

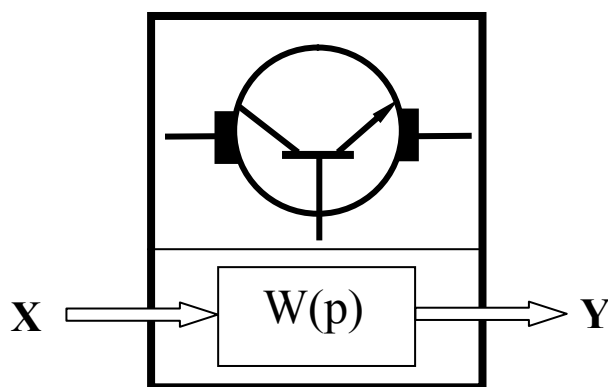


*Томский межвузовский центр  
дистанционного образования*

**А.Г. Гарганеев**

# **ЭЛЕМЕНТЫ И УСТРОЙСТВА СИСТЕМ АВТОМАТИКИ**

**Учебное методическое пособие**



**ТОМСК - 2001**

Министерство образования Российской Федерации

**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)**

**Кафедра компьютерные системы в управлении  
и проектировании (КСУП)**

**А.Г. Гарганеев**

# **ЭЛЕМЕНТЫ И УСТРОЙСТВА СИСТЕМ АВТОМАТИКИ**

**Учебное методическое пособие**

**2001**

**Гарганеев А.Г.**

Элементы и устройства систем автоматики: Учебное методическое пособие. – Томск: Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2001. – 50 с.

Учебное методическое пособие рассчитано на студентов специальности 210100 – «Управление и информатика в технических системах», однако может быть полезным также для студентов и инженеров других специальностей электротехнического профиля.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение .....	4
2. Краткая программа лекционного курса .....	5
3. Рекомендуемая литература .....	5
4. Варианты контрольной работы №1 .....	7
5. Варианты контрольной работы №2 .....	18
Варианты схем к контрольной работе №2 .....	28
Пример выполнения общего анализа схемы в контрольной работе №2 .....	48

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Многочисленные технические системы вне зависимости от их назначения и структурного построения базируются на основе элементов и устройств, объединенных определенными связями – механическими, оптическими, электрическими, магнитными, электромагнитными, гидравлическими, пневматическими. В связи с этим, целью изучения дисциплины «Элементы и устройства систем управления» является:

1) знакомство будущих инженеров специальности 210100 – «Управление и информатика в технических системах», с принципом действия, конструкцией, техническими возможностями, характеристиками и математическим описанием наиболее широко применяемых элементов и устройств технических систем;

2) получения навыка анализа поведения того или иного элемента (устройства) и их грамотного выбора для использования в современных технических системах;

3) как результат обучения, получение возможности общения «на едином языке» со специалистами смежных областей науки и техники с целью наиболее эффективной организации рабочего творческого процесса.

Изучение данной дисциплины проходит в 6 семестре. За время обучения студенты должны выполнить две текстовые контрольные работы в последовательности: контрольная работа №1, затем - №2. Контрольные работы полностью основаны на усвоении материала учебного пособия «А.Г. Гарганеев. Элементы и устройства систем автоматики. Учебное пособие. Изд-во ТМЦДО, 2001. 194 с.», а также дополнительной литературы. При этом контрольная №2 дополнена заданием на общий анализ схем автоматики. Контрольные работы в письменном виде высылаются в Томский университет автоматизированных систем управления и радиоэлектроники для проверки преподавателем

Две компьютерные лабораторные работы студенты выполняют на кафедре «Компьютерные системы управления и проектирования» Томского университета автоматизированных систем управления и радиоэлектроники.

Экзамен по дисциплине сдается на компьютере в виде ответов на тестовые вопросы по десяти темам.

## 2. КРАТКАЯ ПРОГРАММА ЛЕКЦИОННОГО КУРСА

Логика и последовательность изложения лекционного курса основаны на последовательном рассмотрении элементов и устройств, входящих в «классическую» структурную схему автоматического управления. При этом сначала студенты изучают различные исполнительные устройства - преобразователи электромагнитной энергии в механическую (или наоборот), связанные, как правило, с конечным объектом управления – механизмом или физическим процессом, а затем усилительно-преобразовательные и чувствительные (т.е. датчики) устройства и элементы.

Достаточно большое место в лекционном курсе отведено электрическим машинам. Это объясняется тем, что, во-первых, разнообразные электрические машины являются очень важным и распространенным звеном автоматических систем, а, во-вторых, после данного курса студентам предстоит изучать курс «Электромеханические системы».

Программа лекционного курса соответствует следующему плану:

1. Элементы и устройства как составная часть технических систем автоматического управления.
2. Электрические машины постоянного тока
3. Трансформаторы
4. Электрические машины переменного тока
5. Усилительно-преобразовательные устройства
4. Измерительные устройства.

## 3. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

*1. Гарганеев А.Г. Элементы и устройства систем автоматики. Учебное пособие. Изд-во ТМЦДО, 2001. 194 с.*

2. Арменский Е.В., Фалк Г.Б. Электрические микромашины. Учебное пособие для студ. электротехн. спец. вузов. Изд. 3-е. М., «Высшая школа», 1985. 231 с.

3. Бертинов А.И. и др. Специальные электрические машины. Источники и преобразователи энергии. Учебн. пособие для вузов. Под ред. А.И. Бертинова. М., «Энергоиздат», 1982. 552 с.

4. Боярченков М.А., Черкашина А.Г. Магнитные элементы автоматики и вычислительной техники. Учебное пособие для специальности «Автоматика и телемеханика» вузов. М., «Высшая школа», 1976. 383 с.

5. Виноградов Ю.В. Основы электронной и полупроводниковой техники. Учебник для студентов высш. техн. учебн. заведений. Изд. 2-е. М., «Энергия», 1972. 536 с.

6. Вольдек А.И. Электрические машины. Учебник для вузов. Изд. 2-е. Л., «Энергия», 1974. 840 с.

7. Евтихеев Н.Н, Купершмидт Я.А., Папуловский В.Ф., Скугоров В.Н. Измерение электрических величин. Под ред. Н.Н. Евтихеева. Учебное пособие для вузов. М., «Энергоатомиздат», 1990. 352 с.
8. Иващенко Н.Н. Автоматическое регулирование. Теория и элементы систем. Учебник для вузов. Изд. 4-е. М., «Машиностроение», 1978. 736 с.
9. Ключев В.И. Теория электропривода. Учебник для вузов. М., «Энергоатомиздат», 1985. 560 с.
10. Левшина Е.С., Новицкий П.В. Электрические измерения физических величин. Измерительные преобразователи. Учеб. пособие для вузов. Л., «Энергоатомиздат». Ленингр. отд., 1983. 320 с.
11. Руденко В.С., Сенько В.И., Чиженко И.М. Преобразовательная техника. Киев, «Вища школа», 1978. 424 с.
12. Сборник задач по теории автоматического регулирования и управления. Под ред. В.А. Бесекерского. Изд.5-е. М., «Наука». 1978. 512 с.
13. Устройства и элементы систем автоматического регулирования и управления. Техническая кибернетика. Книга 3. Исполнительные устройства и сервомеханизмы. Колл. авторов. Под ред. В.В. Солодовникова. М., «Машиностроение», 1976. 735 с.
14. Фатеев А.В. и др. Расчет автоматических систем. Под ред. А.В. Фатеева. Учебн. пособие для вузов. М., «Высшая школа», 1973. 336 с.
15. Хрущев В.В. Электрические микромашины автоматических устройств. Учебное пособие для вузов. Л., «Энергия», 1976. 384 с.
16. Шило В.Л. Линейные интегральные схемы. Изд. 2-е. М., «Советское радио», 1979. 368 с.
17. Юферов Ф.М. Электрические машины автоматических устройств. Учебник для вузов. М., «Высшая школа», 1976. 416 с.
18. В.И. Карлащук. Электронная лаборатория на IBM PC. М., «Солон-Р», 2000. 506 с.
19. Панфилов Д.И., Иванов В.С., Чепурин И.Н. Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях: Практикум на *Electronics Workbench*: В 2 т./Под общей ред. Д.И. Панфилова – Т.1:Электротехника.- М.: ДОДЭКА, 1999.- 304 с.
20. Панфилов Д.И., Иванов В.С., Чепурин И.Н. Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях: Практикум на *Electronics Workbench*: В 2 т./Под общей ред. Д.И. Панфилова – Т.1:Электроника.- М.: ДОДЭКА, 2000.- 288 с.

#### 4. ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ №1

##### Задание К1.1

1. Дайте определение передаточной функции САУ
2. Как выражается КПД электрической машины постоянного тока? Приведите график зависимости КПД двигателя постоянного тока от выходной мощности.
3. Два элемента САУ имеет передаточные функции вида
$$W_1(P) = \frac{25}{12p + 1} \quad \text{и} \quad W_2(P) = \frac{21}{4p + 1}.$$
  - 3.1. К какому типовому звену относятся эти передаточные функции?
  - 3.2. Какой из двух элементов более быстродействующий?
4. Что такое нагрузочная характеристика генератора постоянного тока? Приведите вид нагрузочной характеристики генератора независимого возбуждения.
5. Запишите выражение для потерь в меди у трансформатора.
6. Что такое скольжение асинхронного двигателя? Приведите вид математического выражения для скольжения с пояснениями всех входящих в него составляющих.

##### Задание К1.2

1. Дайте определение переходной характеристики элемента САУ.
2. Запишите передаточную функцию колебательного звена.
3. Запишите законы, на которых основан принцип действия электрических машин постоянного тока.
4. Два одинаковых двигателя постоянного тока независимого возбуждения питаются одинаковым якорным напряжением. У первого двигателя напряжение обмотки возбуждения 115 В, у второго 230 В. Какой из двух двигателей вращается быстрее? Как можно пояснить ответ?
5. Что такое коэффициент трансформации?
6. Почему асинхронный двигатель называется «асинхронным»?



### Задание К1.3

1. Дайте определение импульсной переходной функции САУ.
2. Приведите энергетическую диаграмму генератора постоянного тока параллельного возбуждения.
3. Элемент САУ имеет передаточную функцию вида
 
$$W_1(P) = \frac{25}{12p^2 + 6p + 1}.$$
  - 3.1. К какому типовому звену относится эта передаточная функция?
  - 3.2. Поясните содержание всех коэффициентов передаточной функции.
4. Что такое внешняя характеристика генератора постоянного тока? Приведите вид внешней характеристики генератора независимого возбуждения.
5. Поясните физическую сущность потерь в стали у трансформатора.
6. Какие типы шаговых двигателей Вы знаете?

### Задание К1.4

1. Дайте определение частотной характеристики элемента САУ.
2. Приведите энергетическую диаграмму двигателя постоянного тока параллельного возбуждения.
3. Элемент САУ имеет передаточную функцию вида
 
$$W_1(P) = \frac{25p}{12p^2 + 6p + 1}.$$
  - 3.1. Из каких типовых звеньев состоит эта передаточная функция?
  - 3.2. Поясните содержание всех коэффициентов передаточной функции.
4. Что такое регулировочная характеристика генератора постоянного тока? Приведите вид регулировочной характеристики генератора независимого возбуждения.
5. Поясните физическую сущность индуктивного сопротивления рассеяния у трансформатора.
6. Что такое «шаг» шагового двигателя?

### Задание K1.5

1. Дайте определение амплитудно-частотной характеристики элемента САУ.
2. Дайте определение реакции якоря. Поясните рисунком действие реакции якоря в генераторе постоянного тока.
3. Элемент САУ имеет передаточную функцию вида
 
$$W_1(P) = \frac{(25p^2 + 8p + 1)7}{12p^2 + 6p + 1}.$$
  - 3.1. Из каких типовых звеньев состоит эта передаточная функция?
  - 3.2. Поясните содержание всех коэффициентов передаточной функции.
4. Что такое характеристика холостого хода генератора постоянного тока? Приведите вид характеристики холостого хода генератора независимого возбуждения.
5. На сердечнике из какого материала следует изготовить трансформатор с рабочей частотой 50 кГц? Обоснуйте ответ.
6. Приведите логическую цепочку взаимосвязей, поясняющую принцип действия асинхронного двигателя (по типу: напряжение статора  $U_1 \rightarrow \dots$ ).

### Задание K1.6

1. Дайте определение фазовой характеристики элемента САУ.
2. Какое действие на полюса генератора постоянного тока оказывает реакция якоря. Поясните рисунком действие реакции якоря в генераторе постоянного тока.
3. Элемент САУ имеет передаточную функцию вида
 
$$W_1(P) = \frac{12(8p + 1)}{12p^2 + 6p + 1}.$$
  - 3.1. Из каких типовых звеньев состоит эта передаточная функция?
  - 3.2. Поясните содержание всех коэффициентов передаточной функции.
4. Приведите вид внешней характеристики генератора постоянного тока параллельного возбуждения.

5. На сердечнике из какого материала следует изготовить трансформатор с рабочей частотой 500 Гц? Обоснуйте ответ.
6. Какой максимальный угол нагрузки может иметь неявнополюсный синхронный двигатель?

### Задание К1.7

1. Дайте определение логарифмической амплитудно-частотной характеристики элемента САУ.
2. Назовите два основных режима работы электрических машин постоянного тока.

3. Элемент САУ имеет передаточную функцию вида

$$W_1(P) = \frac{12(8p + 1)}{9p}.$$

- 3.1. Из каких типовых звеньев состоит эта передаточная функция?
- 3.2. Поясните содержание всех коэффициентов передаточной функции.

4. Какие характеристики имеет генератор последовательного возбуждения?
5. На сердечнике из какого материала следует изготовить трансформатор с рабочей частотой 8 кГц? Обоснуйте ответ.
6. Приведите выражение угловой характеристики для явнополюсного синхронного двигателя.

### Задание К1.8

1. Приведите примеры нелинеаризуемых статических характеристик элементов САУ.
2. Что такое номинальное изменение напряжения генератора постоянного тока?
3. Элемент САУ имеет передаточную функцию вида

$$W_1(P) = \frac{8e^{-4p}}{12p^2 + 6p + 1}.$$

- 3.1. Из каких типовых звеньев состоит эта передаточная функция?
- 3.2. Поясните содержание всех коэффициентов передаточной функции.
4. Сформулируйте условия самовозбуждения генератора постоянного тока параллельного возбуждения.
5. Какие основные типы конструкций трансформаторов Вы знаете? Поясните ответ рисунком.
6. В какой синхронной машине индуктивные сопротивления по осям d и q равны?

### Задание К1.9

1. Дайте определение аналоговой и дискретной САУ.
2. Какой из генераторов постоянного тока не боится короткого замыкания? Поясните, почему.
3. Элемент САУ имеет передаточную функцию вида
 
$$W_1(P) = \frac{12}{(12p^2 + 6p + 1)(6p + 1)}.$$
  - 3.1. Из каких типовых звеньев состоит эта передаточная функция?
  - 3.2. Поясните содержание всех коэффициентов передаточной функции.
4. Какие виды торможения двигателей постоянного тока Вы знаете? Поясните ответ рисунком.
5. Нарисуйте схему замещения трансформатора и дайте пояснения всех ее параметров.
6. Что такое нагрузочная характеристика синхронного генератора?

### Задание К1.10

1. На чем основана линеаризация статической характеристики элемента САУ?
2. Запишите выражение для механической характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения.
3. Запишите передаточную функцию по управлению для генератора постоянного тока независимого возбуждения.

- 3.1. Каким типовым звеном является эта передаточная функция?
- 3.2. Поясните содержание всех коэффициентов передаточной функции.
4. Какие из выражений с физической точки зрения являются наиболее верными для коэффициента трансформации? Почему?
 
$$k = \frac{w_2}{w_1}, \quad k = \frac{I_1}{I_2}, \quad k = \frac{E_2}{E_1}.$$
5. Что такое потери в стали у трансформатора? Каким элементом схемы замещения они отражаются?
6. Что такое внешние характеристики синхронного генератора?

### Задание К1.11

1. Дайте определение амплитудно-частотной характеристики элемента САУ.
2. Запишите выражение для скоростной характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения.
3. Запишите передаточную функцию по возмущению для генератора постоянного тока независимого возбуждения.
- 3.1. К каким типовым звеном является эта передаточная функция?
4. На каком законе основан принцип действия трансформатора?
5. По какой причине может произойти искажения кривой тока намагничивания трансформатора? Поясните рисунком.
6. Характеризуйте фазовый способ управления асинхронного исполнительного двигателя.

### Задание К1.12

1. Дайте определение амплитудной характеристики элемента САУ.
2. Запишите уравнение электрического равновесия для цепи обмотки возбуждения генератора постоянного тока. Дайте пояснения всех составляющих уравнения.

3. Запишите передаточную функцию элемента САУ, состоящую из последовательного соединения колебательного звена и звена запаздывания. Дайте пояснения входящих в выражение коэффициентов.
4. Что такое ЭДС рассеяния трансформатора? Запишите выражение для ЭДС рассеяния вторичной обмотки трансформатора через закон электромагнитной индукции.
5. По какому выражению можно рассчитать число витков обмотки трансформатора?
6. Характеризуйте амплитудно-фазовый способ управления асинхронного исполнительного двигателя.

### **Задание К1.13**

1. Дайте определение передаточной функции САУ.
2. Запишите уравнение электрического равновесия для цепи обмотки якоря двигателя постоянного тока с учетом индуктивности обмотки якоря. Дайте пояснения всех составляющих уравнения.
3. Запишите передаточную функцию элемента САУ, состоящую из последовательного соединения апериодического и дифференцирующего звеньев. Дайте пояснения входящих в выражение коэффициентов.
4. Характеризуйте электромашинный усилитель как звено САУ.
5. По какому выражению можно рассчитать напряжение питания трансформатора, если известно число витков обмотки, частота питания, индукция и площадь сечения магнитопровода? В чем измеряется каждое из составляющих выражения?
6. Какую электрическую машину переменного тока можно рекомендовать для механизмов с постоянной частотой вращения в разомкнутой по скорости САУ?

### Задание К2.14

1. Дайте определение фазочастотной характеристики элемента САУ.
2. Какие виды двигателей постоянного тока Вы знаете? Поясните ответ схемами.
3. Характеризуйте двигатель постоянного тока как звено САУ по управлению. Дайте пояснения всех коэффициентов передаточной функции.
4. Приведите вид механической характеристики двигателя постоянного тока последовательного возбуждения.
5. Как производится приведение вторичной обмотки трансформатора к первичной? Поясните процесс приведения выражениями для напряжений, токов и сопротивлений.
6. Назовите характерные точки на механической характеристике асинхронного двигателя.

### Задание К1.15

1. Дайте определение логарифмической амплитудно-частотной характеристики элемента САУ.
2. Приведите схему и вид регулировочных характеристик двигателя смешанного возбуждения.
3. Два элемента САУ имеет передаточные функции вида
 
$$W_1(P) = 67p + 1 \quad \text{и} \quad W_2(P) = 62p + 1.$$
  - 3.1. Из каких типовых звеньев состоит эта передаточная функция?
  - 3.2. Поясните содержание коэффициентов передаточной функции.
  - 3.3. Какой из элементов более быстродействующий?
4. Рассчитайте число витков первичной обмотки трансформатора, если напряжение питания обмотки составляет 220 В; частота сети 50 Гц; площадь поперечного сечения сердечника 4 см<sup>2</sup>; индукция 1,5 Тл; обмоточный коэффициент равен 1.
5. Что выражает сопротивление  $X_m$  схемы замещения трансформатора?
6. Уравнения какого электромагнитного устройства могут быть взяты за основу описания асинхронных машин?

**Задание К1.16**

1. Дайте определение переходной характеристики элемента САУ.
2. Какие способы регулирования скорости вращения двигателей постоянного тока Вы знаете?
3. Элемент САУ имеет передаточную функцию вида
$$W_1(p) = \frac{12p}{(6p + 1)(13p + 1)}.$$
  - 3.1. Из каких типовых звеньев состоит эта передаточная функция?
  - 3.2. Поясните содержание всех коэффициентов передаточной функции.
4. Поясните принцип действия бесконтактного двигателя постоянного тока. Ответ поясните принципиальной схемой.
5. Запишите выражение для потерь в меди для однофазного двухобмоточного трансформатора.
6. Какую скорость холостого хода имеет ротор асинхронного двигателя при питании от промышленной сети 50 Гц при числе пар полюсов, равном 3?

**Задание К1.17**

1. Запишите результирующую передаточную функцию звена, состоящую из последовательно соединенных звена запаздывания и интегрирующего звена.
2. Приведите вид семейства механических характеристик при управлении скоростью двигателя постоянного тока последовательного возбуждения способом изменения подводимого напряжения.
3. Для какой цели в электрической машине постоянного тока служит коллектор? Какой из конструктивных элементов двигателя постоянного тока выполняется шихтованным и зачем?
4. Приведите выражение для противо-ЭДС двигателя постоянного тока. Дайте пояснения всех составляющих.



5. С какой индукцией работает трансформатор, питающийся от промышленной сети 220 В, 50 Гц, если число витков первичной обмотки равно 500, а площадь поперечного сечения сердечника –  $10 \text{ см}^2$ ?
6. Какую скорость холостого хода имеет ротор асинхронного двигателя при питании от промышленной сети 50 Гц при числе пар полюсов, равном 1?

### **Задание К1.18**

1. Запишите результирующую передаточную функцию звена, состоящую из последовательно соединенных апериодического и форсирующего звеньев.
2. Приведите вид семейства механических характеристик при управлении скоростью двигателя постоянного тока независимого возбуждения способом изменения сопротивления якоря.
3. Запишите передаточную функцию электромашинного усилителя по управлению. Из каких типовых звеньев САУ состоит эта функция?
4. Приведите выражение для тормозного момента генератора постоянного тока. Дайте пояснения всех составляющих.
5. На какой частоте должен работать трансформатор, питающийся от сети 220 В, если число витков первичной обмотки равно 500, площадь поперечного сечения сердечника –  $10 \text{ см}^2$ , индукция 1,6 Тл.? Какой материал сердечника Вы бы предложили для такого трансформатора?
6. Какую скорость вращения имеет синхронный гидрогенератор с числом пар полюсов равном 96, если выходная частота его напряжения равна 50 Гц?

### **Задание К1.19**

1. Запишите передаточную функцию колебательного звена.
2. Приведите вид семейства механических характеристик при управлении скоростью двигателя постоянного тока независимого возбуждения способом изменения магнитного потока.

3. Представьте схему для полюсного управления двигателя постоянного тока независимого возбуждения.
4. Из каких материалов изготавливаются сердечники трансформаторов в зависимости от рабочих частот?
5. Постройте схематически векторную диаграмму для первичной обмотки трансформатора. Дайте пояснения для всех векторов.
6. Что такое скольжение асинхронного двигателя? Приведите вид математического выражения для скольжения с пояснениями всех входящих в него составляющих.

### **Задание K1.20**

1. Что такое логарифмическая фазочастотная характеристика звена САУ?
2. Приведите схему широтно-импульсного управления двигателя постоянного тока. Поясните работу схемы диаграммой.
3. Проведите сравнение полюсного и якорного управления двигателей постоянного тока.
4. Из чего состоит полная индуктивность первичной обмотки трансформатора?
5. Запишите уравнение электрического равновесия для первичной обмотки трансформатора. Дайте пояснения для всех составляющих выражения.
6. В чем состоит отличие угловой характеристики синхронного явнополюсного двигателя от неявнополюсного?

## **5. ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ №2**

### **Задание К2.1**

1. Почему синхронная машина называется «синхронной»?
2. Назовите основные режимы работы вращающегося трансформатора.
3. Приведите схему однополупериодного однофазного выпрямителя с входным трансформатором и активной нагрузкой.
4. Какой тип магнитного усилителя имеет регулировочную характеристику релейного характера?
5. Действие какого реле не зависит от направления тока в его обмотке?
6. Сформулируйте принцип дроссельного и объемного управления гидро-двигателями.

### **Задание К2.2**

1. Что из себя физически представляет угол нагрузки синхронной машины?
2. Характеризуйте синусно-косинусный режим ВТ.
3. Приведите схему однополупериодного однофазного выпрямителя с входным трансформатором с L-C фильтром и активной нагрузкой.
4. Нарисуйте схему дифференциального интегратора на операционном усилителе.
5. Для чего в трехфазном инверторе напряжения нужен компенсирующий конденсатор?
6. В каком диапазоне температур можно использовать «р-п» -переход кремниевого диода (транзистора) в качестве датчика температуры?

**Задание К2.3**

1. Приведите схему замещения асинхронного двигателя. Дайте пояснения всех параметров схемы.
2. Запишите выражение для угловой характеристики синхронной машины с пояснением всех составляющих.
3. Приведите схему мостового однофазного выпрямителя с входным трансформатором и активной нагрузкой.
4. Для чего в магнитном усилителе используется обмотка смещения?
5. У какого реле перемещение якоря зависит от направления тока в обмотке?
6. Каким звеном САР выражается передаточная функция золотника?

**Задание К2.4**

1. У какой синхронной машины индуктивные сопротивления по осям  $d$  и  $q$  различные?
2. Какую угловую скорость (об/мин) может иметь поле асинхронного двигателя при питании от сети с частотой 50 Гц?
3. Приведите схему мостового однофазного выпрямителя с входным трансформатором с L-C фильтром и активной нагрузкой.
4. Что такое коэффициент нелинейных искажения выходного сигнала усилителя?
5. В каком режиме работают транзисторы в «классическом» мостовом однофазном инверторе?
6. На каком эффекте основан принцип действия термопары?

**Задание K2.5**

1. Приведите вид механических характеристик «классического» асинхронного двигателя с беличьей клеткой.
2. Каким звеном САР по управлению является асинхронный двигатель?
3. Приведите схему однофазного выпрямителя со средней точкой при работе на L-C фильтр и активную нагрузку.
4. Что является управляющим элементом в магнитном усилителе?
5. Что такое «геркон»?
6. Каким звеном выражается передаточная функция гидродвигателя при объемном управлении?

**Задание K2.6**

1. Назовите способы регулирования скорости вращения асинхронного двигателя.
2. Каким звеном САР по управлению со стороны напряжения питания является синхронный двигатель?
3. Приведите схему трехфазного нулевого выпрямителя при работе на L-C фильтр и активную нагрузку.
4. Приведите схему инвертирующего сумматора на операционном усилителе.
5. Сформулируйте условие возврата реактивной энергии в компенсирующий конденсатор в трехфазном инверторе напряжения.
6. Какими типами датчиков можно измерить температуру в диапазоне 700-2000 °C.

**Задание K2.7**

1. В чем выражается закон частотного регулирования М.П. Костенко?
2. Характеризуйте линейный режим работы ВТ.
3. Приведите схему трехфазного мостового выпрямителя при работе на L-C фильтр и активную нагрузку.
4. Приведите общий вид выражения коэффициента передачи магнитного усилителя с положительной обратной связью по току.
5. В каком диапазоне лежит время срабатывания быстродействующих реле?
6. Каким звеном выражается передаточная функция пневмодвигателя?

**Задание K2.8**

1. Характеризуйте амплитудный способ управления асинхронного исполнительного двигателя.
2. Что такое характеристика холостого хода синхронного генератора?
3. Приведите схему трехфазного мостового выпрямителя при работе на активную нагрузку.
4. Какой теоретический КПД у двухтактного каскада усиления класса В на транзисторах?
5. Назовите основные разновидности двухтактных преобразователей на транзисторах.
6. Назовите методы измерения линейных скоростей перемещения объекта в пространстве.

**Задание К2.9**

1. Что такое критическое скольжение асинхронного двигателя?
2. Характеризуйте режим фазовращателя на ВТ
3. Приведите схему управляемого мостового однофазного выпрямителя с входным трансформатором и активной нагрузкой
4. Каким схемотехническим приемом в магнитных усилителях устраняют передачу переменной ЭДС из рабочих обмоток в обмотку управления?
5. Приведите передаточную функцию магнитного усилителя по управлению.
6. Какое реле, управляясь импульсами тока, обеспечивает удержание якоря в одном из устойчивых положений после снятия импульса?

**Задание К2.10**

1. Каким сопротивлением в схеме замещения асинхронного двигателя выражается механическая мощность на валу?
2. Характеризуйте режим преобразователя координат на ВТ.
3. Что такое угол управления управляемого выпрямителя? Поясните рисунком на примере однофазного однополупериодного выпрямителя.
4. Какой теоретический КПД у однотактного каскада усиления класса А на транзисторах?
5. Приведите схему полумостового двухтактного преобразователя на транзисторах.
6. В чем выражается прецессия чувствительного элемента гироскопического датчика?

**Задание К2.11**

1. Каким звеном САР выражается передаточная функция асинхронного исполнительного двигателя.
2. Объясните термин «частота приемистости» для шагового двигателя.
3. По какому выражению можно определить среднее значение напряжения на выходе выпрямителя при активной нагрузке?
4. На каких магнитных материалах выполняется магнитный усилитель?
5. В каком диапазоне лежит время срабатывания «нормальных» реле?
6. Приведите схему компаратора с нелинейной обратной связью.

**Задание К2.12**

1. Какие важнейшие показатели асинхронного тахогенератора Вы знаете?
2. Приведите вид механической характеристики синхронного двигателя.
3. Как можно снизить пульсации выходного напряжения на выходе выпрямителя? Приведите примеры схем.
4. У какого усилителя выходное сопротивление выше? а) с обратной связью по току; б) без обратной связи по току?
5. Какой одноконтурный преобразователь постоянного напряжения «не боится короткого замыкания»? а) прямоходовой; б) обратногоходовой?
6. Каким датчиком можно измерить тепловое излучение (температуру) объекта на расстоянии?



**Задание К2.13**

1. Что такое регулировочные характеристики синхронного генератора?
2. Какой машине переменного тока свойственны колебания скорости вращения?
3. Характеризуйте режим работы схемы синхронной связи на ВТ.
4. Как выражается электромагнитная постоянная времени обмотки управления магнитного усилителя?
5. В каком диапазоне лежит время срабатывания «медленных» реле?
6. На каком эффекте основано применение операционного усилителя?

**Задание К2.14**

1. У какого из двигателей переменного тока – синхронного или асинхронного при включении в сеть переменного тока среднее значение пускового момента равно нулю?
2. Характеризуйте индикаторный режим работы сельсинов.
3. Чем можно охарактеризовать степень пульсации напряжения выпрямителя?
4. Какую функцию в однотактных преобразователях постоянного напряжения несет рекуперационная обмотка?
5. Дайте определение «инвертора» и «конвертора».
6. Какой принцип заложен в основу действия пьезоэлектрического манометра? Что такое «магнитоупругий эффект»?

**Задание К2.15**

1. По какому выражению можно рассчитать число витков фазы статора асинхронного двигателя?
2. Что такое угол нагрузки синхронной машины?
3. Чем можно охарактеризовать сглаживающие свойства фильтра, включенного на выходе выпрямителя?
4. Приведите общий вид выражения коэффициента передачи магнитного усилителя с отрицательной обратной связью по току.
5. Какой ток (постоянный или переменный) сложнее коммутировать с помощью электромагнитных реле? Почему?
6. У какого усилителя выходное сопротивление выше? а) с обратной связью по току; б) с обратной связью по напряжению?

**Задание К2.16**

1. Какая специальная электрическая машина переменного тока предназначена для измерения скорости вращения? Приведите ее схему.
2. Приведите примеры сглаживающих фильтров.
3. Характеризуйте трансформаторный режим передачи сельсинов.
4. Какую функцию несут в мостовых преобразователях обратные диоды?
5. Дайте определение «датчика» и его «чувствительности».
6. Из чего изготавливаются полупроводниковые терморезисторы? Приведите выражение для определения сопротивления полупроводникового терморезистора от температуры.

**Задание К2.17**

1. Нарисуйте векторную диаграмму асинхронного двигателя по его схеме замещения.
2. Приведите трехфазную схему выпрямления А.Н. Ларионова при работе на активно-индуктивную нагрузку.
3. Какая из информационных электрических машин точнее - ВТ или сельсин?
4. Приведите регулировочную характеристику реверсивного дифференциального магнитного усилителя.
5. Приведите семейство механических характеристик гидродвигателя при объемном способе управления.
6. Что такое коэффициент возврата реле?

**Задание К2.18**

1. Какие основные схемы синхронных генераторов Вы знаете?
2. В каком диапазоне углов поворота ротора работает линейный ВТ?
3. Какой тип нагрузки считается для выпрямителя наиболее неблагоприятным? Поясните графиком.
4. В каких схемах двухтактных преобразователей постоянного напряжения к силовым транзисторным ключам в закрытом состоянии прикладывается двойное напряжение?
5. В каких режимах может работать фотодиод?
6. Чем измеряется линейное ускорение объектов?

**Задание К2.19**

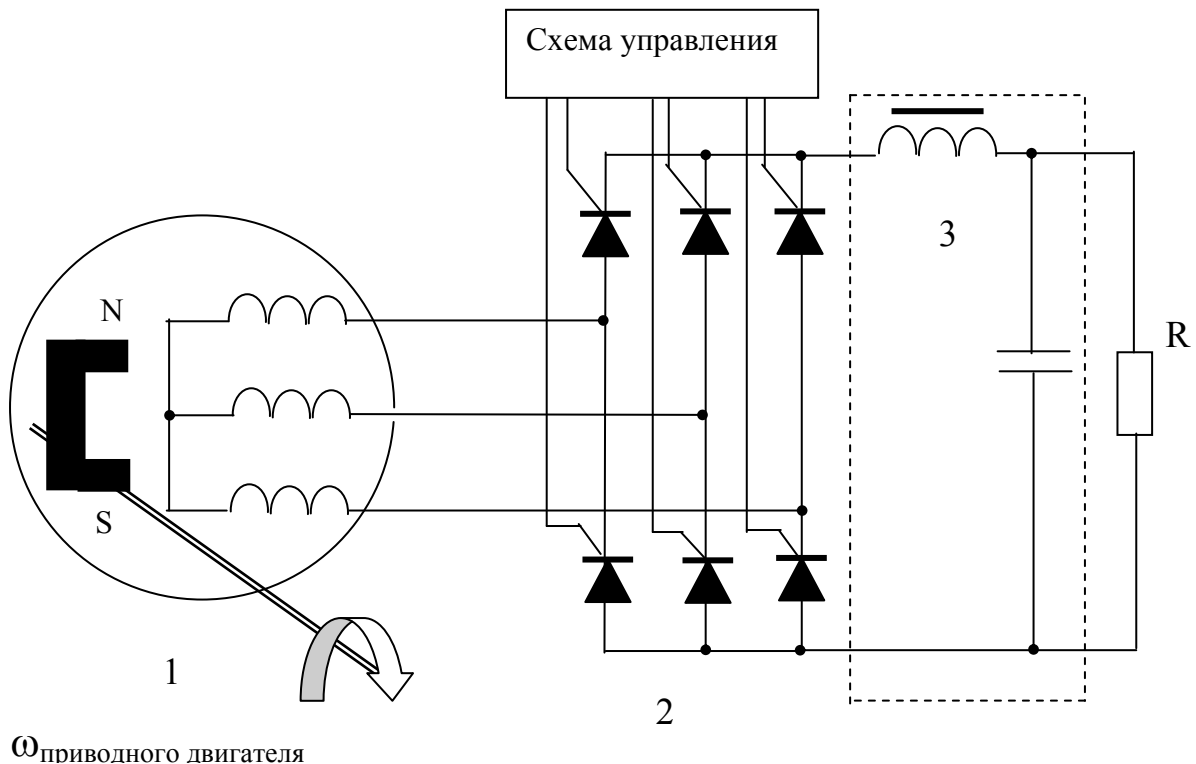
1. В чем заключается режим «перевозбуждения» синхронно-гистерезисного двигателя?
2. Какую угловую скорость (об/мин) может иметь поле асинхронного двигателя при питании от сети с частотой 50 Гц?
3. Приведите схему однополупериодного однофазного выпрямителя с входным трансформатором с L-С фильтром и активной нагрузкой.
4. Приведите выражение для внешней характеристики управляемого выпрямителя с пояснением всех составляющих .
5. Приведите семейство регулировочных характеристик гидродвигателя при объемном способе управления.
6. Какой полупроводниковый элемент используется в параметрическом стабилизаторе напряжения?

**Задание К2.20**

1. Приведите вид механических характеристик «классического» асинхронного двигателя с беличьей клеткой.
2. Какой машине переменного тока свойственны колебания скорости вращения?
3. На какое обратное напряжение выбирается диод в двухполупериодной схеме выпрямления со средней точкой?
4. Назовите две разновидности преобразователей постоянного напряжения по способу управления силовыми ключами.
5. Для чего применяется индукционный расходомер?
6. Для чего предназначен дифференциальный сельсин?

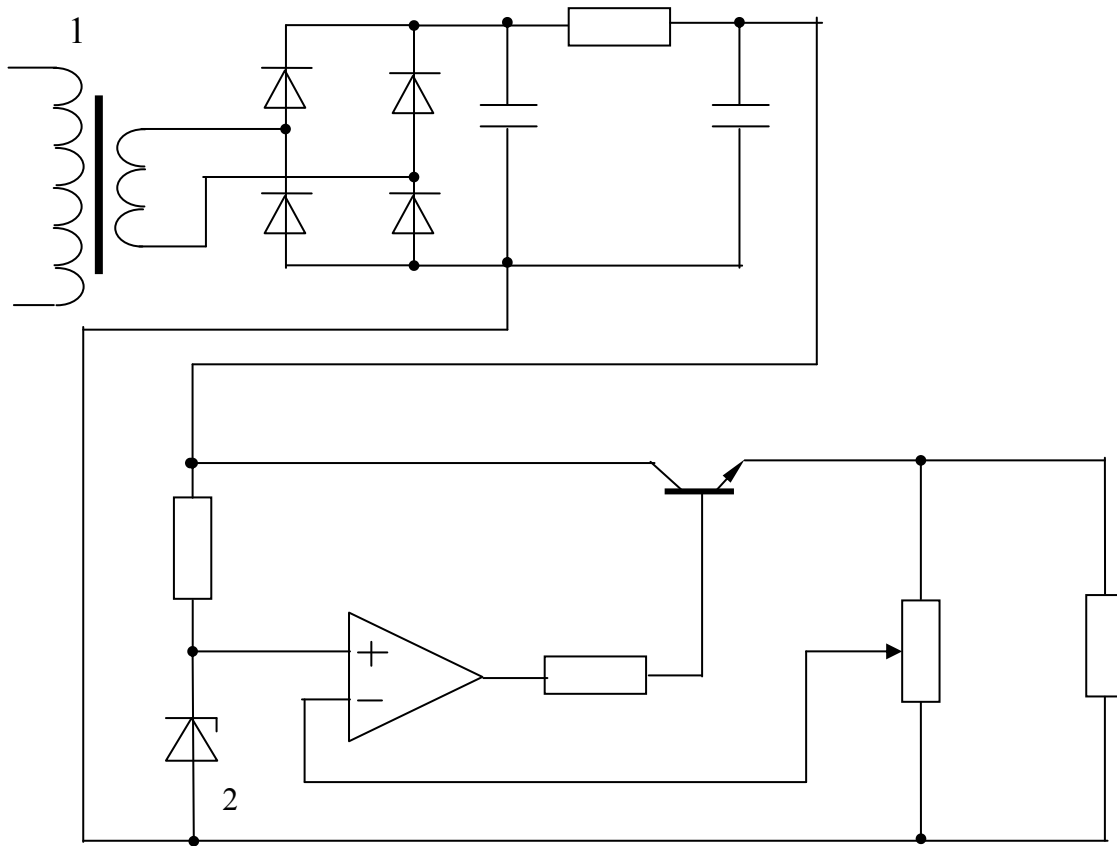
## ВАРИАНТЫ СХЕМ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ №2

### К заданию К2.1



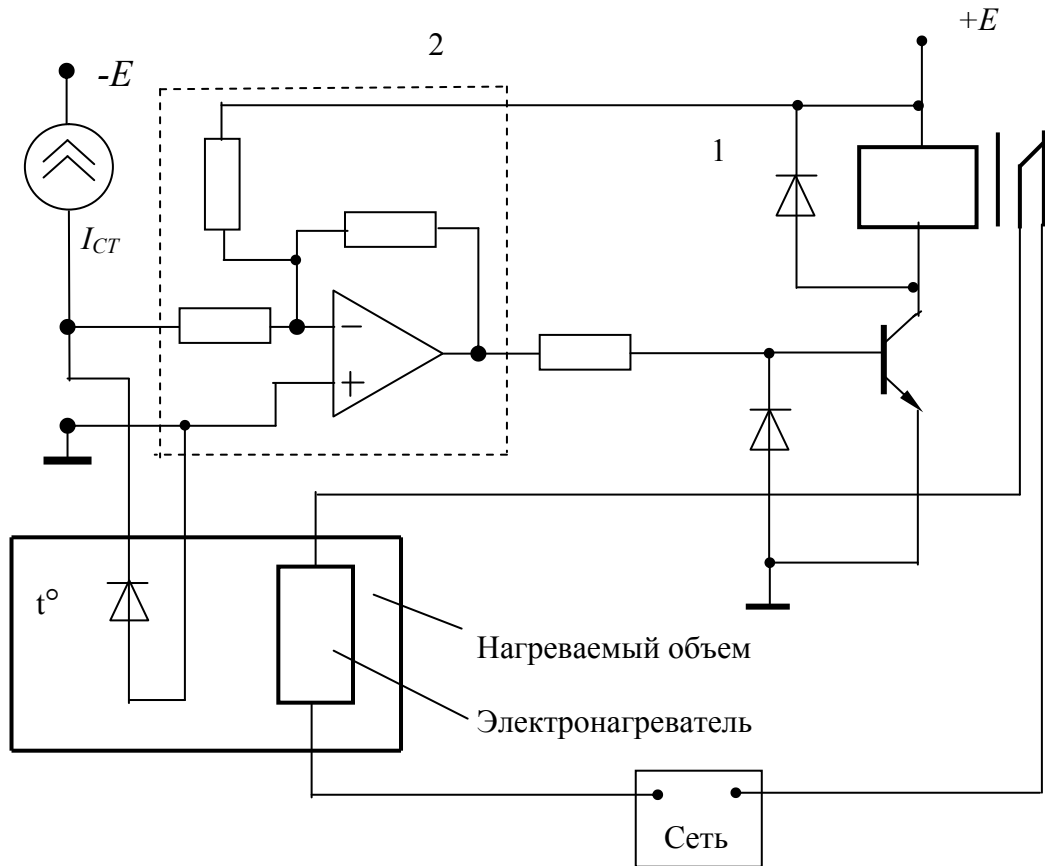
1. Охарактеризуйте общее назначение изображенной схемы. Для чего она может служить? Опишите принцип действия.
2. Какие элементы и устройства входят в данную схему? Перерисуйте схему и расставьте обозначения элементов.
3. Какое устройство в схеме выполняет функцию регулирующего органа?
4. Для чего нужно устройство, составленное из элементов 3?
5. Каким звеном САР является устройство 1 при возмущении со стороны нагрузки  $R$ ?

## К заданию К2.2



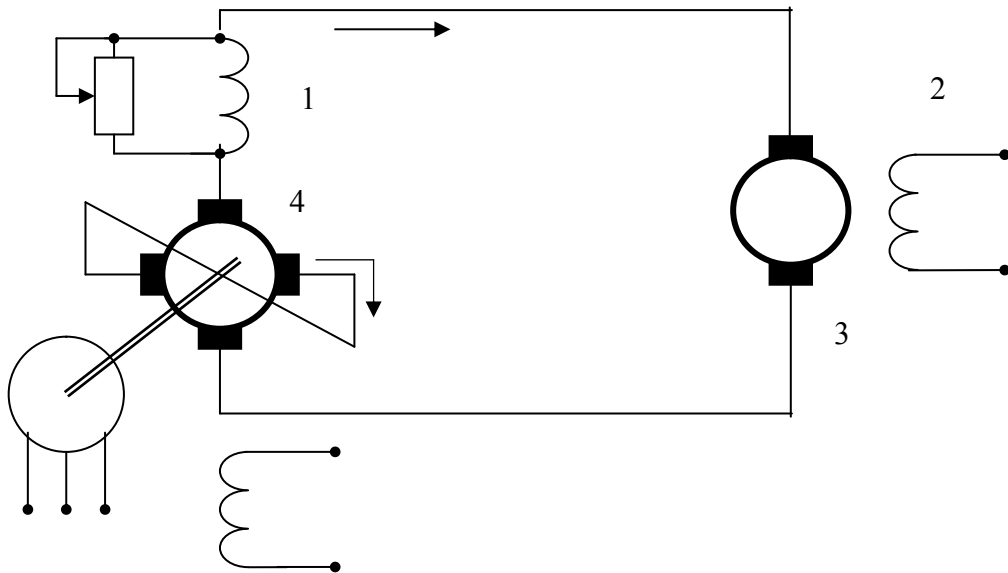
1. Охарактеризуйте общее назначение изображенной схемы. Для чего она может служить? Изложите принцип действия.
2. Какие элементы и устройства входят в данную схему? Перерисуйте схему и расставьте обозначения элементов.
3. Какое устройство в схеме выполняет функцию регулирующего элемента?
4. Рассчитайте число витков первичной обмотки устройства 1, если напряжение питания составляет 220 В, частота 50 Гц; индукция 1,0 Тл; сечение магнитопровода 20 см<sup>2</sup>; обмоточный коэффициент 0,9.
5. Для чего нужен элемент 2?
6. Чем определяется стабильность выходного напряжения представленной схемы?

## К заданию К2.3



1. Охарактеризуйте общее назначение изображенной схемы. Для чего она может служить? Изложите принцип действия.
2. Какие элементы и устройства входят в данную схему? Перерисуйте схему и расставьте обозначения элементов.
3. Какое устройство в схеме выполняет функцию регулирующего органа?
4. Какое устройство в схеме выполняет функцию чувствительного элемента? Для чего служит элемент 1?
6. Что представляет собой устройство 2?

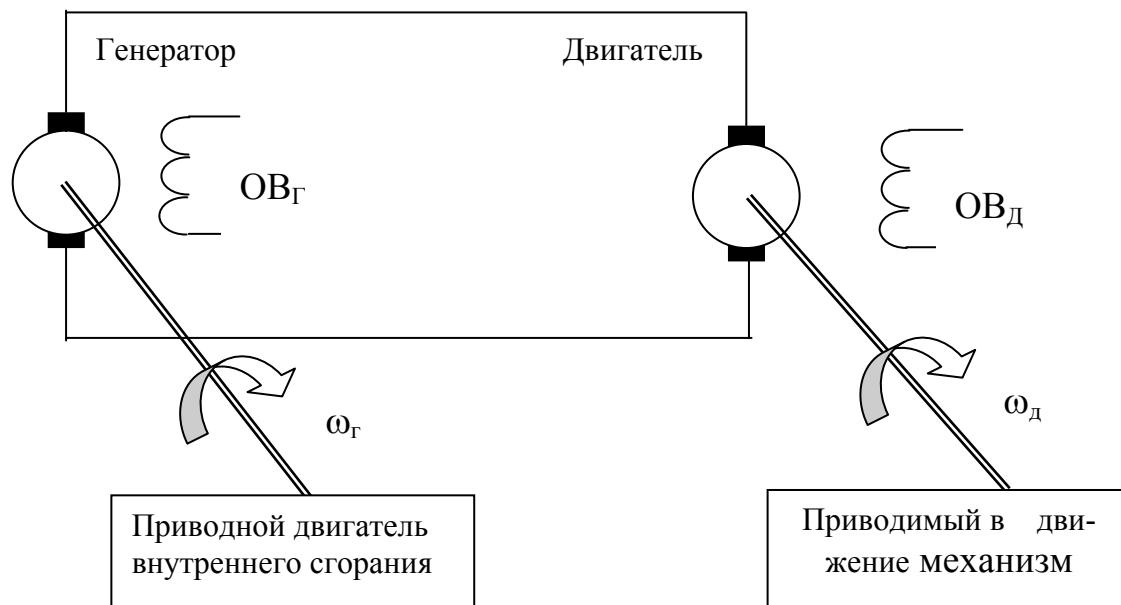
## К заданию К2.4



1. Охарактеризуйте общее назначение изображенной схемы. Для чего она может служить? Опишите принцип работы.
2. Какие элементы и устройства входят в данную схему? Перерисуйте схему и расставьте обозначения элементов.
3. Какое устройство в схеме выполняет функцию усилительно-регулирующего органа? Где управляющий вход схемы?
4. Для чего нужны обмотки 1 и 2?
5. Какой способ управления устройством 3 реализует данная схема?
6. Запишите передаточную функцию устройства 4 по управлению.

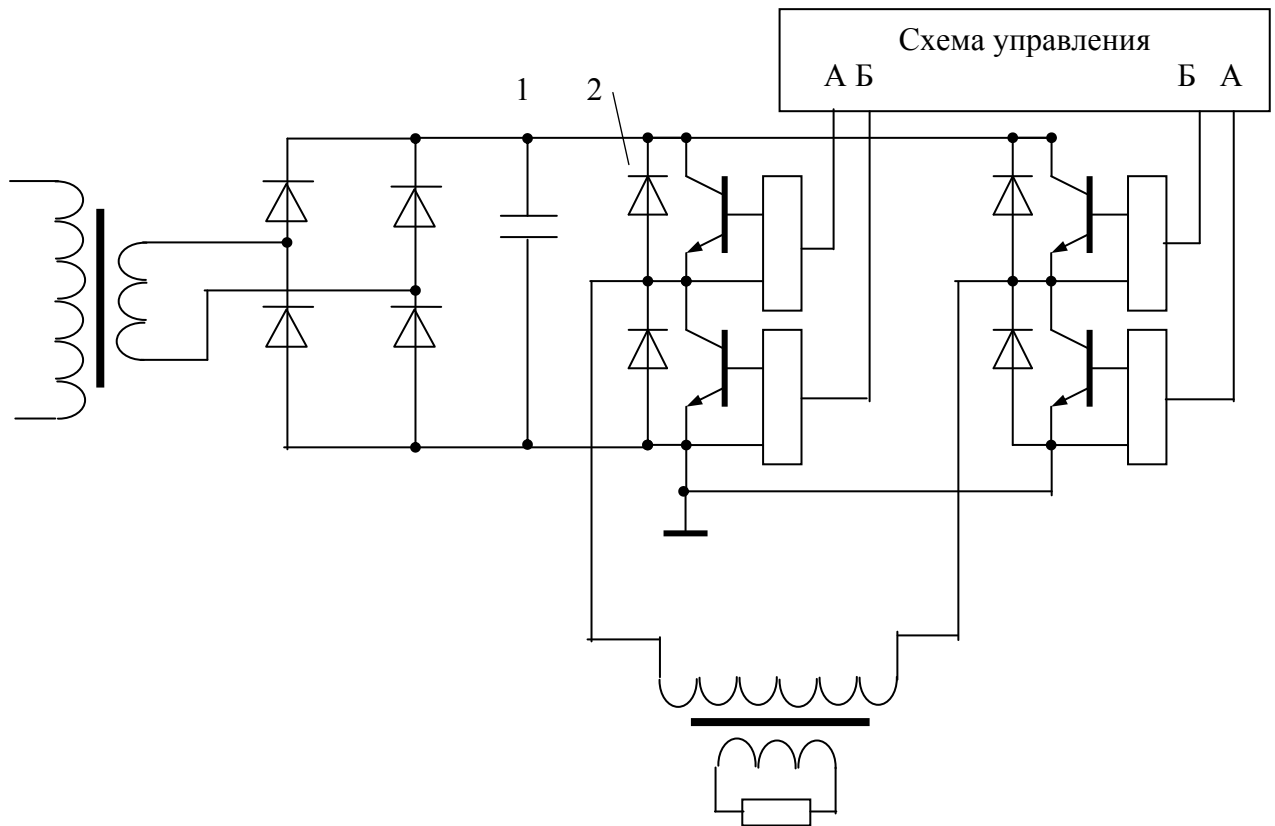


## К заданию К2.5



1. Охарактеризуйте общее назначение изображенной схемы. Для чего она может служить? Изложите принцип действия.
2. Какие элементы и устройства входят в данную схему?
3. Как можно регулировать в представленной схеме скорость вращения двигателя постоянного тока?
4. Запишите передаточную функцию всей системы по управлению, считая входом  $ОВ_{Г}$ , выходом – скорость вращения двигателя постоянного тока при постоянстве тока  $ОВ_{Д}$ .

## К заданию К2.6



1. Охарактеризуйте общее назначение изображенной схемы. Изложите принцип действия.
2. Какие элементы и устройства входят в данную схему?
3. Приведите форму выходного напряжения и тока при работе на активно-индуктивную нагрузку, если схема управления формирует прямоугольные сигналы управления (рис.1).

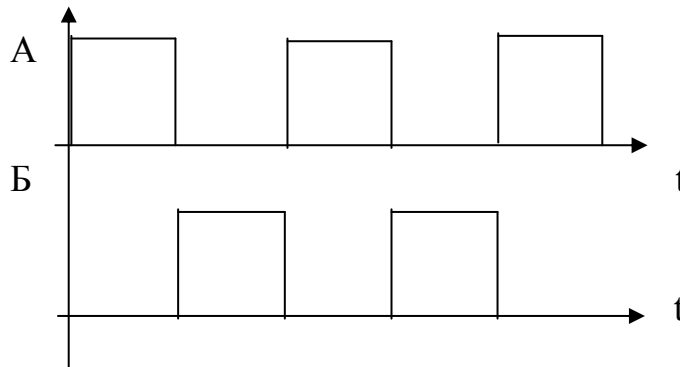
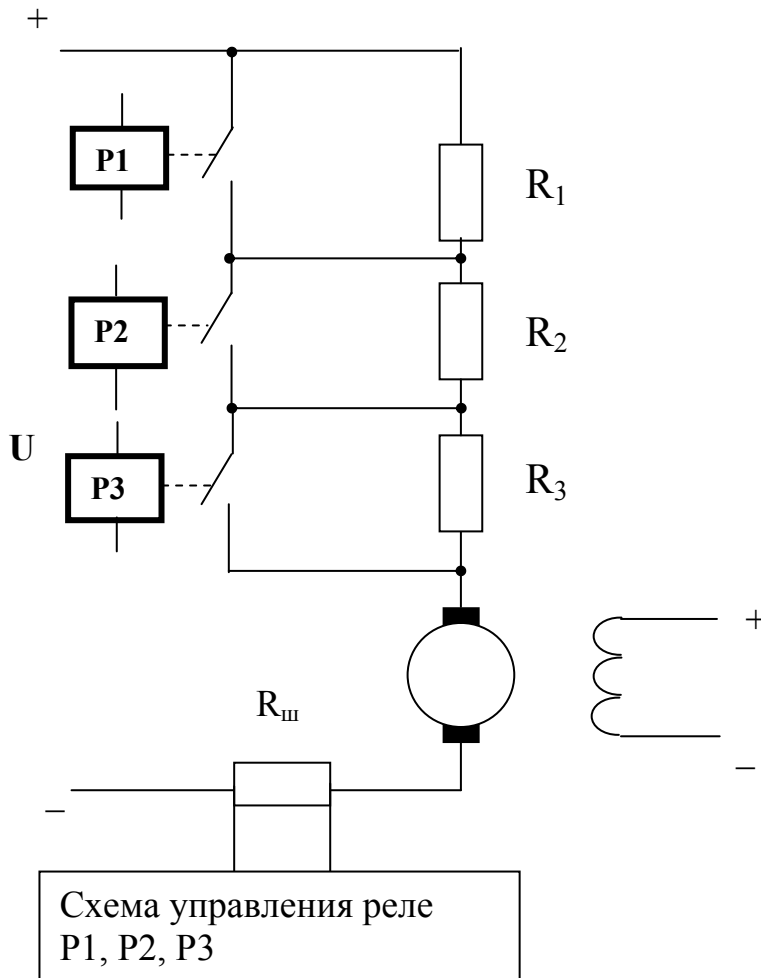


Рис.1.

4. Для чего нужен элемент 1 и элементы 2?

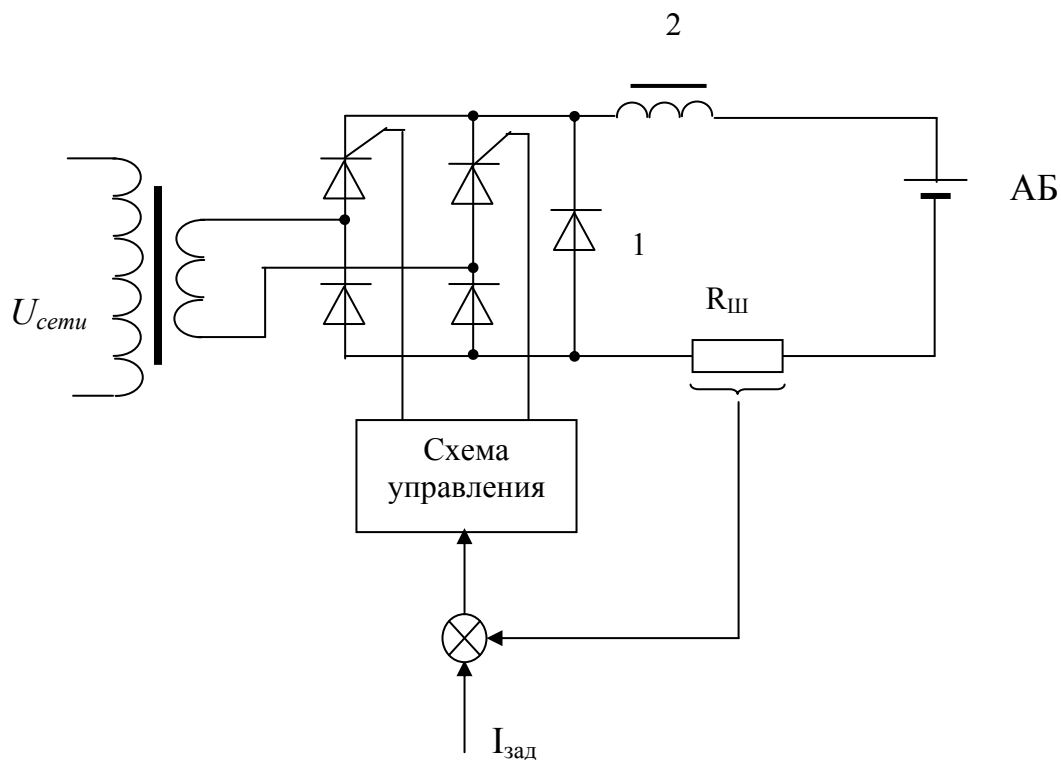
## К заданию К2.7



На рисунке приведена схема пуска двигателя постоянного тока в функции тока якоря.

1. Поясните принцип работы схемы.
2. Проиллюстрируйте процесс пуска двигателя семейством механических характеристик.
3. По какой причине подключение мощных двигателей постоянного тока непосредственно к питающей сети не производится? Ответ дополните пояснениями с помощью формул.

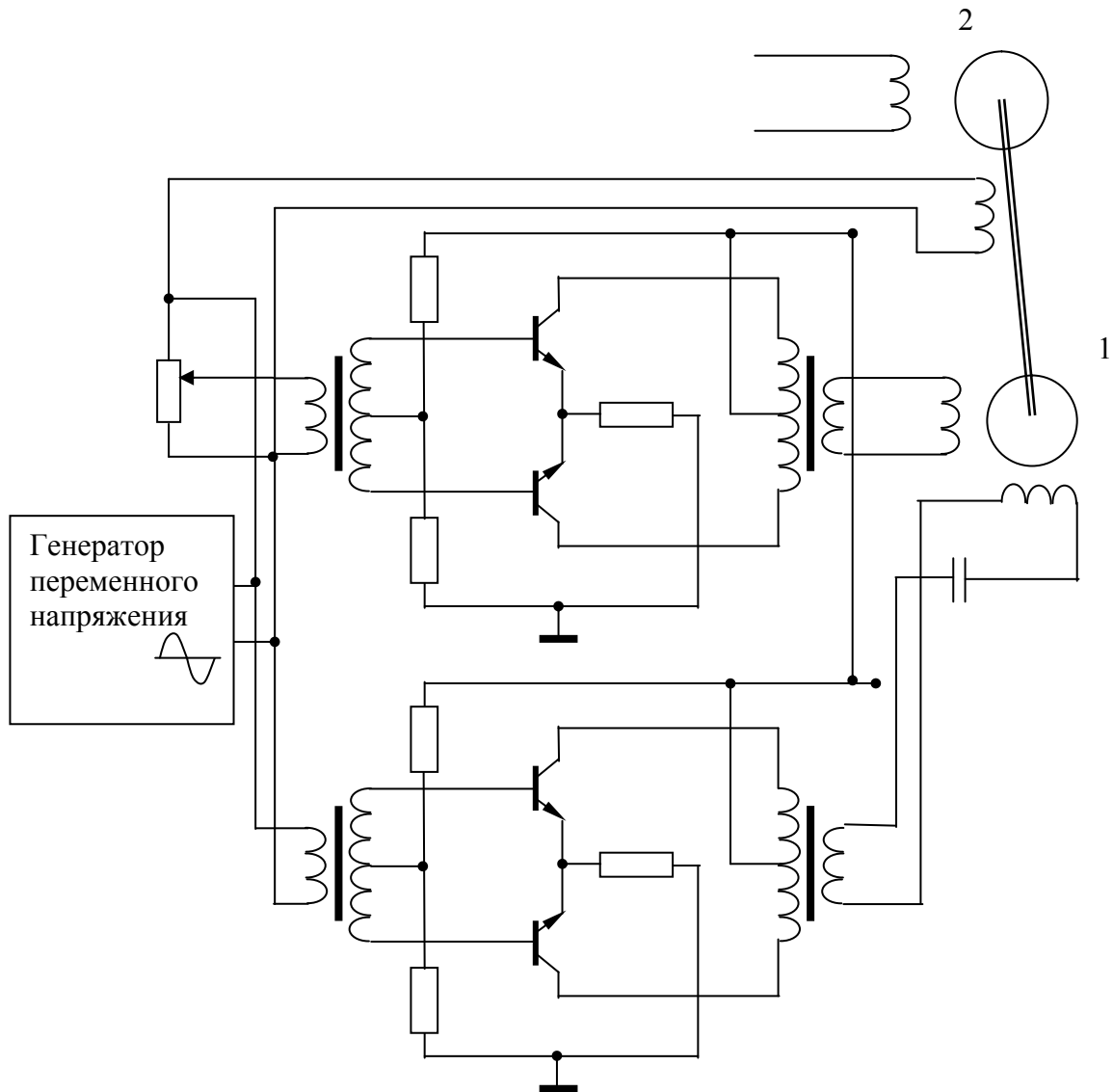
## К заданию К2.8



На рисунке представлена схема заряда аккумуляторной батареи в режиме стабилизации тока. По мере заряда напряжение на АБ повышается.

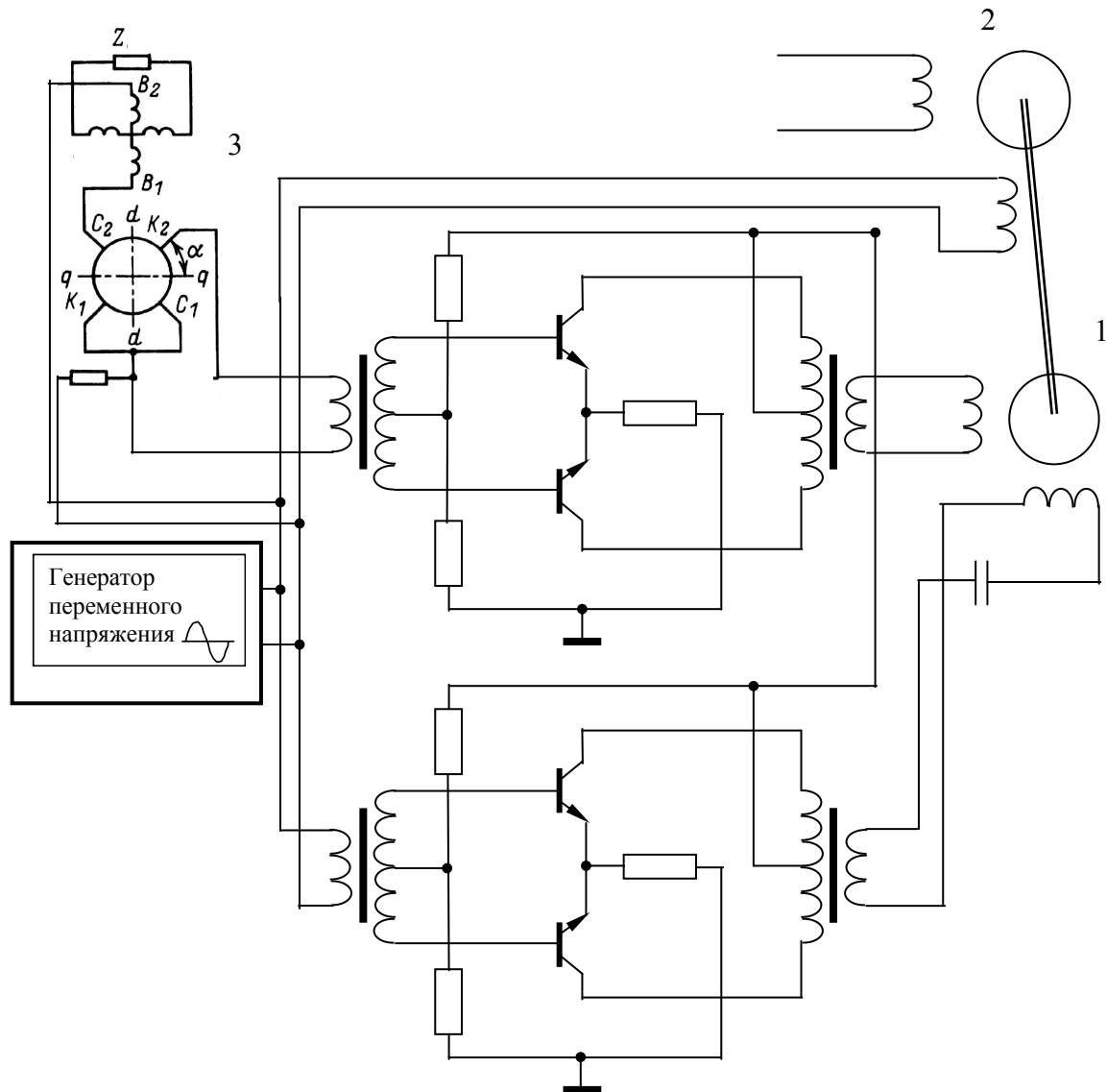
1. Опишите принцип действия представленной схемы.
2. Из каких элементов и устройств она состоит?
3. Для чего служат элементы 1 и 2?
4. Какое устройство в схеме является регулирующим органом?
5. Покажите на графике, как будет изменяться форма выходного напряжения на выходе регулирующего органа, если учесть, что по мере заряда напряжение на АБ повышается.

## К заданию К2.9



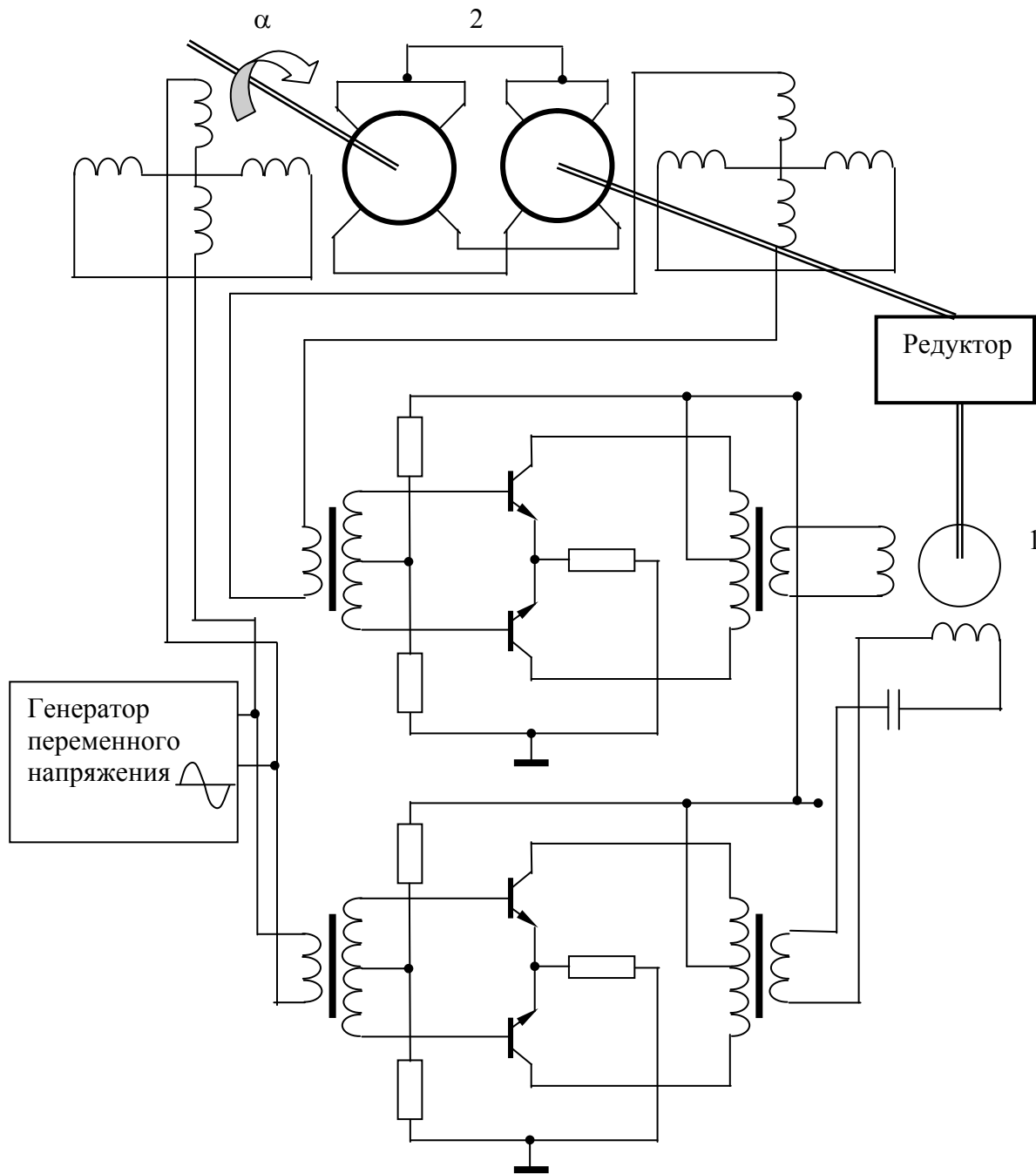
1. Опишите принцип действия представленной схемы.
2. Из каких элементов и устройств она состоит?
3. Для чего служит устройство 2? Где его вход и выход? Назовите две его важнейшие характеристики.
4. Какой способ управления положен в основу управления устройством 1?
5. Приведите вид регулировочных характеристик устройства 1 при данном способе управления.

## К заданию К2.10



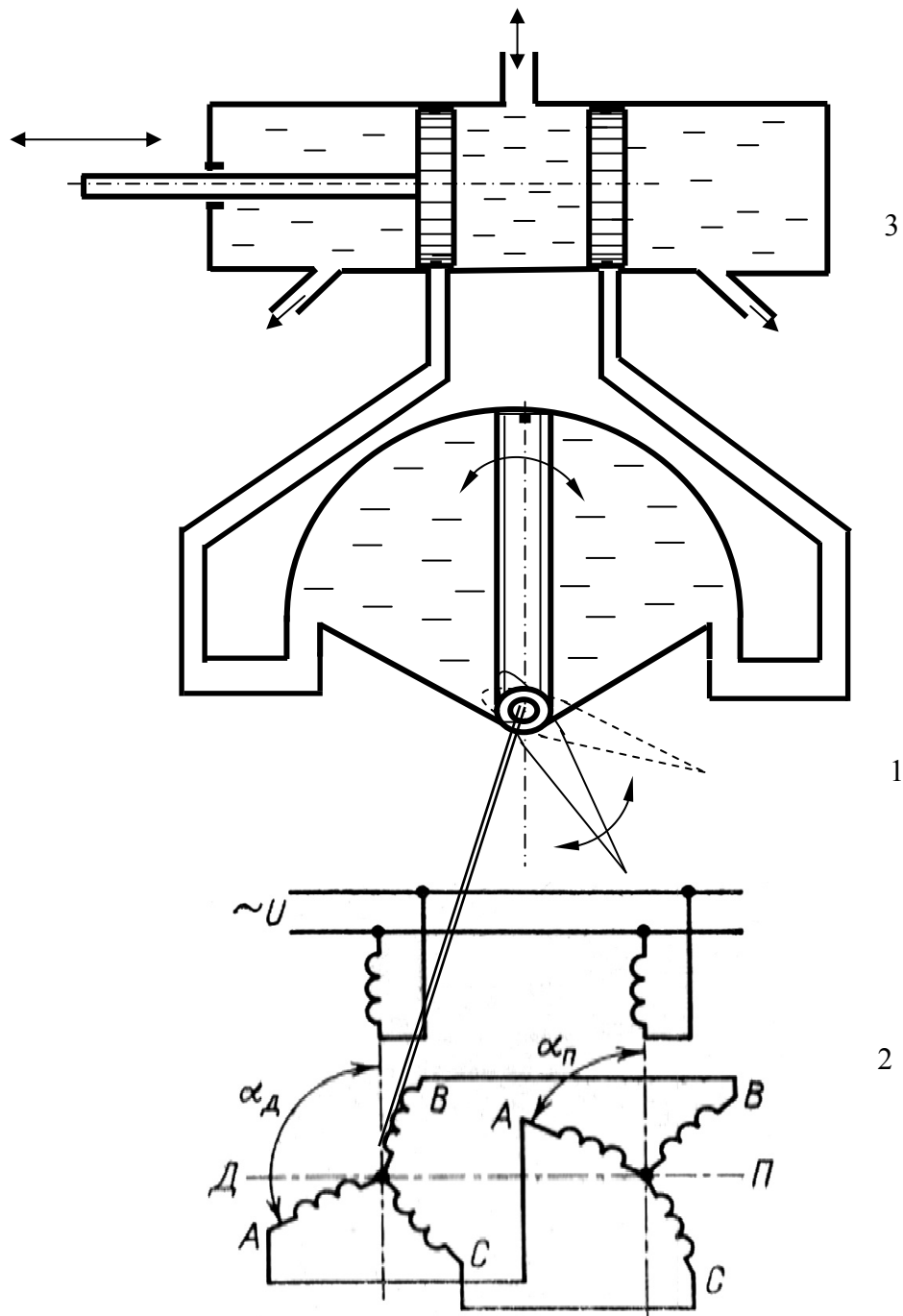
1. Опишите принцип действия представленной схемы.
2. Из каких элементов и устройств она состоит?
3. Для чего служит устройство 2? Назовите две его важнейшие характеристики.
4. Какой способ управления положен в основу управления устройством 1?
5. Приведите вид регулировочных характеристик устройства 1 при данном способе управления.
6. В каком режиме работает устройство 3?

## К заданию 2.11



1. Опишите принцип действия представленной схемы.
2. Из каких элементов и устройств она состоит?
3. Для чего служит устройство 2? Где его вход и выход?
4. Какой способ управления положен в основу управления устройством 1?
5. Приведите вид регулировочных характеристик устройства 1 при данном способе управления.

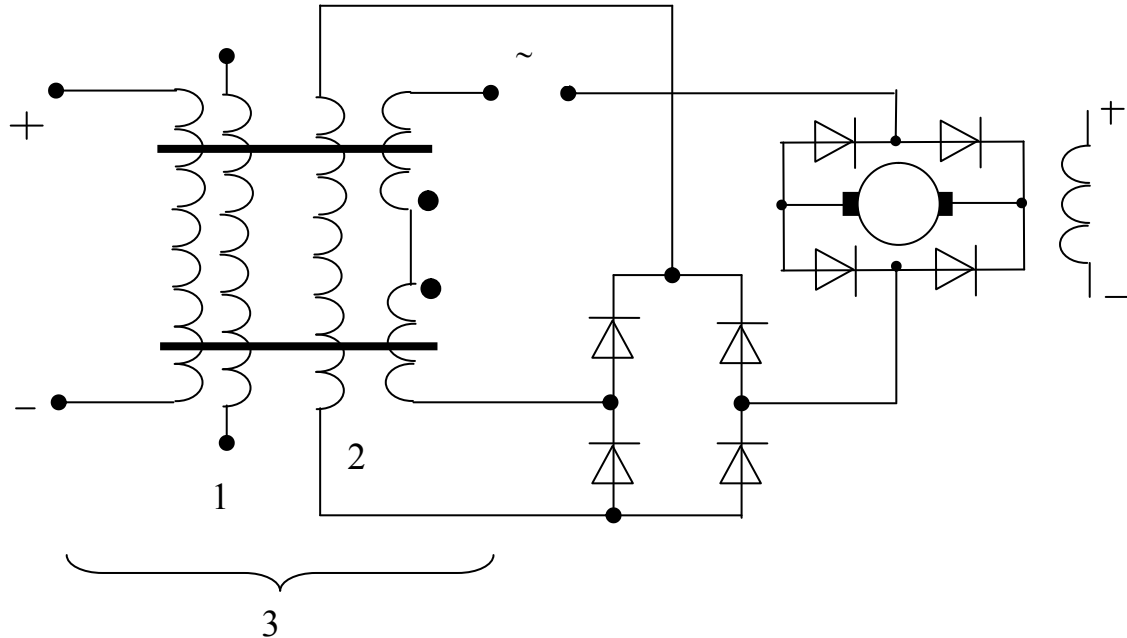
## К заданию К2.12



1. Опишите принцип действия представленной схемы.
2. Из каких элементов и устройств она состоит? Где осуществляется управляющее воздействие?
3. Для чего служит устройство 2? Где его вход и выход?
4. Какой способ управления положен в основу управления устройством 1?
5. Приведите вид статических характеристик устройства 3 и его передаточную функцию.

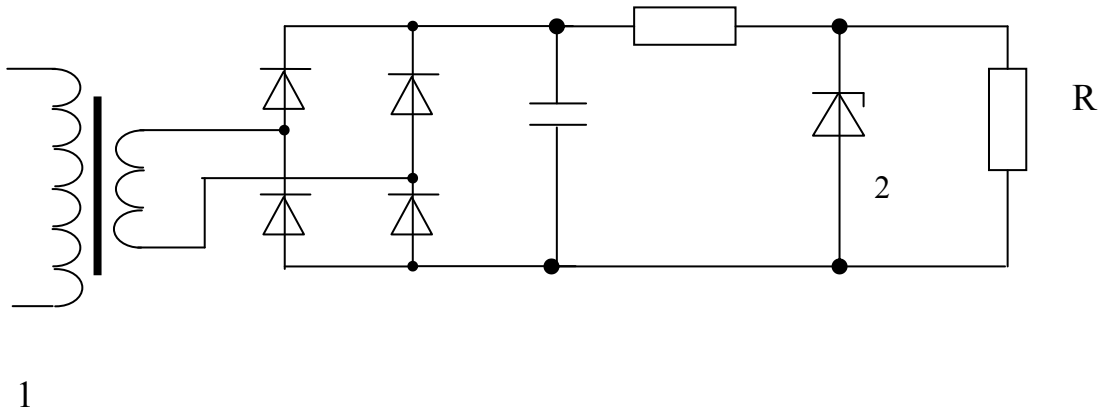


## К заданию К2.13



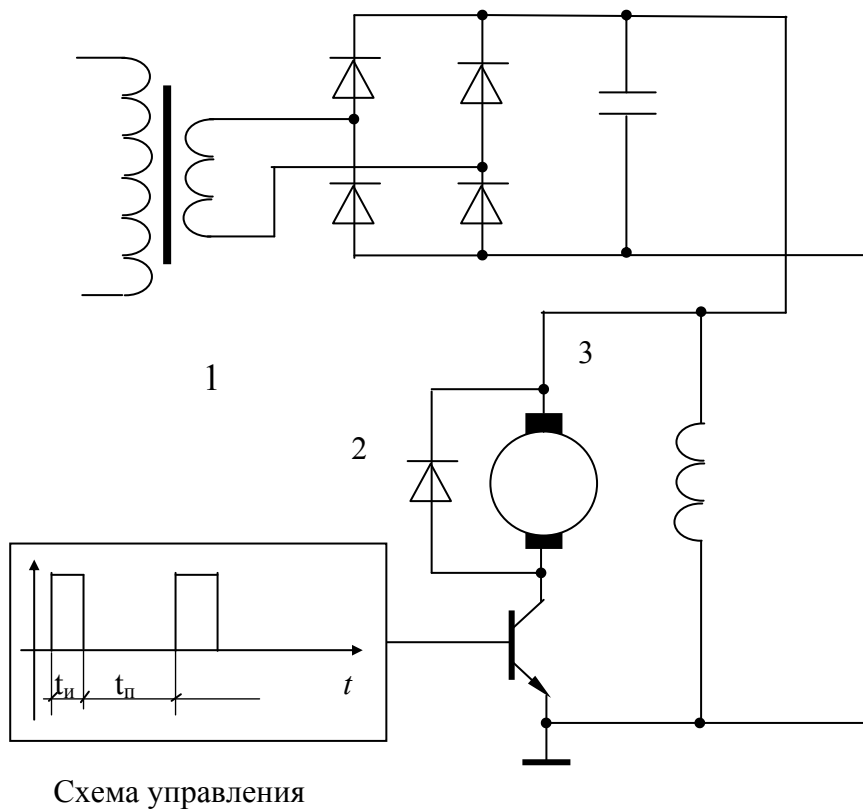
1. Охарактеризуйте общее назначение изображенной схемы. Для чего она служит? Опишите принцип ее действия.
2. Какие элементы и устройства входят в данную схему? Перерисуйте схему и расставьте обозначения элементов.
3. Какое устройство в схеме выполняет функцию регулирующего органа? Где управляющий вход схемы?
4. Для чего нужны обмотки 1 и 2?
5. Каким звеном САУ является устройство 3 по управляющему напряжению?

## К заданию К2.14



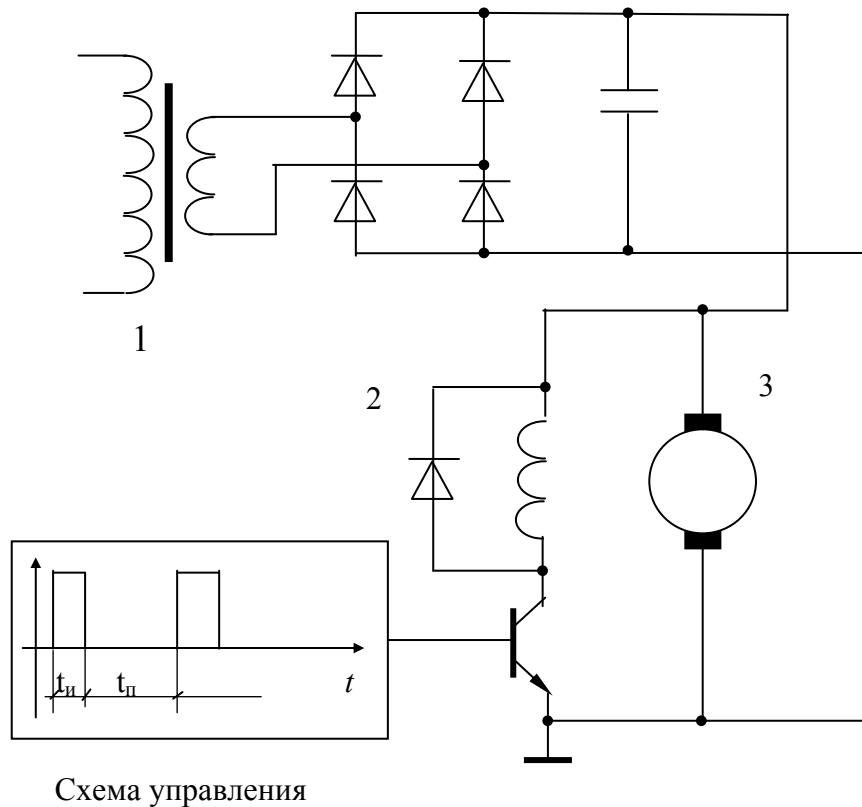
1. Охарактеризуйте общее назначение изображенной схемы. Для чего она служит? Опишите принцип ее действия.
2. Какие элементы и устройства входят в данную схему? Перерисуйте схему и расставьте обозначения элементов.
3. Какое устройство в схеме выполняет функцию регулирующего элемента?
4. Рассчитайте число витков первичной обмотки устройства 1, если напряжение питания составляет 220 В, частота 50 Гц; индукция 1,5 Тл; сечение магнитопровода  $10 \text{ см}^2$ ; обмоточный коэффициент 0,9.
5. Приведите статическую характеристику элемента 2.

## К заданию К2.15



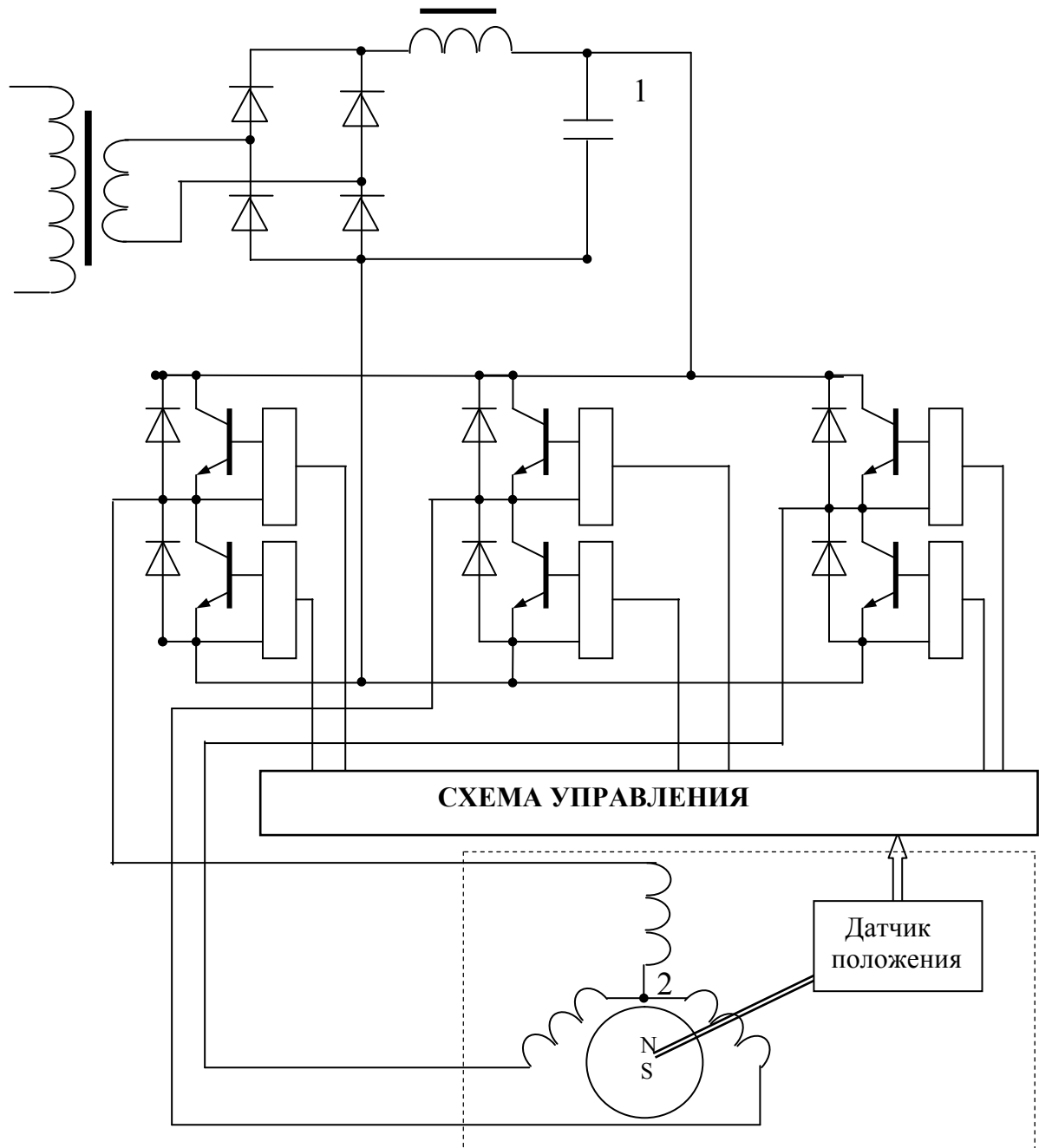
1. Охарактеризуйте общее назначение изображенной схемы. Для чего она служит? Изложите принцип действия.
2. Какие элементы и устройства входят в данную схему? Перерисуйте схему и расставьте обозначения элементов.
3. Какое устройство в схеме выполняет функцию регулирующего элемента?
4. Рассчитайте число витков первичной обмотки устройства 1, если напряжение питания составляет 220 В, частота 400 Гц; индукция 1,5 Тл; сечение магнитопровода 12 см<sup>2</sup>; обмоточный коэффициент 0,9.
5. Какой способ управления для устройства 3 использован в данной схеме?
6. Приведите регулировочные характеристики устройства 3.
7. Для чего нужен элемент 2?

## К заданию К2.16



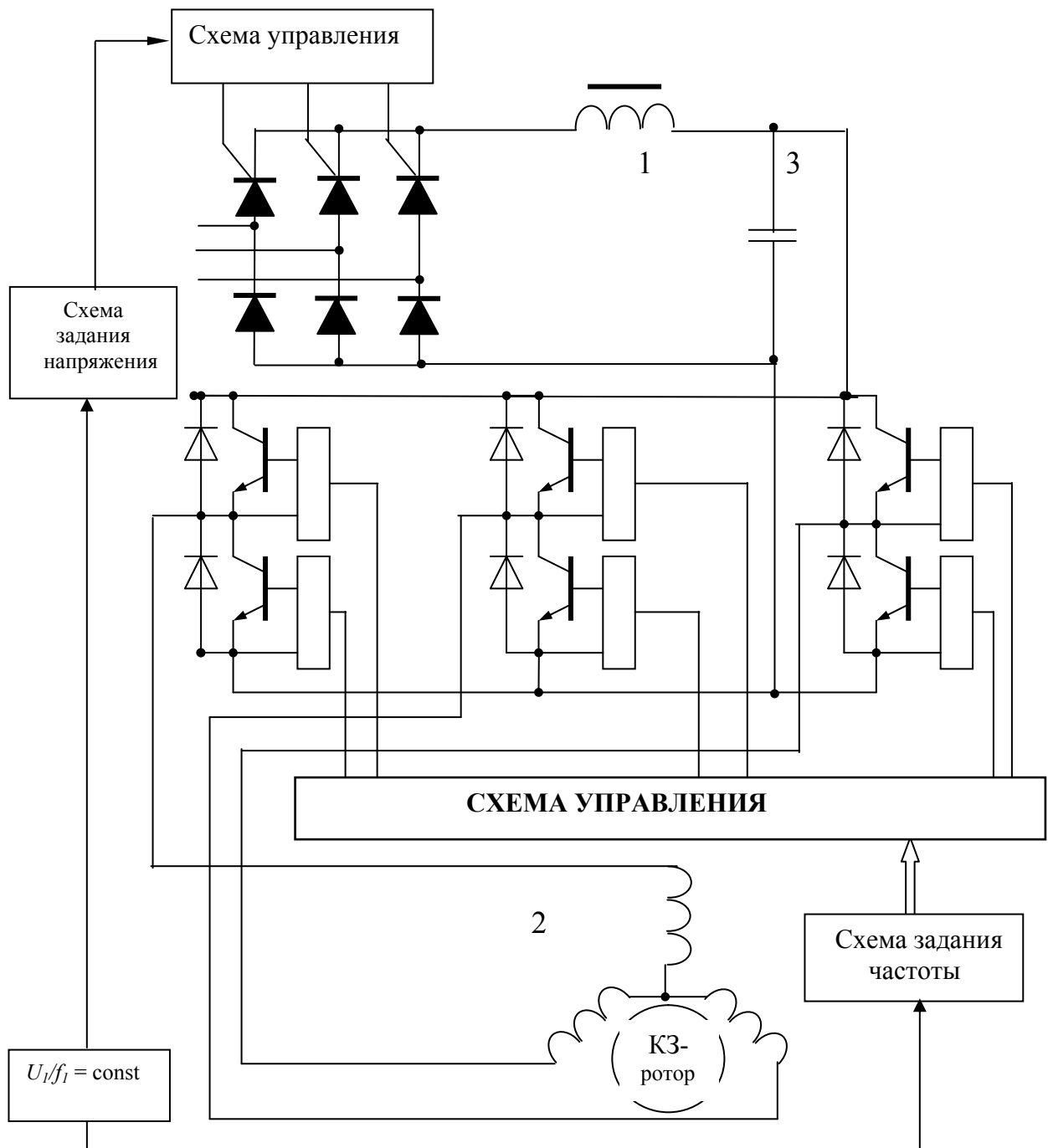
1. Охарактеризуйте общее назначение изображенной схемы. Для чего она служит? Изложите принцип действия.
2. Какие элементы и устройства входят в данную схему? Перерисуйте схему и расставьте обозначения элементов.
3. Какое устройство в схеме выполняет функцию регулирующего элемента?
4. Рассчитайте число витков первичной обмотки устройства 1, если напряжение питания составляет 220 В, частота 50 Гц; индукция 1,5 Тл; сечение магнитопровода 12 см<sup>2</sup>; обмоточный коэффициент 0,9.
5. Какой способ управления для устройства 3 использован в данной схеме?
6. Для чего служит элемент 2?
7. Приведите регулировочные характеристики устройства 3.

## К заданию К2.17



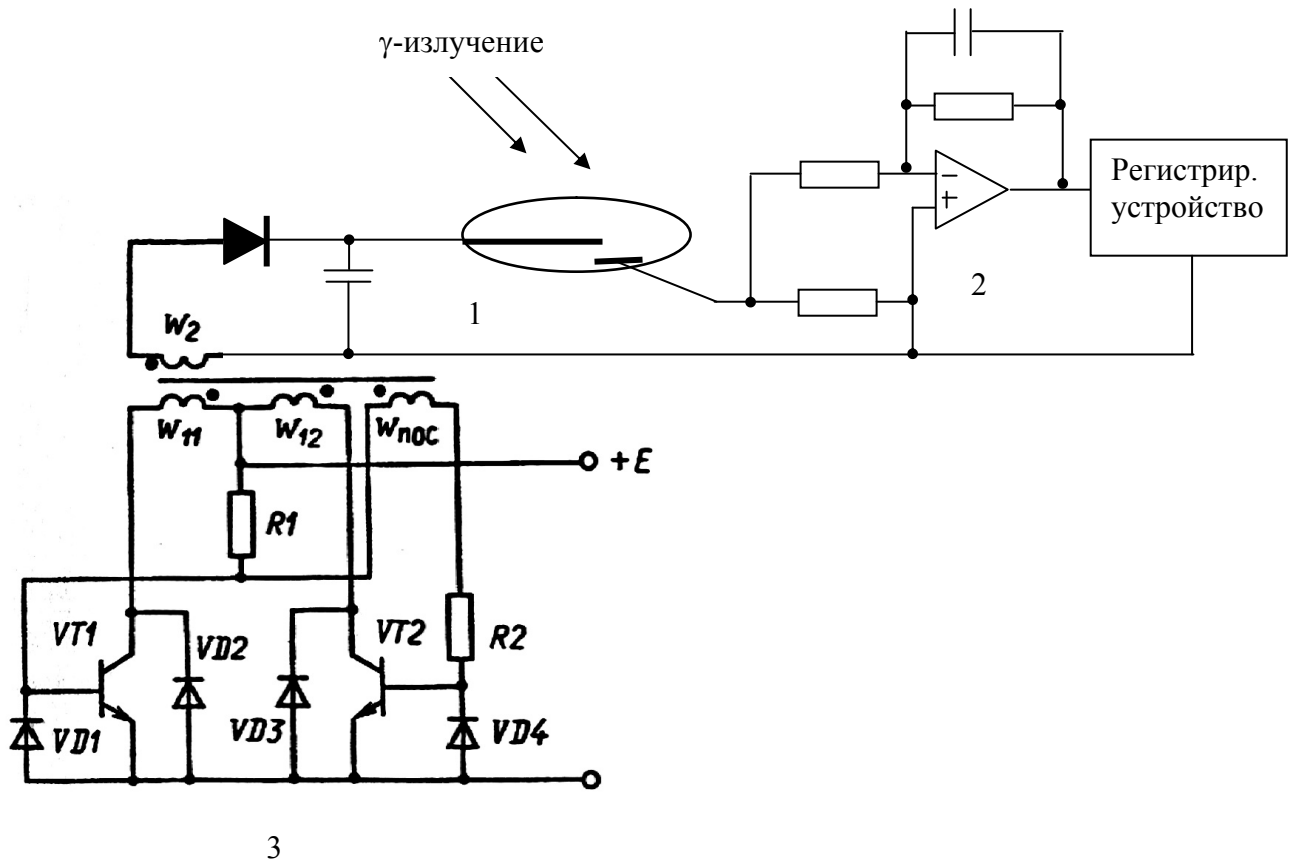
1. Охарактеризуйте общее назначение изображенной схемы.
2. Изложите принцип действия.
3. Какие элементы и устройства входят в данную схему?
4. Приведите вид механической характеристики элемента 2.
5. Для чего нужен элемент 1?

## К заданию К2.18



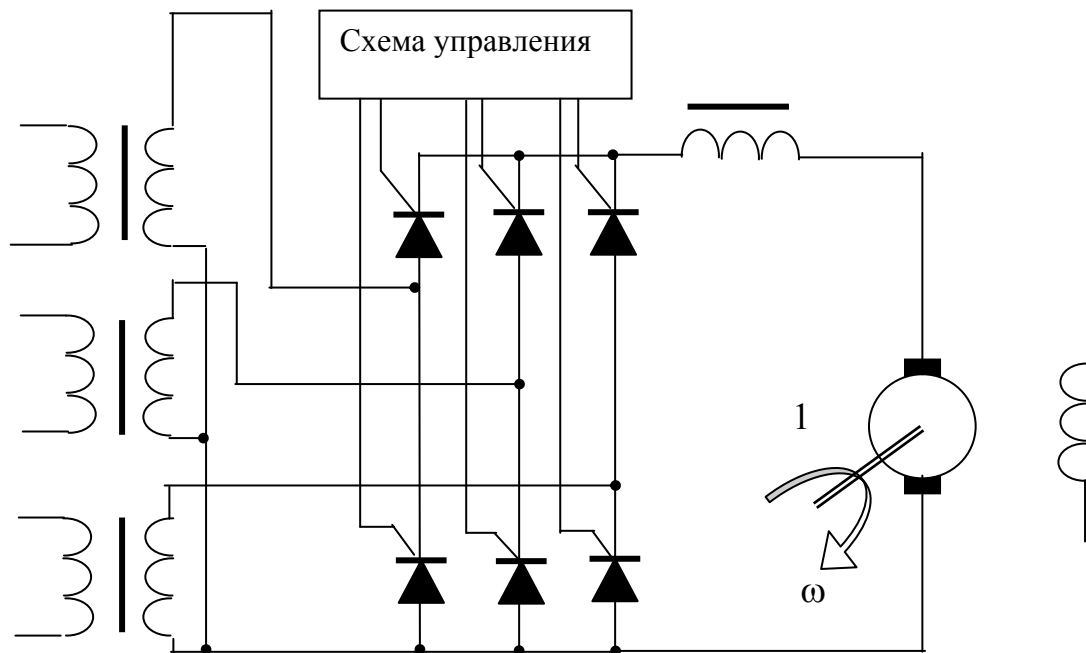
1. Охарактеризуйте общее назначение изображенной схемы. Изложите принцип действия.
2. Какие элементы и устройства входят в данную схему.
3. Для чего нужны элементы 1 и 3?
4. По какому закону осуществлена связь напряжения и частоты управления?
5. Приведите семейство механических характеристик элемента 2 при данном законе управления.

## К заданию К2.19



1. Охарактеризуйте общее назначение изображенной схемы. Изложите принцип действия.
2. Какие элементы и устройства входят в данную схему? Перерисуйте схему и расставьте обозначения элементов.
3. На каком принципе основано действие элемента 1?
4. Для чего служит устройство 2? 3?

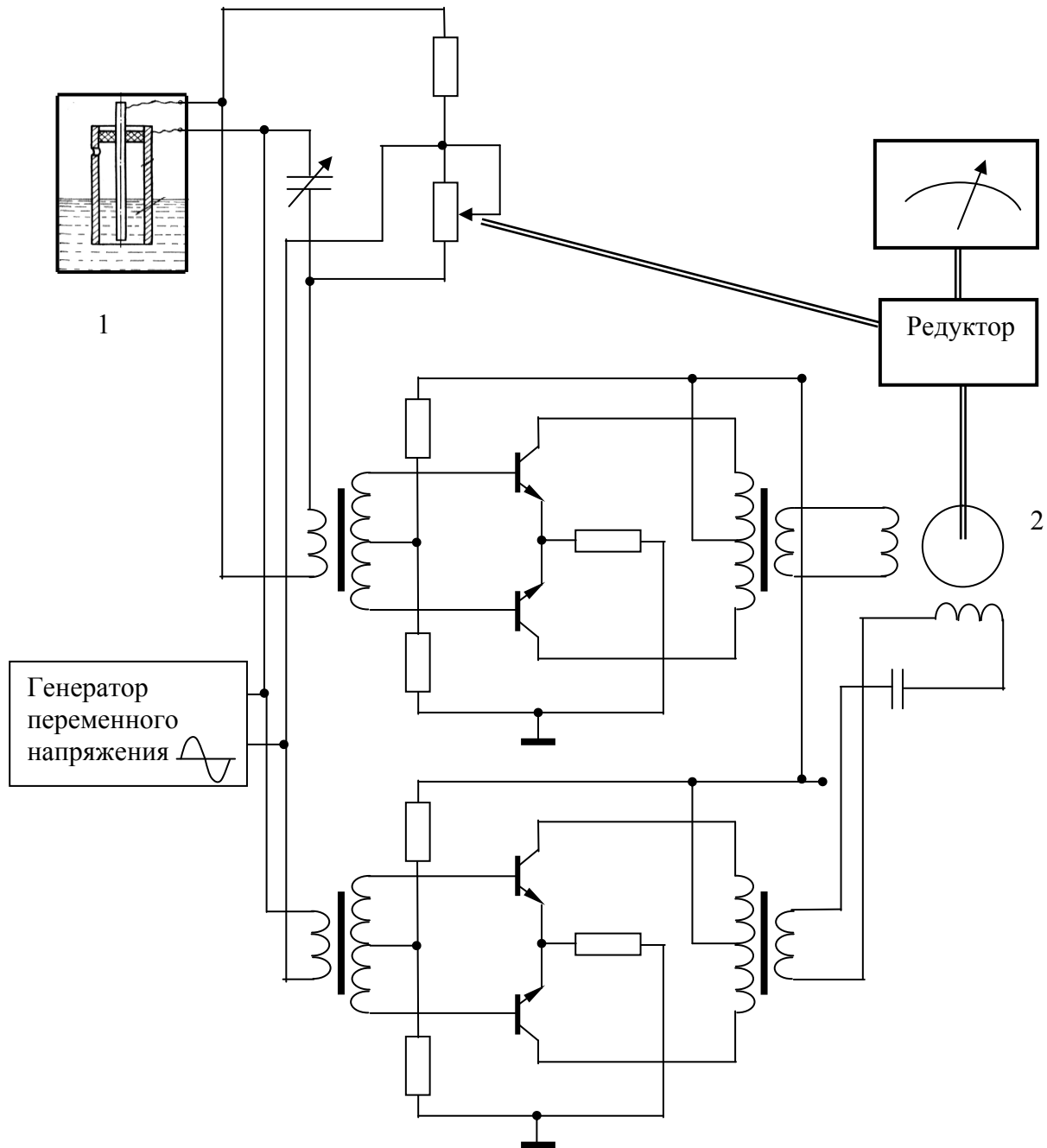
## К заданию К2.20



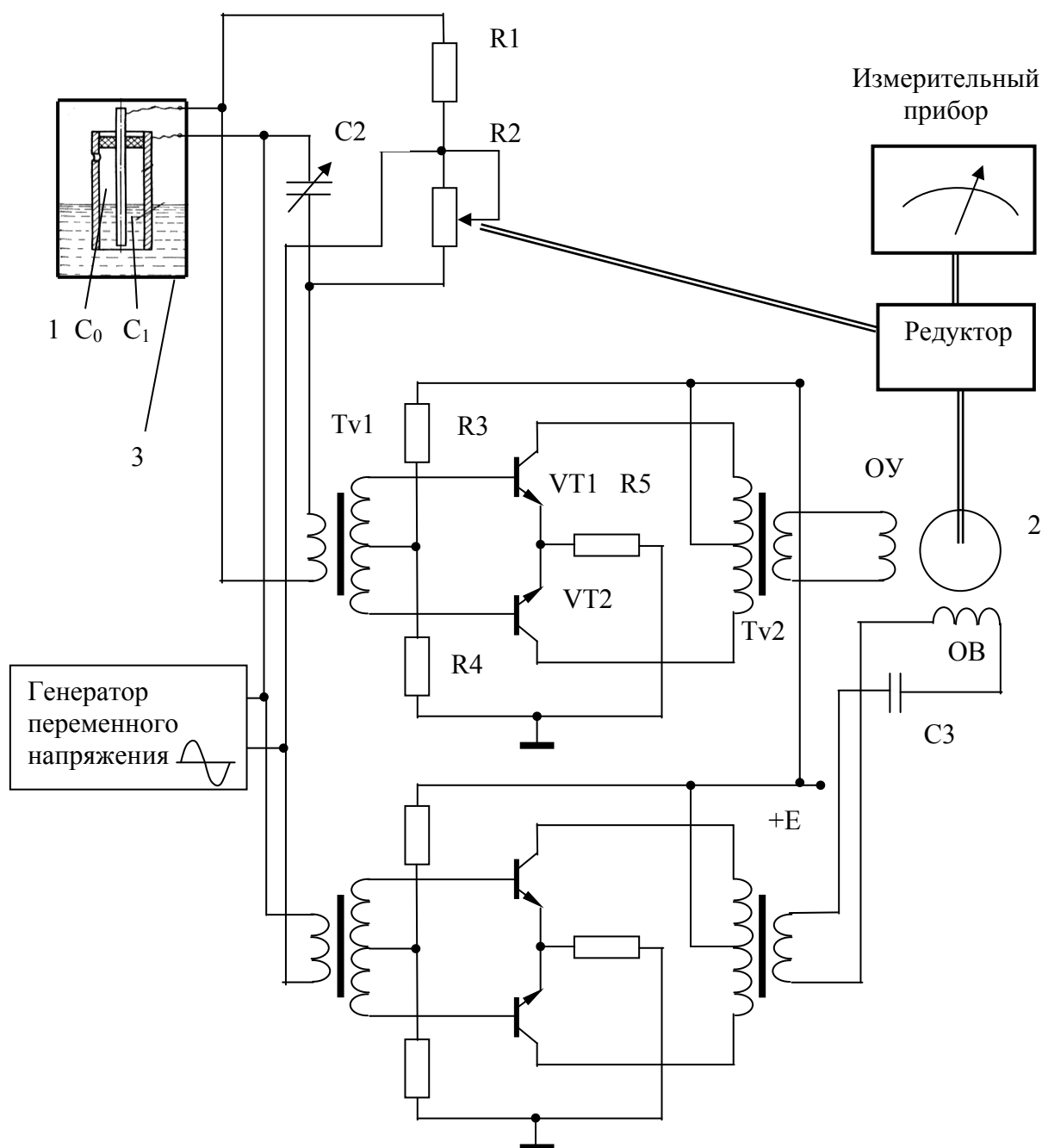
1. Охарактеризуйте общее назначение изображенной схемы. Для чего она служит? Опишите принцип работы.
2. Какие элементы и устройства входят в данную схему.
3. Какое устройство в схеме выполняет функцию регулирующего органа?
4. Каким звеном САР является устройство 1 при возмущении со стороны нагрузки?



## ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ОБЩЕГО АНАЛИЗА СХЕМЫ В КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ № 2



1. Опишите принцип действия представленной схемы.
2. Из каких элементов и устройств она состоит?
3. Для чего служит устройство 1? Где его вход и выход? Каким уравнением можно пояснить его работу?
4. Какой способ управления положен в основу управления устройством 2?
5. Приведите вид регулировочных характеристик устройства 2 при данном способе управления.



На рисунке представлена схема, которая, судя по начертанию элементов и конфигурации отдельных устройств, является схемой приборной следящей системы контроля количества жидкости в резервуаре 3. Например, такая схема может применяться на летательных аппаратах.

Схема состоит из емкостного датчика 1, включенного в плечо измерительного моста, выполненного на резисторах  $R_1$ ,  $R_2$  и конденсаторе переменной емкости  $C_2$ ; двух идентичных трансформаторных двухтактных усилителей мощности, выполненных на трансформаторах  $Tv1$ ,  $Tv2$  и транзисторах  $VT1$ ,  $VT2$ ; исполнительного асинхронного двигателя 2; редукто-

ра; задающего генератора синусоидального сигнала; измерительного прибора.

Схема работает следующим образом.

В емкостном датчике 1 конденсатор образуют два параллельных электрода, погруженных в резервуар, в котором измеряют уровень жидкости. Емкость преобразователя эквивалентна параллельному соединению двух цилиндрических конденсаторов, один из которых заполнен жидкостью с относительной диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon_r$  и имеет высоту  $h$ , другой имеет высоту  $H-h$  и свободен от жидкости. При этом емкость такого преобразователя равна:

$$C_1 = C_0(\varepsilon_r h + H - h) = C_0[H + h(\varepsilon_r - 1)],$$

где  $C_0$  – емкость единицы длины преобразователя;  $H$  – высота электродов;  $h$  – высота уровня жидкости в преобразователе.

Входной величиной в данном случае является произведение  $h(\varepsilon_r - 1)$ . Схема питается от генератора переменного напряжения. Выходной сигнал, пропорциональный емкости  $C_1$ , а, следовательно, объему жидкости в резервуаре, поступает на вход первого усилителя мощности. К выходам усилителей мощности подключен исполнительный асинхронный двигатель 2 с полым ротором, причем обмотка возбуждения подключена через фазосдвигающий конденсатор СЗ второго усилителя мощности. Таким образом, в данной схеме применен амплитудный способ управления асинхронным исполнительным двигателем. В зависимости от количества жидкости в резервуаре 3, двигатель поворачивает через редуктор движок потенциометра R2 до тех пор, пока мост не уравновесится. При этом измерительный прибор показывает количество жидкости в резервуаре 3. При данном способе управления исполнительным асинхронным двигателем регулировочные характеристики  $\omega_{\text{пот}} = F(k_y)$ , где  $k_y = U_y/U_e$  нелинейны. Их вид в относительных единицах представлен на рис. А.

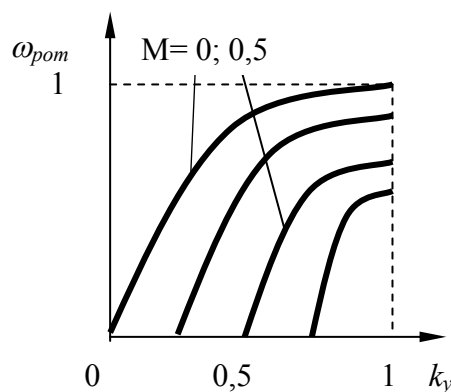


Рис. А. Регулировочные характеристики исполнительного асинхронного двигателя при амплитудном способе управления