициент передачи ОС по току; k_{π} – коэффициент усиления ТП в зоне непрерывного тока.

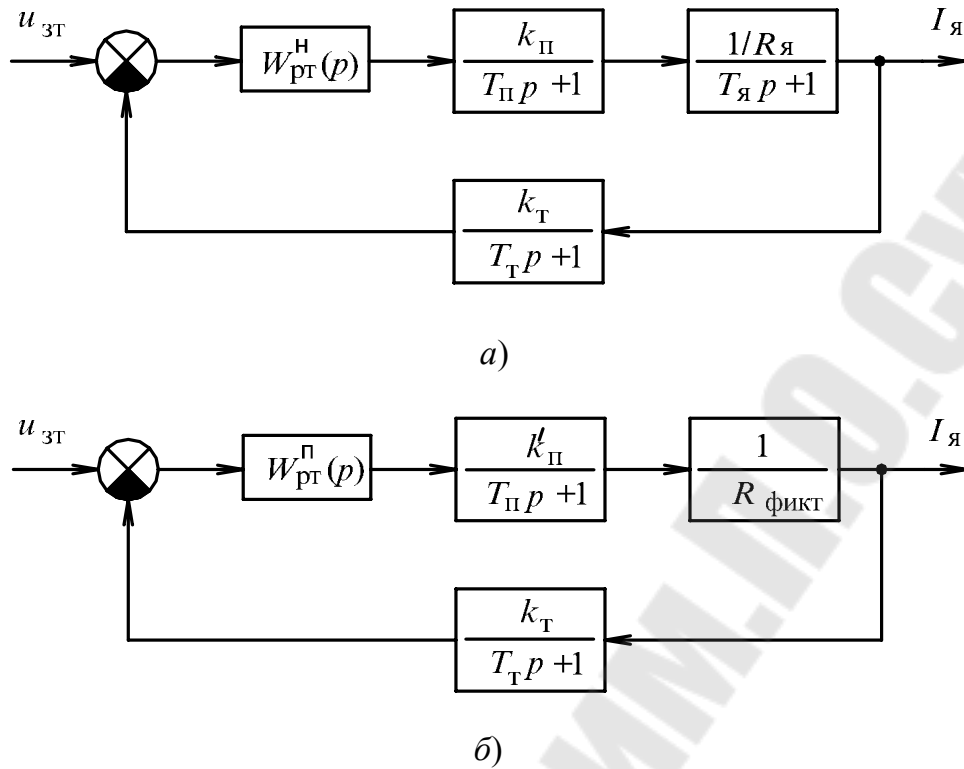


Рис. 5. Структурные схемы контура тока в режимах непрерывного (а) и прерывистого (б) токов

Коэффициент усиления ТП в зоне непрерывного тока при настройке на технический оптимум рассчитывают при $U_{y \text{ нач}} = 0$ как

$$k_{\Pi} = \left. \frac{\partial E_d}{\partial U_y} \right|_{U_y = U_{y \text{ нач}}} = E_{d0} \cdot \frac{\pi}{U_{\text{оп. max}}} \cdot \cos \left(\frac{\pi \cdot U_{y \text{ нач}}}{U_{\text{оп. max}}} \right). \quad (8)$$

При этом ПФ разомкнутого оптимизированного токового контура

$$W_{\text{раз}}(p) = \frac{1}{2 \cdot T_{\mu l} \cdot p \cdot (T_{\mu l} \cdot p + 1)}. \quad (9)$$

На рис. 5, б также показана структурная схема контура тока в режиме прерывистого тока. Отличие схем вызвано тем фактом, что индуктивное сопротивление цепи якоря в режиме прерывистого тока проявляет себя как некоторое фиктивное сопротивление $R_{\text{фикт}}$, а электромагнитная постоянная времени цепи якоря практически не оказывает влияния на переходной процесс $T_{я} \approx 0$. Сопротивление $R_{\text{фикт}}$ не остается постоянным и зависит от интервала проводимости тока λ .

Таким образом, чтобы поддержать равенство передаточных функций разомкнутого контура тока при прерывистом и непрерывном токе, регулятор тока при прерывистом токе должен иметь интегрирующую структуру с передаточной функцией

$$W_{\text{п.т}}^{\text{п}}(p) = \frac{R_{\text{фикт}}}{k'_{\text{п}} \cdot k_{\text{т}} \cdot 2 \cdot T_{\text{ш}} \cdot p}. \quad (10)$$

На рис. 6 показаны принципиальные схемы адаптивных регуляторов тока. В первой схеме (рис. 6, а) в режиме непрерывного тока ключи SA1 и SA2 замкнуты и шунтируют сопротивления R4 и R7, а РТ выполняет функцию ПИ-регулятора. В режиме прерывистого тока SA1 и SA2 разомкнуты, и ввиду того, что R7 расшунтирован на вход усилителя DA3, включается инерционное звено R7–C2. Одновременно увеличивается коэффициент передачи усилителя DA1.

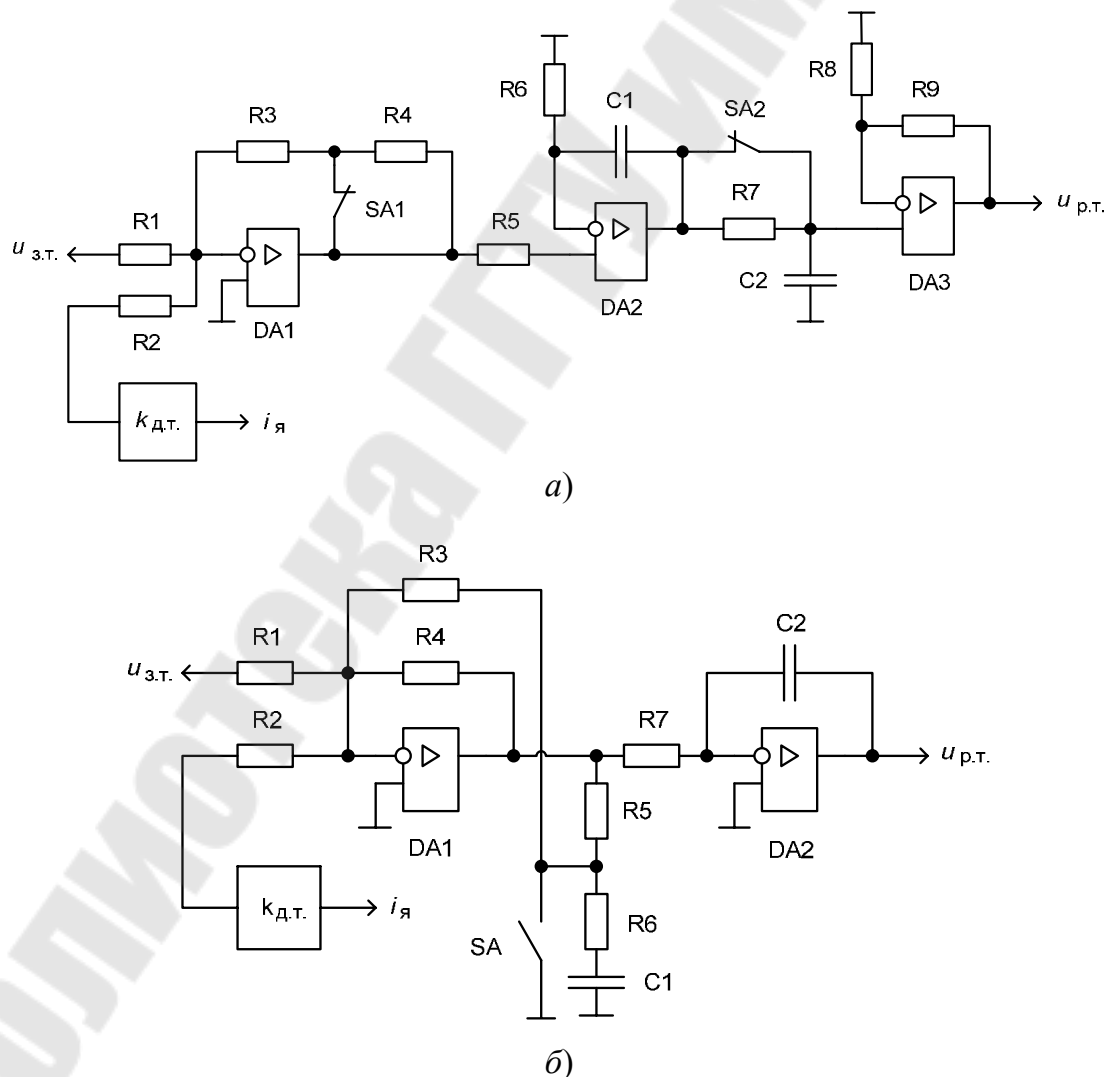


Рис. 6. Принципиальные схемы адаптивных регуляторов тока

Во второй схеме (рис. 6, б) ключ SA разомкнут в режиме непрерывного тока, а в режиме прерывистого – замкнут. При расчете передаточной функции регулятора в режиме непрерывного тока с целью упрощения расчетов целесообразно принять сопротивление R3 значительно большим, чем сопротивления R5 и R6.

4.2.2. Расчет регулятора скорости

Типовая схема пропорционально-интегрирующего регулятора скорости РС представлена на рис. 7. Он выполнен на операционном усилителе DA1. На входе регулятора скорости суммируются сигнал задания скорости $U_{з.с}$, поступающий с задатчика интенсивности через сопротивления R1, R2, и сигнал отрицательной обратной связи по скорости, поступающий с тахогенератора через резисторы R3, R4, R5.

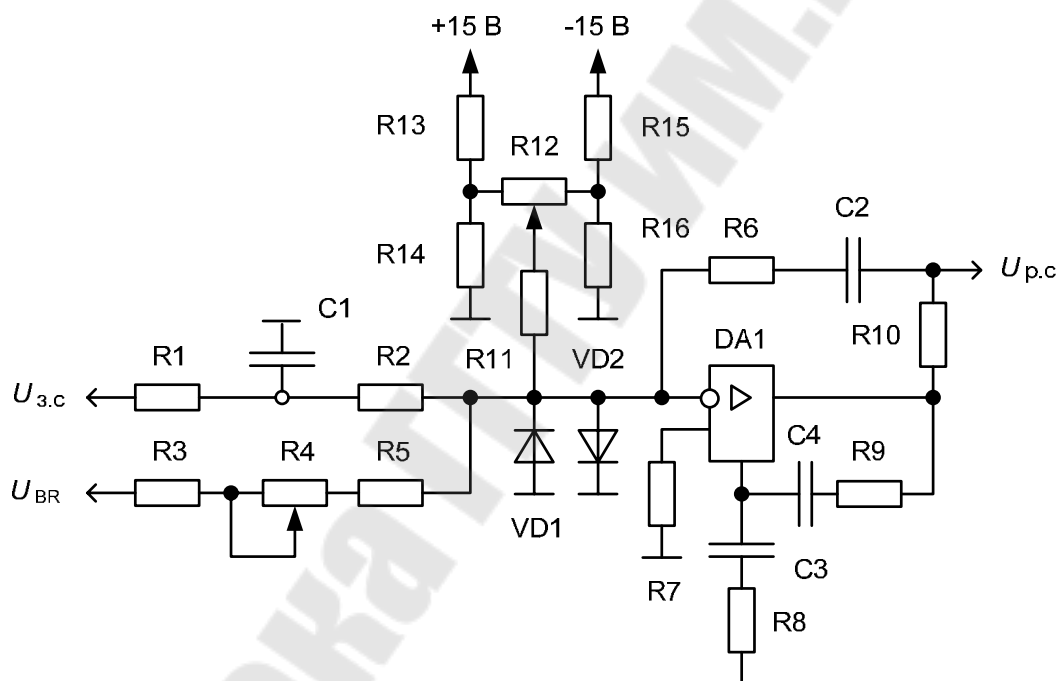


Рис. 7. Принципиальная схема регулятора скорости

Уровень сигнала подбирается при наладке привода сменными сопротивлениями R1, R2, причем по величине сопротивления целесообразно иметь равными.

При работе регулятора скорости в линейном режиме (операционный усилитель не насыщен) напряжение $U_{р.с}$ изменяется в соответствии с выражением

$$U_{р.с} = \left(\frac{U_{з.с}}{R1 + R2} - \frac{\omega \cdot k_{д.с}}{R3 + R4 + R5} \right) \cdot \frac{R6 \cdot C2 \cdot p + 1}{C2 \cdot p} \quad \text{или}$$

$$U_{p.c} = \left(U_{3.c} - \frac{\omega \cdot k_{д.с} \cdot (R1 + R2)}{R3 + R4 + R5} \right) \cdot \frac{R6 \cdot C2 \cdot p + 1}{(R1 + R2) \cdot C2 \cdot p} =$$

$$= (U_{3.c} - \omega \cdot k_{о.с}) \cdot W_{p.c},$$

откуда видно, что передаточная функция РС имеет вид

$$W_{p.c}(p) = \frac{R6 \cdot C2 \cdot p + 1}{(R1 + R2) \cdot C2 \cdot p}, \quad (11)$$

а величина коэффициента передачи канала обратной связи по скорости определяется как

$$k_{о.с} = \frac{k_{д.с} \cdot (R1 + R2)}{R3 + R4 + R5}. \quad (12)$$

Обычно необходимая величина $k_{о.с}$ устанавливается сменным резистором R3 (грубо) и переменным сопротивлением R4 (точно).

С помощью переменного сопротивления R12 обеспечивается компенсация напряжения смещения операционного усилителя DA1 и, как следствие, установка нулевой скорости при нулевом значении сигнала задания $U_{3.c}$ и разблокированном выходе РС. Расчет схемы коррекции нуля сводится к обеспечению такого диапазона изменения напряжения на потенциометре R12, чтобы он был не менее максимального напряжения смещения операционного усилителя (приводится в справочной литературе). При расчете желательно, чтобы ток, протекающий через потенциометр R12, был с одной стороны значительно ниже токов делителей R13–R14 и R15–R16, а с другой стороны значительно больше тока сопротивления R11. Это позволит стабилизировать напряжения делителей R13–R14 и R15–R16.

Включенные встречно-параллельно диоды VD1 и VD2 защищают вход РС от перенапряжения. Обычно для этой цели применяют диоды типа КД521 или КД522 с любым буквенным индексом.

РС-цепочки R8-С3 и R9-С4 являются элементами коррекции АЧХ операционного усилителя DA1. Схемы цепей коррекции АЧХ операционного усилителя зависят от типа применяемого усилителя и обычно приведены в справочной литературе. Там же указаны рекомендуемые значения параметров элементов цепей частотной коррекции.

Сопротивление R7 введено для уменьшения изменения выходного напряжения РС под действием временных или температурных колебаний входных токов. Рекомендуется выбирать его величину та-

кой, чтобы она была равна эквивалентному сопротивлению по постоянному току, подключенному к противоположному входу операционного усилителя.

Сопротивление R24 ограничивает величину выходного тока усилителя DA2.

4.2.3. Расчет схемы задатчика интенсивности

Задатчик интенсивности используют в системах регулирования для ограничения скорости изменения регулируемых координат привода.

Типовая схема задатчика интенсивности приведена на рис. 8. Задающий сигнал $U_{\text{зад}}$ с задатчика скорости поступает на вход задатчика интенсивности ЗИ разгона электропривода. Задатчик интенсивности предназначен для формирования необходимого темпа нарастания сигнала $U_{\text{з.с}}$ задания скорости и позволяет регулировать длительность разгона и торможения электропривода в пределах 0,5–3 с.

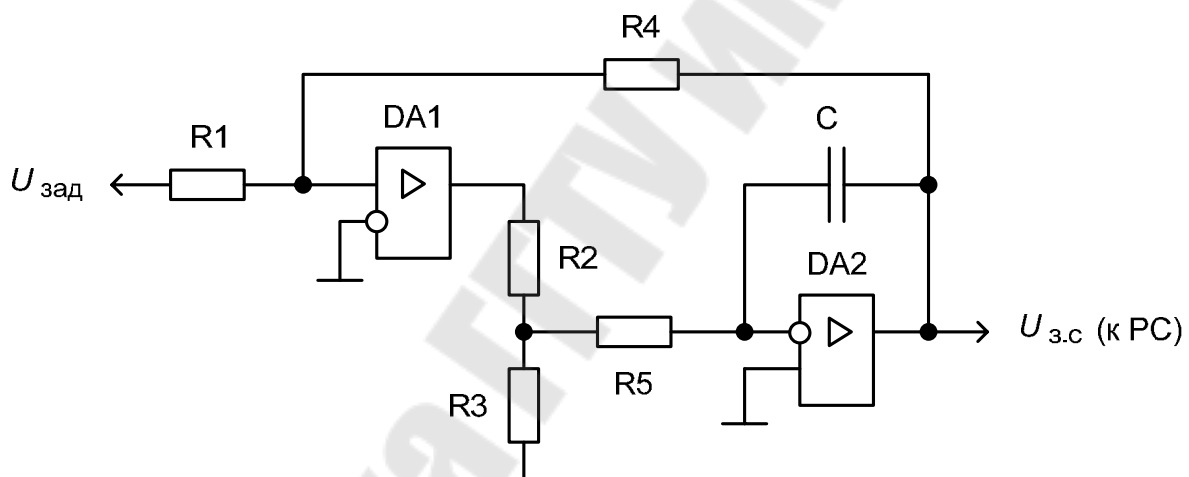


Рис. 8. Принципиальная схема задатчика интенсивности

Задатчик интенсивности выполнен на двух операционных усилителях DA1 и DA2, охваченных общей отрицательной обратной связью (сопротивление R4). При скачкообразном изменении задающего сигнала, поступающего через резистор R1 на прямой вход усилителя DA1, последний входит в насыщение. При этом напряжение $U_{\text{з.с}}$ задания скорости на выходе усилителя DA2, включенного по схеме интегратора, линейно изменяется в соответствии с выражением

$$U_{\text{з.с}} = \frac{U_{\text{нас DA1}} \cdot \frac{R3}{R2 + R3}}{R5 \cdot C} \cdot t, \quad (13)$$

где $U_{\text{нас DA1}}$ – напряжение насыщения компаратора DA1; t – время, в течение которого напряжение $U_{3.c}$ достигнет величины напряжения $U_{\text{зад}}$.

Как видно, скорость нарастания напряжения $U_{3.c}$ определяется емкостью конденсатора C и величиной сменного сопротивления $R5$, которое подбирается при наладке.

При равных величинах $R1$ и $R4$ коэффициент передачи по напряжению ЗИ равен 1. Следовательно, когда напряжение $U_{3.c}$ на выходе ЗИ достигнет величины напряжения $U_{\text{зад}}$ на его входе, усилитель DA1 выйдет из насыщения, обратная связь через сопротивление $R4$ замкнется, и далее будет поддерживаться равенство $U_{3.c} = U_{\text{зад}}$.

В линейном режиме работы для входных цепей регулятора скорости (рис. 8) можно записать

$$\frac{U_{3.c}}{R1 + R2} \approx \frac{U_{o.c}}{R3 + R4 + R5} = \frac{\omega \cdot k_{д.с}}{R3 + R4 + R5}, \quad (14)$$

где $U_{o.c}$ – напряжение на выходе датчика скорости; ω – угловая скорость вращения вала двигателя; $k_{д.с}$ – коэффициент передачи датчика скорости.

Продифференцировав левые и правые части (13) и (14) и приравняв в полученных выражениях производные сигнала задания скорости $dU_{3.c}/dt$, получим

$$\frac{U_{\text{нас DA1}} \cdot \frac{R3}{R2 + R3}}{R5 \cdot C} = \frac{k_{д.с} \cdot (R1 + R2)}{R3 + R4 + R5} \cdot \frac{d\omega}{dt}. \quad (15)$$

Задаваясь величиной необходимого ускорения $\frac{d\omega}{dt}$ при разгоне привода, а также величинами сопротивлений и емкостью конденсатора C , рассчитывают величину сопротивления $R5$.

Ускорение при разгоне и торможении двигателя должно быть выбрано так, чтобы при известном характере зависимости момента нагрузки M_c от скорости якорный ток I_y , определенный из выражения

$$c \cdot \Phi \cdot I_y - M_c = J_{\Sigma} \frac{d\omega}{dt}, \quad (16)$$

где c – конструктивная постоянная двигателя; Φ – магнитный поток; J_{Σ} – суммарный, приведенный к валу двигателя, момент инерции механизма, не превышал допустимого значения.

Литература

1. Башарин, А. В. Управление электроприводами : учеб. пособие для вузов / А. В. Башарин, В. А. Новиков, Г. Г. Соколовский. – Ленинград : Энергоиздат, 1982.
2. Бригиневич, Б. В. Наладка тиристорных электроприводов с раздельным управлением / Б. В. Бригиневич, А. К. Голованов. – Москва : Энергоатомиздат, 1991.
3. Быстров, Ю. А. Электронные цепи и устройства : учеб. пособие для электротехн. и энерг. вузов / Ю. А. Быстров, И. Г. Мироненко. – Москва : Высш. шк., 1989.
4. Галкин, В. И. Полупроводниковые приборы: Транзисторы широкого применения : справ. / В. И. Галкин, А. Л. Булычев, П. М. Лямин. – Минск : Беларусь, 1995.
5. Гусев, В. Г. Электроника / В. Г. Гусев, Ю. М. Гусев. – Москва : Высш. шк., 1991.
6. Забродин, Ю. С. Промышленная электроника : учеб. для вузов / Ю. С. Забродин. – Москва : Высш. шк., 1982.
7. Комплектные тиристорные электроприводы : справ. / И. Х. Евзеров [и др.] ; под ред. В. М. Перельмутера. – Москва : Энергоатомиздат, 1988.
8. Аналоговая и цифровая электроника: учеб. для вузов / Ю. Ф. Опачий [и др.]. – Москва, 1996.
9. Полупроводниковые приборы: Диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы : справ. / А. В. Баюков [и др.] ; под общ. ред. Н. Н. Горюнова. – 3-е изд., перераб. – Москва : Энергоатомиздат, 1987.
10. Справочник по автоматизированному электроприводу / под ред. В. А. Елисеева, А. В. Шинянского. – Москва : Энергоатомиздат, 1983.
11. Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы : справ. / С. В. Якубовский [и др.] ; под ред С. В. Якубовского. – Москва : Радио и связь, 1989.

Содержание

Введение.....	3
1. Цель, задачи и структура контрольной работы	4
2. Требования к оформлению работы.....	4
3. Задания для контрольной работы	5
4. Рекомендации по выполнению контрольной работы.....	7
4.1. Методика расчета параметров и выбора элементов системы управления	7
4.1.1. Выбор схемы включения трансформатора синхронизации	7
4.1.2. Расчет схемы генератора пилообразного напряжения	9
4.1.3. Расчет схемы узла ограничения углов управления	11
4.2. Методика расчета параметров и выбора элементов системы регулирования	13
4.2.1. Расчет схемы адаптивного регулятора тока	13
4.2.2. Расчет регулятора скорости	16
4.2.3. Расчет схемы задатчика интенсивности	18
Литература	20

Учебное электронное издание комбинированного распространения

Учебное издание

Савельев Вадим Алексеевич

**НАЛАДКА И ДИАГНОСТИКА
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
ЭЛЕКТРОПРИВОДА**

**Методические указания
к контрольным работам по одноименной дисциплине
для студентов специальности 1-53 01 05
«Автоматизированные электроприводы»
заочной формы обучения**

Электронный аналог печатного издания

Редактор *Н. В. Гладкова*
Компьютерная верстка *Н. Б. Козловская*

Подписано в печать 29.10.08.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Цифровая печать. Усл. печ. л. 1,39. Уч.-изд. л. 1,2.

Изд. № 1.

E-mail: ic@gstu.gomel.by
<http://www.gstu.gomel.by>

Издатель и полиграфическое исполнение:
Издательский центр учреждения образования
«Гомельский государственный технический университет
имени П. О. Сухого».

ЛИ № 02330/0131916 от 30.04.2004 г.
246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.