

## 2.4 Работа № 3

### Исследование переходных режимов системы «тиристорный преобразователь – двигатель»

#### Цель работы

Изучение электромеханических переходных режимов пуска, торможения и реверса двигателя в системе ТП-Д при линейном изменении напряжения на якоре, определение постоянных времени и коэффициентов усиления системы экспериментальными методами, приобретение навыков обработки и анализа осциллограмм.

#### 1 Порядок выполнения работы

1.1 Ознакомиться с электрооборудованием лабораторной установки. Изучить описание стенда (см. гл.1, п. 2.2.1, 2.2.2 и Приложение А).

1.2 Выполнить предварительный расчет параметров системы, обеспечивающих переходные процессы с заданным ускорением.

1.3 Собрать схему установки для выполнения исследований переходных процессов (рисунок 12). Подключить в схему необходимые датчики контролируемых величин. Настроить систему электропривода (см. гл.1 п.1.7, гл.2 п. 2.1.4). Проверить линейность нарастания напряжения на якоре  $U_{я}(t)$ . Настроить переходные процессы с заданным значением динамического момента.

1.4 Снять осциллограммы пуска и торможения на холостом ходу:

- напряжения на якоре  $U_{я}(t)$ ;
- тока якоря  $I_{я}(t)$ ;
- скорости  $\omega(t)$  двигателя.

1.5 Снять осциллограммы наброса и сброса нагрузки.

1.6 Снять осциллограммы пуска и торможения двигателя с нагрузкой на валу.

1.7 Снять динамические характеристики  $\omega(t) = f(I_{я}(t))$  на холостом ходу и под нагрузкой.

1.8 Обработать осциллограммы переходных процессов пуска и торможения и определить постоянные времени:

- задатчика интенсивности  $T_{зи}$ ;
- электромагнитную  $T_{я}$ ;
- электромеханическую  $T_{м}$ .

## 2 Пояснения к работе

### 2.1 Предварительные расчеты

2.1.1 По данным электрооборудования (см. Приложение А) рассчитать полное сопротивление якорной цепи, скорость идеального холостого хода, номинальный момент двигателя, суммарный момент инерции, постоянные времени системы.

2.1.2 По заданным значениям динамического момента  $M_{\text{дин}}$  рассчитать:

- постоянную времени задатчика интенсивности  $T_{\text{зи}}$ ;
- установившуюся скорость  $\omega_{\text{уст}}$ ;
- время линейного нарастания напряжения на якоре.

2.1.3 Рассчитать и построить нагрузочные диаграммы при пуске и торможении на холостом ходу:

- скорости идеального холостого хода  $\omega_0(t)$ ;
- момента  $M(t)$ ;
- скорости  $\omega(t)$  двигателя.

### 2.2 Настройка и исследование переходных режимов системы ТП-Д

2.2.1 Принципиальная схема лабораторной установки для исследования переходных процессов двигателя независимого возбуждения в системе ТП – Д приведена на рисунке 12.

Система ТП – Д включает в себя реверсивный тиристорный преобразователь UZ1 с отдельным управлением комплектами тиристоров, двигатель постоянного тока М1 независимого возбуждения, тиристорный возбудитель UZB, аналоговые регуляторы (см. п. 2.1.4).

С целью поддержания напряжения на якоре и обеспечения перехода на другой комплект в режиме торможения преобразователь UZ1 охвачен внутренней отрицательной обратной связью по напряжению на якоре.

2.2.2 Линейное изменение напряжения на якоре обеспечивается задатчиком интенсивности с регулируемой постоянной времени DA1 модуля А7.

Пуск, торможение и реверс двигателя в настроенной системе осуществляется переключателем SA1 модуля А7. Скачок задающего напряжения на выходе RP1 поступает на вход задатчика интенсивности, напряжение на выходе которого будет нарастать с темпом, определяемым постоянной времени интегрирования  $T_{\text{зи}}$ . По такому же закону должны изменяться напряжение управления  $U_{\text{зЯ}}$ , ЭДС преобразователя UZ1 и напряжение на якоре двигателя.

При торможении двигателя переключатель SA1 модуля А7 устанавливается в среднее положение. На вход ЗИ подается нулевое напряжение задания,

напряжение на выходе ЗИ снижается по линейному закону до нуля. При реверсе двигателя SA1 переключает из одного крайнего положения в другое крайнее.

2.2.3 Наблюдение за кривыми переходных режимов производится с экрана осциллографа, входные измерительные цепи которого подключают к гнездам датчиков всех величин, необходимых для контроля и анализа.

Запись осциллограмм выполняют одним из возможных приборов:

- с помощью измерителя - регистратора напряжений АИР;
- с помощью компьютера стенда при наличии необходимого программного обеспечения с последующей распечаткой и обработкой;
- при отсутствии указанных устройств – непосредственно с экрана осциллографа на кальку.

2.2.4 Для выполнения экспериментов:

- собрать схему лабораторной установки (рисунок 12);
- выполнить настройку системы ТП – Д (см. гл. 1, п. 2.1.4 «Настройка системы электропривода»);
- подключить входные цепи датчика напряжения ДН к зажимам якорного напряжения (XS6 – XS5, XS7 – XS4).

2.2.5 Установить максимальное значение постоянной времени задатчика интенсивности  $T_{зи}$ ; для чего потенциометр RP2 модуля А7 перевести в крайнее правое положение.

Подключить первый канал осциллографа к выходным клеммам датчика напряжения ДН модуля А9, установить коэффициент усиления канала осциллографа 20 В / дел.

Плавное увеличение потенциометром RP1 напряжение задания  $U_{зя}$ , разогнать двигатель до заданного значения  $\omega_{уст}$  установившейся скорости. Определить значение напряжения задания  $U_{зя}$  и напряжение на якоре  $U_{я}$  двигателя при этой скорости.

При работе на установившейся скорости двигателя выполнить масштабирование напряжения на якоре  $U_{я}$  на экране осциллографа, сравнивая отклонение напряжения на экране в миллиметрах с показаниями вольтметра.

Остановить двигатель, переключив SA1 модуля А7 в нулевое (среднее) положение.

2.2.6 Переключателем SA1 модуля А7 подать скачком напряжение задания  $U_{зя}$ , при этом напряжение на якоре  $U_{я}$  будет нарастать по линейному закону с темпом, определяемым постоянной времени задатчика интенсивности  $T_{зи}$ .

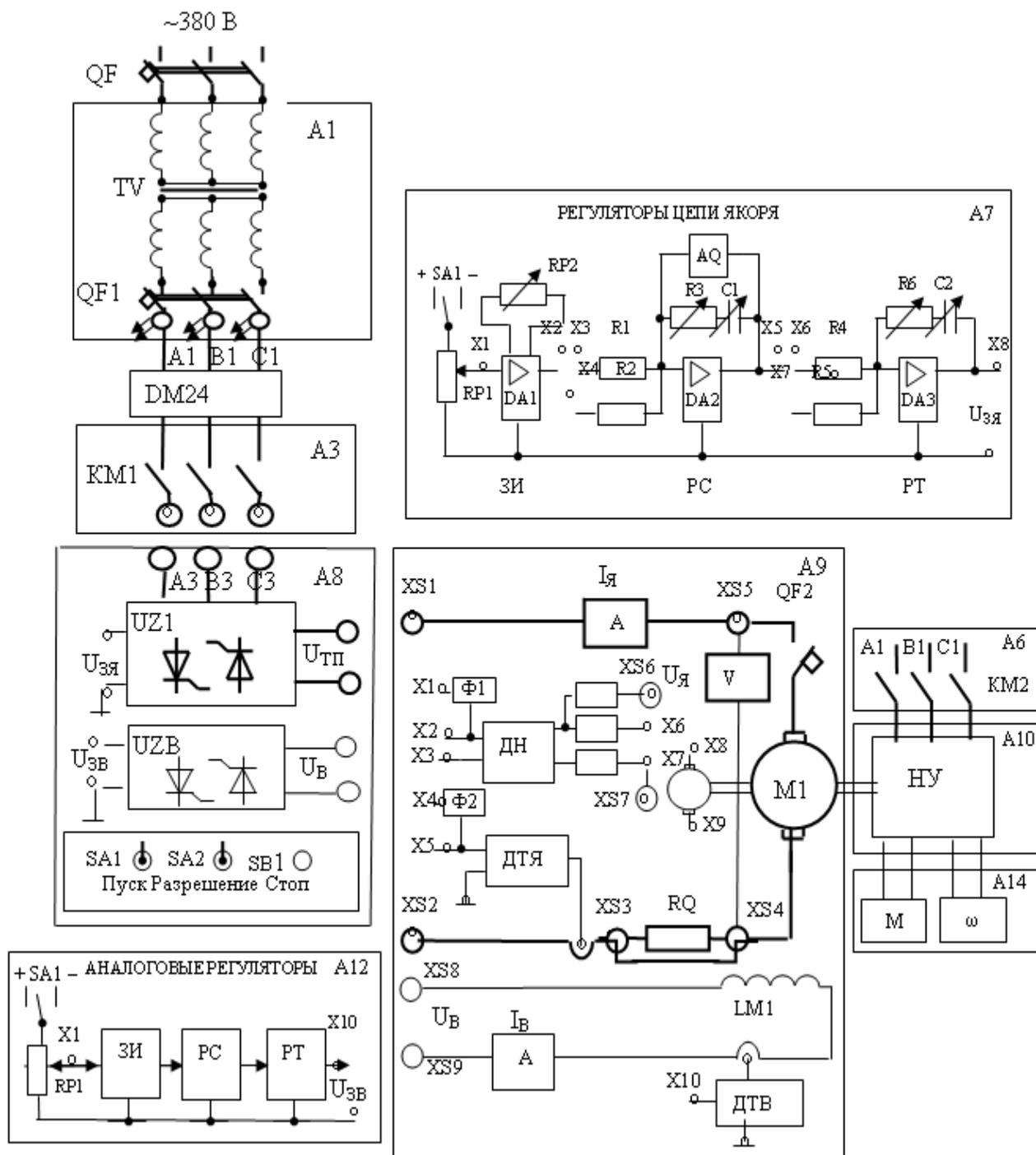


Рисунок 12 – Схема к лабораторным работам 2 и 3  
«Исследование системы ТП – Д»

Для примера на рисунке 13 приведена нагрузочная диаграмма  $U_{\text{я}}(t)$ . На экране осциллографа рассмотреть переходный процесс  $U_{\text{я}}(t)$ , измерить время линейного нарастания напряжения  $t_{\text{пл}}$  (до перехода к постоянному напряжению) и рассчитать реальное значение  $T_{\text{зи}}$ .

Проверить линейность нарастания напряжения на якоре  $U_{\text{я}}(t)$ .

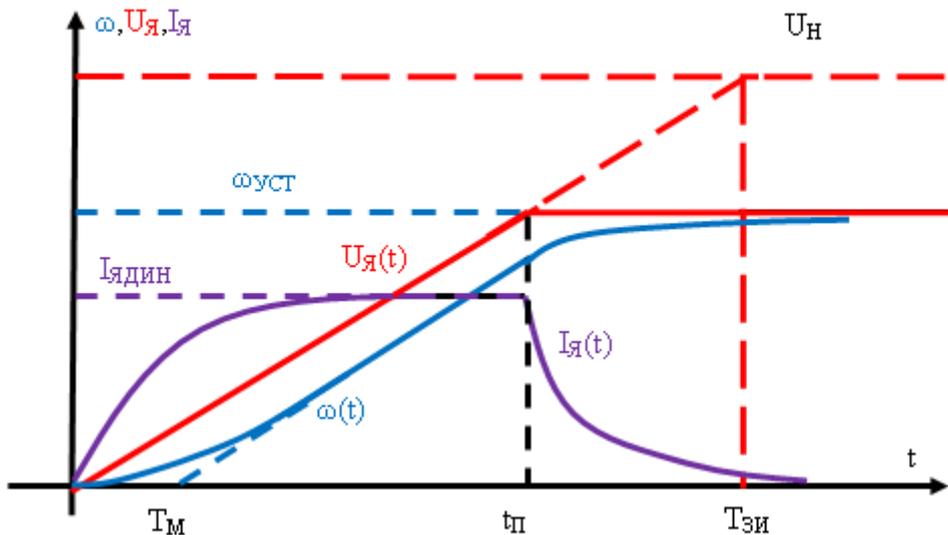


Рисунок 13 – Нагрузочные диаграммы пуска двигателя на холостом ходу при линейном нарастании напряжения на якоре

2.2.7 Подключить второй вход осциллографа к выходным клеммам датчика тока ДТЯ модуля А9. Переключателем SA1 модуля А7 обеспечить разгон двигателя до заданного значения установившейся скорости  $\omega_{уст}$ .

При работе на установившейся скорости при изменении момента на валу двигателя выполнить масштабирование тока якоря на экране осциллографа, сравнивая отклонение тока на экране в миллиметрах с показаниями амперметра А (и прибора М нагрузочного устройства).

Остановить двигатель, переключив SA1 модуля А7 в нулевое (среднее) положение.

Переключателем SA1 модуля А7 обеспечить разгон двигателя до заданного значения установившейся скорости  $\omega_{уст}$ , контролируя характер переходного процесса  $I_{я}(t)$  по экрану осциллографа.

По кривой тока якоря  $I_{я}(t)$  определить динамический ток якоря  $I_{ядин}$  и динамический момент  $M_{дин}$  при пуске двигателя на холостом ходу.

Путем повторных экспериментов при постепенном уменьшении постоянной времени  $T_{зи}$  (потенциометром RP2 модуля А7) добиться совпадения динамического момента лабораторной установки с заданным  $M_{дин}$ .

Переключить SA1 в нулевое положение и контролировать по экрану осциллографа процесс изменения напряжения на якоре и тока якоря при торможении привода.

2.2.8 Снять по п. 1.3 осциллограмму  $U_{я}(t)$  и  $I_{я}(t)$  пуска и торможения двигателя на холостом ходу при заданном  $M_{дин}$ .

2.2.9 Разогнать двигатель до установившейся скорости, установить заданное преподавателем значение статического момента  $M_C$  (тока якоря).

Снять по п. 1.3 осциллограмму  $U_{\text{я}}(t)$  и  $I_{\text{я}}(t)$  пуска и торможения двигателя при наличии на валу статического момента  $M_C$ .

Записать и сохранить установки коэффициентов усиления каналов  $U_{\text{я}}$  и  $I_{\text{я}}$  осциллографа для использования их в дальнейших опытах.

2.2.10 Отключить второй вход осциллографа от датчика тока ДТЯ и подключить к выходным клеммам X8 – X9 тахогенератора (см. рисунок 12).

Разогнать двигатель до установившейся скорости. Выполнить настройку и масштабирование канала скорости. В установившемся режиме холостого хода кривая скорости  $\omega(t)$  должна совпадать с кривой напряжения  $U_{\text{я}}(t)$  (см. пример на рисунке 13).

Изучить и снять по п. 1.3 осциллограммы скорости  $\omega(t)$  и напряжения на якоре  $U_{\text{я}}(t)$  пуска и торможения двигателя на холостом ходу и при заданном  $M_{\text{дин}}$ .

2.2.11 Подключить первый вход осциллографа к выходу датчика тока якоря ДТЯ. Разогнать двигатель до установившейся скорости.

Используя тумблер SA2 нагрузочного устройства, изучить и снять по п. 1.3 процессы изменения тока  $I_{\text{я}}(t)$  и скорости  $\omega(t)$  при **набросе и сбросе** нагрузки в координатах  $\omega$  и  $I_{\text{я}}$ . В установившихся режимах сброса и наброса нагрузки записать токи  $I_{\text{я1}}$ ,  $I_{\text{я2}}$ , скорости  $\omega_1$ ,  $\omega_2$  и моменты на валу  $M_1$ ,  $M_2$ .

2.2.12 Настроить осциллограф на снятие динамических механических характеристик (фазовых траекторий).

Используя потенциометр SA1 модуля А7, снять характеристики пуска, торможения, пуска в обратную сторону и торможения в координатах  $\omega$  и  $I_{\text{я}}$ .

2.2.13 Провести обработку осциллограмм, проградуировать оси. Указать на осциллограммах максимальные и установившиеся значения координат, времена задержки, первого достижения установившегося значения, первого достижения максимума переходного процесса.

Определить по осциллограммам переходных режимов значения:

- электромеханической постоянной времени  $T_M$ ;
- электромагнитной постоянной времени  $T_{\text{я}}$ ;
- значение динамического момента (тока) при пуске и торможении;
- величину постоянной времени  $T_{\text{зи}}$  задатчика интенсивности

и сравнить их со значениями, полученными в результате предварительного расчета.

2.2.14 Привести структурную схему двигателя при линейном изменении напряжения на якоре с рассчитанными значениями коэффициентов усиления и постоянных времени.

### 3 Содержание отчета

3.1 Привести принципиальную схему установки, выделив жирными линиями силовые цепи.

3.2 Представить результаты предварительных расчетов, привести расчетные соотношения для определения постоянных времени и коэффициентов усиления звеньев и структурную схему системы электропривода.

3.3 Представить обработанные осциллограммы переходных процессов пуска и торможения на холостом ходу, наброса и сброса нагрузки, пуска и торможения двигателя с нагрузкой на валу.

3.4 Построить на одном графике обработанные осциллограммы пуска или торможения и расчетные нагрузочные диаграммы из предварительного расчета.

3.5 В выводах по работе оценить степень совпадения опытных и расчетных осциллограмм, а также параметров структурной схемы, указать влияние параметров системы на вид нагрузочных диаграмм (осциллограмм).

### Контрольные вопросы

1 Какой параметр определяет в основном время переходного процесса пуска (торможения) двигателя в системе ТП-Д?

2 Каков физический смысл механической  $T_d$  и электромеханической  $T_M$  постоянных времени электропривода и как они связаны между собой?

3 Каков физический смысл постоянной времени  $T_{зи}$  задатчика интенсивности, какова связь этой постоянной с угловым ускорением  $\varepsilon_0$  двигателя?

4 Оцените величину относительного значения динамического момента  $M_{дин}$ , если  $T_{зи}$  равно  $T_d$ .

5 Оцените время нарастания (снижения) напряжения на якоре, если установившееся значение скорости  $\omega_{уст}$  отличается от базовой  $\omega_{он}$ .

6 Изменится ли время переходного процесса, если изменится суммарный момент инерции системы электропривода?

7 Как изменится время переходного процесса и динамический момент, если  $T_M$  уменьшить вдвое?

8 Как опытным путем определить постоянную времени  $T_{зи}$  задатчика интенсивности?

9 Как опытным путем определить электромеханическую постоянную времени  $T_M$ ?

10 Как опытным путем определить кратность тока короткого замыкания  $k_{я}$ ?

11 Как влияет электромагнитная постоянная времени якорной цепи  $T_{я}$  на вид нагрузочных диаграмм (осциллограмм) переходного процесса?

12 В каком режиме работает двигатель в переходном процессе торможения на холостом ходу?