

## РАБОТА 7

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМОВ СИСТЕМЫ «ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ – АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ»

#### Цель работы

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

#### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с электрооборудованием лабораторной установки (см. Приложение ПЗ).
2. Выполнить предварительный расчет параметров системы, обеспечивающих переходные процессы с заданным ускорением.
3. Собрать схему установки для выполнения исследований переходных процессов. Подключить в схему необходимые датчики контролируемых величин. Настроить систему электропривода.
4. Проверить линейность нарастания напряжения на якоре  $U_{зи}(t)$ . Настроить переходные процессы с заданным значением динамического момента.
5. Снять осциллограммы  $\omega_0(t)$ ,  $\omega(t)$  и  $M(t)$  пуска и торможения двигателя на холостом ходу.
6. Снять осциллограммы п.5 наброса и сброса нагрузки.
7. Снять осциллограммы п.5 пуска и торможения двигателя с нагрузкой на валу.
8. Снять динамические характеристики  $\omega(t) = f(M(t))$  на холостом ходу и под нагрузкой.
9. Обработать осциллограммы переходных процессов пуска и торможения и определить постоянные времени:
  - задатчика интенсивности  $T_{зи}$ ;
  - электромагнитную  $T_я$ ;
  - электромеханическую  $T_м$ .Сравнить опытные и расчетные осциллограммы по времени процесса, броскам тока статора, величинам момента.

#### ПОЯСНЕНИЯ К РАБОТЕ

##### 1 Предварительные расчеты

1.1. По данным электрооборудования (см. Приложение ПЗ) рассчитать сопротивления цепей, скорость идеального холостого хода, номинальный момент двигателя, суммарный момент инерции, электромагнитную  $T_я$  и механическую  $T_д$  постоянные времени системы.

1.2. По заданным значениям динамического момента  $M_{дин}$ , установившейся скорости  $\omega_{уст}$  рассчитать постоянную времени задатчика

интенсивности  $T_{зи}$ , время линейного нарастания частоты и напряжения на статоре.

1.3. Рассчитать и построить нагрузочные диаграммы скорости идеального холостого хода  $\omega_0(t)$ , момента  $M(t)$ , скорости  $\omega(t)$  двигателя при пуске и торможении на холостом ходу.

## 2 Принципиальная схема лабораторной установки

2.1 Функциональная схема лабораторной установки представлена на рисунке 4.5.

2.1.1 При подготовке к лабораторной работе следует выяснить номер стенда и тип преобразователя частоты, на котором Вам предстоит выполнять исследования. Технические данные преобразователей частоты приведены в Приложении ПЗ, инструкции по работе с преобразователями – в Приложениях:

П5 – OMRON Sysdrive 3G3FV-A4055 (стенд №10);

П6, П7 – UNIDRIVE SP 2401 (стенд №3);,

П8 – SINAMICS S120 (стенд №4).

*ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ* приведено в методических указаниях к лабораторной работе 6 «ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ – АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ».

Перед выполнением данной работы следует внимательно прочитать разделы методических указаний к лабораторной работе 6 «2. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ», «3. НАСТРОЙКА СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА».

2.2 Линейное изменение частоты и амплитуды напряжения на статоре обеспечивается задатчиком интенсивности с регулируемой постоянной времени DAI модуля A12.

Пуск, торможение и реверс двигателя в настроенной системе осуществляется включением переключателя SA1 модуля A12, который скачком напряжение с выхода RP1 подает на вход задатчика интенсивности.

Напряжение на выходе ЗИ будет нарастать с темпом, определяемым постоянной времени интегрирования  $T_{зи}$ . По такому же закону должны изменяться напряжение управления  $U_{вх}$ , частота и амплитуда напряжения на статоре.

Установившееся значение частоты и амплитуды напряжения выставляется предварительно задающим потенциометром RP1.

При торможении двигателя переключатель SA1 модуля A12 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.

2.3 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:

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

### 3 Настройка и исследование переходных режимов системы ПЧ-АД

3.1 Для выполнения экспериментов:

- собрать схему лабораторной установки (рисунок 4.5);
- выполнить настройку системы ПЧ – АД по методике, приведенной в лабораторной работе 6 (п. 2, 3);

3.2 Подключить первый канал осциллографа к выходным клеммам X5, 0 аналогового регулятора DA2 модуля A12.

При изменении скачком с помощью переключателя SA1 напряжения задания на выходе потенциометра RP1 модуля A12 получить и изучить осциллограммы переходных процессов задатчика интенсивности.

3.3 Установить максимальное значение постоянной времени задатчика интенсивности  $T_{ЗИ}$ ; для чего потенциометр RP2 модуля A12 перевести в крайнее правое положение.

Плавно увеличивая потенциометром RP1 напряжения задания  $U_{ВХ}$ , разогнать двигатель до заданного значения установившейся скорости  $\omega_{УСТ}$ . Определить значение напряжения задания  $U_{ВХ}$  и частоту напряжения на статоре двигателя при этой скорости.

Подключить **второй канал** осциллографа к выходным клеммам ЦАП1( $\omega_0$ ) преобразователя частоты UZ1 модуля A7.

При работе на установившейся скорости двигателя выполнить

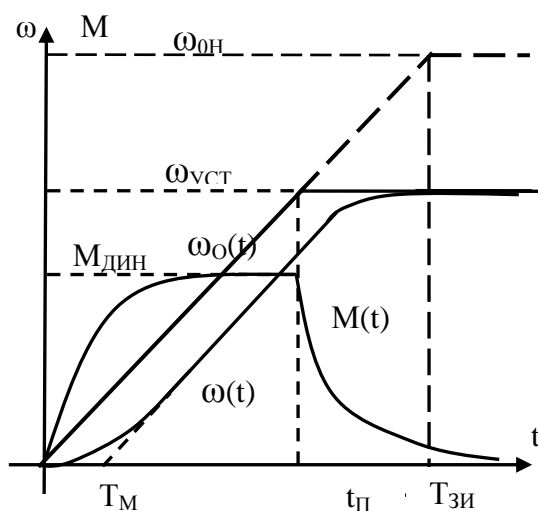


Рисунок 4.7 Нагрузочные диаграммы пуска двигателя на холостом ходу при линейном нарастании частоты

масштабирование синхронной скорости  $\omega_0$  на экране осциллографа, сравнивая отклонение скорости на экране в миллиметрах с показаниями таховольтметра нагрузочного устройства.

3.3 Переключателем SA1 модуля A7 подать скачком напряжение задания  $U_{ВХ}$ , при этом синхронная скорость  $\omega_0$  будет нарастать по линейному закону с темпом, определяемым постоянной времени задатчика интенсивности  $T_{ЗИ}$ . Для примера на рисунке 4.7 приведена нагрузочная диаграмма  $\omega_0(t)$ . На экране осциллографа

рассмотреть переходный процесс пуска  $\omega_0(t)$ , измерить время линейного нарастания напряжения  $t_{П}$  (до перехода к постоянному напряжению) и сравнить с полученным в п. 1. Рассчитать реальное значение  $T_{ЗИ}$

Проверить линейность нарастания синхронной скорости  $\omega_0(t)$ .

3.4 Оставить второй вход осциллографа подключенным к гнездам ЦАП1 ( $\omega_0$ ), подключить **первый канал** к гнездам ЦАП2 (**М**).

Разогнать двигатель до заданного значения установившейся скорости  $\omega_{уст}$ , нагрузить заданным моментом  $M_{зад}$ . Выполнить масштабирование момента на экране осциллографа, сравнивая отклонение момента на экране в миллиметрах с показаниями измерителя момента  $M$  нагрузочного устройства.

Снять осциллограммы  $\omega_0(t)$  и  $M(t)$  пуска двигателя на холостом ходу, контролируя характер переходного процесса по экрану осциллографа..

По кривой момента определить динамический момент  $M_{дин}$  при пуске двигателя на холостом ходу, определить по результатам масштабирования динамический момент  $M_{дин}$  и сравнить с заданным.

Путем повторных пусков при постепенном уменьшении постоянной времени  $T_{зи}$  (потенциометром RP2 модуля A12) добиться совпадения динамического момента лабораторной установки с заданным  $M_{дин}$ .

3.5 Переключить SA1 в нулевое положение и контролировать по экрану осциллографа процесс изменения **скорости  $\omega_0(t)$  и момента  $M(t)$  при торможении привода.**

3.6 Снять осциллограммы **скорости  $\omega_0(t)$  и момента  $M(t)$**  пуска и торможения двигателя на холостом ходу при заданном  $M_{дин}$ .

3.7 Разогнать двигатель до установившейся скорости, установить заданное преподавателем значение статического момента  $M_C$ .

Снять осциллограммы **скорости  $\omega_0(t)$  и момента  $M(t)$**  пуска и торможения двигателя при наличии на валу **статического момента  $M_C$** .

Записать и сохранить установки коэффициентов усиления каналов  $\omega_0$  и момента  $M$  осциллографа для использования их в дальнейших опытах.

3.8 Оставить второй вход осциллографа подключенным к гнездам ЦАП1 ( $\omega_0$ ), подключить **первый** к выходным клеммам датчика **скорости  $\omega$**  нагрузочного устройства.

Переключателем SA1 модуля A7 подать скачком напряжение задания  $U_{вх}$  и разогнать двигатель до заданного значения установившейся скорости  $\omega_{уст}$ .

При работе на установившейся скорости двигателя выполнить масштабирование скорости  $\omega$  на экране осциллографа, сравнивая отклонение скорости на экране в миллиметрах с показаниями таховольтметра  $\omega$  нагрузочного устройства (или показаниям скорости с дисплея преобразователя). Совместить на экране осциллографа нулевые и установившиеся значения скоростей  $\omega_0$  и  $\omega$ . В установившемся режиме холостого хода скорость  $\omega_0(t)$  должна совпадать с синхронной скоростью  $\omega(t)$  (см. пример на рисунке 4.7).

Снять **осциллограммы  $\omega_0(t)$  и  $\omega(t)$**  пуска и торможения двигателя на холостом ходу и при наличии на валу статического момента  $M_C$ . Оценить по осциллограммам величину электромеханической постоянной времени  $T_M$  электропривода.

3.9 Подключить **второй** вход осциллографа к датчику момента ЦАП2 (М). **Первый** вход оставить подключенным к выходным клеммам датчика скорости  $\omega$  нагрузочного устройства.

Разогнать двигатель до установившейся скорости. Восстановить настройку и масштабирование каналов.

Изучить и снять осциллограммы скорости  $\omega(t)$  и момента  $M(t)$  пуска и торможения двигателя на холостом ходу и при наличии на валу статического момента  $M_C$ .

3.10 Используя тумблер SA2 нагрузочного устройства, изучить и снять процессы изменения скорости  $\omega(t)$  и момента  $M(t)$  при набросе и сбросе нагрузки в координатах  $\omega$  и  $M$ . В установившихся режимах сброса и наброса нагрузки записать скорости  $\omega_1, \omega_2$  и моменты на валу  $M_1, M_2$ .

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

Используя потенциометр SA1 модуля A12, снять в координатах  $\omega$  и  $M$  характеристики пуска, торможения, пуска в обратную сторону и торможения на холостом ходу и при наличии на валу статического момента  $M_C$ .

3.12 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  $T_\gamma$ ;
- значение динамического момента (тока) при пуске и торможении;
- величину постоянной времени  $T_{зи}$  задатчика интенсивности

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

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

## 4 Содержание отчета

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

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

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

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

4.5. 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 ПЧ-АД?
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  $\epsilon_0$  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. Как обеспечить пуск и торможение двигателя при наличии на валу активного статического момента?
13. В каком режиме работает двигатель в переходном процессе торможения на холостом ходу?