



## ПРОГРАММА КУРСА

### «ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ПЕРЕМЕННОГО ТОКА КОМПАНИИ DANFOSS»

#### КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ

Курс предназначен для специалистов, занимающихся установкой, наладкой и обслуживанием частотно-регулируемых электроприводов компании Danfoss.

Курс включает в себя следующие основные части:

- **Теоретическую часть**, в которой рассматриваются электромеханические свойства двигателей переменного тока, свойства транзисторного преобразователя частоты (ПЧ) со звеном постоянного напряжения, тиристорных устройств плавного пуска (УПП), основные понятия теории автоматического управления, способы управления двигателями переменного тока.
- **Технологическую часть**, в которой рассматриваются особенности различных технологических механизмов с точки зрения управления и энергосбережения.
- **Практическую часть**, в которой рассматривается применение преобразователей VLT FC302, VLT FC102, VLT5000 и устройств плавного пуска MCD-3000 для реализации различных технологических режимов, приемы построения и оптимизации замкнутых систем автоматического управления с помощью встроенных средств ПЧ, диагностика состояния электропривода, поведение в нестандартных и аварийных ситуациях.
- **Лабораторный практикум**, где изучаются практические вопросы построения и настройки систем, программирования режимов работы преобразователей частоты (ПЧ), устройств плавного пуска (УПП), проводятся исследования работы системы ПЧ – асинхронный двигатель при работе с различными технологическими механизмами.

#### ПРЕДПОСЫЛКИ

- Знание основ электротехники, электроники, теории электропривода и теории автоматического управления.
- Знание устройства и свойств асинхронных электродвигателей.
- Знакомство с ПЧ различных серий: VLT FC302, VLT FC102, VLT5000.

#### ЦЕЛИ КУРСА:

- изучить устройство и технические характеристики ПЧ компании Danfoss и сопутствующих устройств;
- знать особенности применения ПЧ для различного технологического оборудования;
- уметь выполнить первоначальную настройку ПЧ, строить замкнутые системы регулирования заданного технологического параметра, пользоваться специальными функциями, логическими функциональными блоками, диагностическими возможностями ПЧ.

## ПРОГРАММА ПОЛНОГО КУРСА

### **1. Теоретическая часть**

#### ***1.1. Электромеханические свойства двигателей переменного тока***

1.1.1. Электромеханическое преобразование энергии в асинхронном двигателе (АД). Схемы замещения и векторная диаграмма АД.

1.1.2. Статические, динамические и энергетические характеристики АД при питании от источника напряжения (тока). Тормозные режимы АД.

#### ***1.2. Регулирование координат электропривода переменного тока***

1.2.1. Система преобразователь частоты – асинхронный двигатель (ПЧ-АД).

- Преобразователи частоты. Принципы построения. ПЧ-АИ, НПЧ. Области применения.
- Статические, динамические и энергетические характеристики разомкнутой системы ПЧ-АД.

1.2.2. Частотное регулирование координат электропривода в замкнутых системах ПЧ-АД.

- Основные принципы построения систем регулирования координат электропривода переменного тока.
- Структурные схемы, статические и динамические характеристики АД при скалярном частотном регулировании его момента и скорости.
- Векторное управление АД и СД.

#### ***1.3. Основы теории автоматического управления***

1.3.1. Разомкнутые системы автоматического управления.

- Понятие передаточных функций, частотных характеристик, типовые динамические звенья.
- Приемы преобразования структурных схем.

1.3.2. Замкнутые системы.

- Оценка устойчивости и оптимизация замкнутого контура регулирования.
- Особенности многоконтурных систем (на примере привода позиционирования).

### **2. Технологическая часть**

2.1. Технологические механизмы с вентиляторным моментом нагрузки (HVAC).

- Основные конструкции и характеристики.
- Применение: насосные установки, вентиляция, кондиционирование.
- Способы регулирования технологических параметров жидкостей и газов.
- Энергоэффективность способов регулирования. Экономические преимущества внедрения регулируемого электропривода.
- Варианты технической реализации способов регулирования технологических параметров.

2.2. Технологические подъемно-транспортные механизмы (ПТМ).

- Особенности управления ПТМ.
- Способы управления скоростью и моментом ПТМ.
- Требования к электроприводам подъемно-транспортных механизмов.

2.3. Конвейерные механизмы и транспортные системы.

- Особенности нагрузки механизмов перемещения.



- Требования к электроприводам механизмов перемещения.
  - Особенности силового электронного оборудования.
- 2.4. Технологические механизмы высокой точности (МВТ).
- Особенности систем позиционирования, синхронизации и контурного перемещения.
  - Требования к электроприводам МВТ.
  - Реализация систем управления механизмами высокой точности.

### **3. Практическая часть**

(на примере частотно регулируемых электроприводов переменного тока серий VLT FC\_02)

- 3.1. Назначение, основные функции, области применения и технические характеристики преобразователей.
- 3.2. Устройство преобразователя частоты.
- Функциональная и электрическая схемы. Подключение цепей управления и силовых цепей. Электромагнитная совместимость и защита от помех.
  - Дополнительные опции ПЧ VLT FC\_02.
- 3.3. Принципы построения системы управления ПЧ VLT FC\_02.
- Функциональные блоки, слово управления и слово состояния.
  - Параметры и группы параметров. Настройка ПЧ, управление и диагностика с помощью программы МСТ10, выносной панели управления.
- 3.4. Структурные схемы системы управления электроприводом.
- Разомкнутая система управления. Этапы настройки и проверки работоспособности элементов управления.
  - Замкнутая система скалярного управления. Этапы настройки и проверки работоспособности электропривода.
  - Замкнутые системы векторного управления электроприводом. Этапы настройки и проверки работоспособности электропривода.
- 3.5. Дополнительные возможности преобразователей серий VLT FC\_02.
- Специальные функции: каскадное управление, спящий режим, обрыв ремня, синхронизация и позиционирование.
  - Логический функциональный контроллер.
  - Связь ПЧ между собой и с системой управления верхнего уровня.
- 3.6. Выбор структур системы управления электроприводом в соответствии с технологическими требованиями к объекту регулирования. Этапы пуска и наладки комплектного электропривода.

### **4. Лабораторный практикум**

#### **4.1. Лабораторный стенд «Изучение свойств и особенностей преобразователей частоты»**

Установленное оборудование: преобразователи DANFOSS VLT FC302 и DANFOSS VLT5001, логически программируемый контроллер LOGO!24RC, электромеханизм прямоходный МЭП44.



*Программа лабораторной работы*

1. Ознакомление с назначением, устройством, основными функциями и областями применения и техническими характеристиками преобразователя частоты VLT FC302/DANFOSS VLT5001.
2. Управление работой преобразователя частоты с помощью пульта управления.
3. Управление работой преобразователя частоты с помощью внешних сигналов.
4. Управление работой преобразователя частоты с помощью логического контроллера LOGO!.
5. Параметрирование системы управления частотно-регулируемого электропривода от пульта управления и персонального компьютера.
6. Исследование статических и динамических характеристик разомкнутой системы электропривода.
7. Изучение систем скалярного управления, метод VVC+ и векторное управление для случаев с обратной связью и без обратной связи.

**4.2. Лабораторный стенд (универсальный демонстрационный) «Изучение свойств и особенностей преобразователей частоты».**

Установленное оборудование: преобразователи DANFOSS VLT FC302, VLT FC102 или VLT5000, электродвигатель с тормозом и датчиком положения, макет привода нагнетателя с вентиляционным каналом и датчиком давления, макет грузоподъемного механизма, пульт эмуляции внешних сигналов управления.

*Программа лабораторной работы*

1. Ознакомление с назначением, устройством, основными функциями и областями применения и техническими характеристиками преобразователей частоты
2. Управление работой преобразователя частоты с помощью пульта управления.
3. Управление работой преобразователя частоты с помощью внешних сигналов.
4. Параметрирование системы управления частотно-регулируемого электропривода от пульта управления и персонального компьютера.
5. Исследование статических и динамических характеристик разомкнутой системы электропривода.
6. Изучение систем скалярного управления, метод VVC+ и векторное управление для случаев с обратной связью и без обратной связи.
7. Изучение и настройка замкнутой по давлению вентиляционной системы с помощью ПИД-регулятора.
8. Изучение и настройка системы управления макетом грузоподъемного механизма.

**4.3. Лабораторный стенд «Исследование процессов управления в насосной установке системы холодного водоснабжения»**

Установленное оборудование: преобразователь частоты VLT FC102, устройство плавного пуска MCD100, насосы CR, преобразователь давления OT-1, ручные балансировочные клапаны типа MSV -С, ротаметры FIP, реле давления KP.

*Программа лабораторной работы*

1. Изучить оборудование макета лабораторной установки для стабилизации давления.
2. Изучить способы параметрирования преобразователя частоты VLT HVAC FC 102.



3. Ознакомиться с особенностями выбора способа регулирования давления.
4. Настроить замкнутую по давлению систему с помощью ПИД-регулятора в соответствии с рассчитанными параметрами.
5. Снять динамические характеристики  $P(t)$  и  $\omega(t)$  при изменениях расхода. При различных настройках ПИД-регулятора.
6. Изучить работу каскадного контроллера и провести его настройку.

#### 4.4. Лабораторный стенд «Изучение средств энергосбережения в насосных установках»

Установленное оборудование: преобразователь частоты VLT FC102, насос CR, преобразователь давления MBS 3000, ручные балансировочные клапаны типа MSV-C, реле давления и температуры КР, расходомер-счетчик электромагнитный «ВЗЛЁТ ЭМ», электропривод АМЕ 20, универсальный измерительный прибор параметров трехфазной сети DMK 32.

##### *Программа лабораторной работы*

1. Изучить оборудование макета лабораторной установки.
2. Изучить способы параметрирования преобразователя частоты VLT HVAC FC 102.
3. Настроить замкнутую по давлению систему с помощью ПИД-регулятора.
4. Настроить универсальный измерительный прибор DMK32 на измерение активной энергии, потребленной двигателем насоса за цикл изменения расхода.
5. Изучить процесс стабилизации давления после насоса вручную при постоянной скорости вращения насоса.
6. Запрограммировать технологический контроллер на определенный цикл изменения расхода.
7. Запустить цикл изменения расхода и стабилизировать вручную с помощью задвижки (или автоматически с помощью частотного электропривода) давление, руководствуясь показаниями манометра.
8. По завершении цикла зафиксировать показания активной энергии.

#### 4.5. Лабораторный стенд «Изучение систем плавного пуска асинхронными электродвигателями»

Установленное оборудование: преобразователи DANFOSS VLT 2805 и устройство плавного пуска DANFOSS MCD 300.

##### *Программа лабораторной работы*

1. Программирование и организация способов подключения ПЧ VLT 2800 и УПП MCD 300.
2. Управление работой преобразователя частоты и УПП с помощью пульта управления.
3. Управление работой преобразователя частоты и УПП с помощью внешних сигналов.
4. Изучение динамических, нагрузочных и энергетических характеристик двигателя и системы при частотном пуске с помощью ПЧ, при тиристорном пуске с помощью УПП и при прямом пуске.
5. Установка параметров устройства плавного пуска: время пуска, время торможения, начальное напряжение.

#### **4.6. Лабораторный стенд «Изучение системы позиционирования механизмом горизонтального перемещения»**

Установленное оборудование: преобразователь DANFOSS VLT FC302 с платой контроллера позиционирования MCO305, макет механизма, датчик положения, бесконтактные датчики.

##### *Программа лабораторной работы*

1. Изучить оборудование макета лабораторной установки.
2. Изучить способы параметрирования преобразователя частоты VLT FC 302.
3. Программирование и организация способов подключения VLT FC 302 при совместной работе с контроллером синхронизации и датчиком положения.
4. Изучение режимов и параметров настройки контроллера синхронизации.
5. Изучение динамических, нагрузочных и энергетических характеристик асинхронного привода при совместной работе с контроллером синхронизации.

#### **4.7. Лабораторный стенд «Изучение системы управления грузоподъемным механизмом»**

Установленное оборудование: преобразователь DANFOSS VLT FC-051Micro, макет грузоподъемного механизма, бесконтактные датчики.

##### *Программа лабораторной работы*

1. Изучить оборудование макета лабораторной установки.
2. Изучить особенности подключения и способы параметрирования преобразователя частоты VLT FC-051Micro.
3. Программирование VLT FC-051Micro в режиме работы «лебедка» и «лифт».
4. Изучение динамических, нагрузочных и энергетических характеристик асинхронного привода при работе от сети и от преобразователя частоты.

В представленном полном курсе предусмотрена переподготовка в объеме 72 часа, в том числе теоретическая часть – 20 часов, практическая часть и лабораторные работы – 52 часа.

Возможно проведение сокращенных курсов, объем занятий в которых согласуется с заказчиком.

Также возможно проведение одно-, двухдневных семинаров, программа которых может существенно отличаться и согласуется отдельно.

Руководитель – канд. техн. наук, доцент кафедры ЭАПУ НГТУ В. М. Кавешников.

#### **Контактная информация**

630092, Новосибирск, 92, проспект К. Маркса, 20,  
НГТУ, 2 корпус, ауд. 121, 123  
Тел.: (383) 346-15-68  
Тел./факс (383) 346-02-79  
Эл. почта: [apm@drive.power.nstu.ru](mailto:apm@drive.power.nstu.ru), [vldi@ya.ru](mailto:vldi@ya.ru)