

## Глава 1 - Общие Сведения

Преобразователи частоты серии L100 и SJ100 как правило имеют встроенную функцию ПИД регулирования. Она служит для осуществления регулирования, например, работы вентилятора и включения насоса. Для ПИД-регулятора характерны следующие черты:

**Задающий сигнал:** может исходить не только от цифрового оператора, но и от внешнего цифрового сигнала, который может быть направлен на 16 различных объектов. Также, он может исходить от аналогового входного сигнала (0 - 10В или 4 - 20А).

**Сигнал обратной связи** может также поступать к L100 и SJ100 от/при входном напряжении (10 В макс.) или при входном токе (20 мА макс.).

Для **сигнала обратной связи** рабочие параметры определяются в индивидуальном порядке. Например, 0 –5 В, 4 – 20 мА или др.

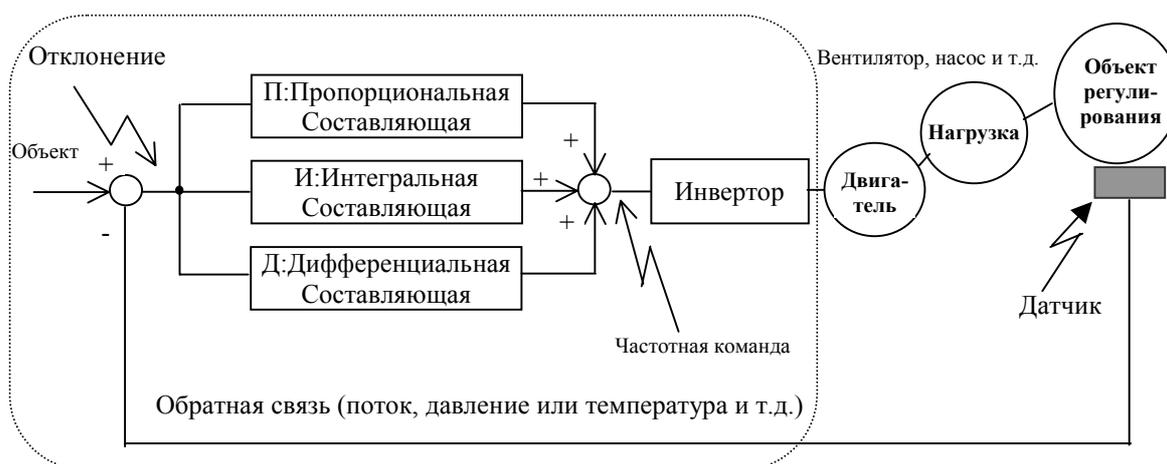
При помощи функции преобразования масштаба на экране можно увидеть реальное значение задающего сигнала и/или сигнала обратной связи для потока подачи воздуха, воды, или температуры.

Пожалуйста, прочитайте эту инструкцию, чтобы у вас не возникало проблем в применении функции ПИД регулирования ПЧ серий L100 и SJ100.

## Глава 2 – Функция ПИД Регулирования ПЧ Серий L100 и SJ100

### ПИД Регулятор

В сокращении ПИД «П» обозначает Пропорциональный, «И» – Интегральный, «Д» – Дифференциальный. Сочетание этих составляющих называется ПИД-регулятором. ПИД-регулятор широко используется в различных целях, например, регулирование расхода воздуха, воды, уровня давления, температуры и др. Он регулирует выходную частоту ПЧ согласно расчету ПИД, основанному на отклонении между объектом регулирования и обратной связью. Инвертор подбирает выходную частоту, которая исправляет отклонение. На рис. ниже изображена схема блока регулятора (пунктирной линией обозначена встроенная система ПИД регулятора в ПЧ серий L100 и SJ100):



Вы можете использовать ПИД регулятор, задав значение объекта и сигнала обратной связи.

На следующем рисунке изображена схема подачи воздуха для включения вентиляции.

### П: Пропорциональная Составляющая

С ее помощью регулируется выходная частота, чтобы выходная частота и отклонение были пропорциональны. Коэффициент отклонения и выходной частоты (выраженный в %)

называется **Пропорциональное Усиление (Кп)**. Его значение может быть установлено по функции *A71*.

На следующем рисунке показано отношение отклонения к выходной частоте. Если установленное значение Кп велико, реакция на резкое изменение отклонения будет быстрой. Если значение Кп слишком велико, это может привести к нестабильности в работе системы.

100% выходной частоты на рисунке соответствуют максимальной выходной частоте. Кп может быть выбран от 0.2 до 0.5 при помощи функции *A71*.

---

## И: Интегральная Составляющая

Используется для изменения выходной частоты, при помощи интеграции отклонения. При пропорциональной установке большое значение отклонения ведет к большой степени настройки выходной частоты, но если отклонение небольшое, то, следовательно, дальнейшая настройка выходной частоты также будет невелика. Однако, значение отклонения не может равняться 0. Эта проблема решается при помощи интегральной составляющей.

Интегральная коррекция выходной частоты осуществляется путем накопления отклонения в определенном периоде времени, таким образом, что постепенно отклонение равняется 0. Величина обратная интегральному усилению называется **Интегральное время (Ви : Ви=1/Ки)**.

В ПЧ серий L100/SJ100, вы сами задаете интегральное время (Ви). Время может быть задано от 0.5 до 150 секунд. Если заданное время «0.0» секунд, интегральное регулирование не будет производиться.

---

## Д: Дифференциальная Составляющая

С ее помощью осуществляется коррекция выходной частоты путем дифференцирования отклонения. Так как работа П-составляющей регулятора основана на текущих данных об отклонении, а И-составляющая на предыдущих данных об отклонении, регулирующая система всегда будет работать с задержкой. Дифференциальная составляющая решает эту проблему.

Коррекция выходной частоты производится согласно соотношения степени изменения отклонения и отрезка времени. Таким образом, дифференциальная составляющая быстро изменяет выходную частоту как только изменяется отклонение.

Вы можете установить Кд от 0 до 100. Усиление равняется  $(F_{\max} / 10)^*$  заданному значению *A74* в отношении к измененному значению отклонения в секунду.

---

## ПИД Регулятор

ПИД регулятор является сочетанием пропорциональной, интегральной и дифференциальной составляющих. Наилучших результатов в регулировании можно достигнуть путем регулирования каждого П-усиления, И-усиления и Д-усиления. Вы можете добиться бесперебойного контроля без колебаний при помощи **П-составляющей**; вы можете изменить устойчивое состояние отклонения при помощи **И-составляющей**; а при помощи **Д-составляющей** можно добиться быстрой реакции на помехи, которые могут повлиять на значение обратной связи. Большое отклонение может быть устранено при помощи П-составляющей. Небольшое отклонение можно исправить при помощи И-составляющей.

Пожалуйста, помните, что работа Д-составляющей основана на дифференцировании отклонения, и поэтому, регулятор является довольно чувствительным. Он также может реагировать на посторонние сигналы, такие как производимый шум, что ведет к нестабильности регулирования. Обычно, работа Д-составляющей не требуется для регулирования потока воздуха, воды и температуры.

## Установка Параметров ПИД Регулятора

Каждое из усиления ПИД изменяется в зависимости от условий и системы. Это значит, что эти параметры необходимо устанавливать, принимая во внимание индивидуальные характеристики системы контроля. Для хорошей работы ПИД требуется соблюдение следующих условий: стабильная работа, быстрый ответный сигнал, небольшое отклонение в устойчивом состоянии.

Вы устанавливаете каждый параметр  $K_p$ ,  $V_i$  и  $K_d$  в рамках устойчивой области работы. Обычно, когда вы увеличиваете каждый из параметров ( $K_p$ ,  $V_i$ ,  $K_d$ ) усиления (=сокращаете значение интегрального времени:  $V_i$ ), вы можете добиться быстрого получения ответного сигнала. Но если вы слишком увеличите их, контроль будет нестабильным, так как значение обратной связи будет постоянно уменьшаться и увеличиваться, что ведет к колебаниям контроля. В худшем случае система будет введена в режим дивергенции (см. рис. ниже):

Далее описан порядок настройки каждого параметра:

- |     |                             |  |  |
|-----|-----------------------------|--|--|
| (1) | После изменения объекта     | сигнал слабый:<br>сигнал быстрый, но<br>нестабильный:                                  | <b>Увеличить П-Усиление (<math>K_p</math>)</b>   |
| (2) | Объект и обратная связь     | не становятся<br>одинаковыми:<br>становятся равными<br>после нестабильной<br>вибрации: | <b>Уменьшить П-усиление (<math>K_p</math>)</b><br><b>Сократить Интегральное время (<math>V_i</math>)</b><br><b>Увеличить Интегральное время (<math>V_i</math>)</b> |
| (3) | Даже после увеличения $K_p$ | сигнал все еще<br>слабый:<br>сигнал все еще<br>нестабильный:                           | <b>Увеличить Д-составляющую (<math>K_d</math>)</b><br><b>Уменьшить Д-составляющую (<math>K_d</math>)</b>   |

## Глава 3 - Правила пользования

---

### Структура и Параметры

---

#### Режим Регулирования

---

Встроенный оператор: A 71 : 00 / 01  
Устройства DOP, DRW: F 43 : PID ВКЛ/ВЫКЛ

Преобразователи частоты серий L100/SJ100 представляют следующие два режима регулирования:

- **Режим регулирования частоты**
- **Режим ПИД регулирования**

Эти режимы можно переключать при помощи «Выбора функции ПИД» (A71).

Режим регулирования частоты является общим для регулирования стандартных преобразователей частоты, который позволит вам подавать частотную команду от каждого оператора, или аналоговое напряжение или ток, или 4-х битную цифровую команду с пульта управления.

В режиме ПИД регулирования выходная частота устанавливается автоматически, так что отклонение между значениями объекта и обратной связи становится нулевым.

#### Параметры

---

На следующей схеме изображено соотношение между диаграммой блока управления ПИД регулятора и каждым параметром. Номера функций на схеме связаны с номерами команд цифрового оператора преобразователя частоты.

#### Расчет Отклонения

---

Все расчеты для ПИД регуляторов преобразователей частоты серий L100/SJ100 производятся в процентах, чтобы его можно было использовать с различными данными и единицами, такими как давление (Н/м<sup>2</sup>), поток (м<sup>3</sup>/мин), температура (градусы) и т. д. Например, сравнение значений объекты и обратной связи рассчитывают в % объекты и % обратной связи.

Однако, существует важная функция, которая называется функцией преобразование масштаба (A 75). При помощи этой функции вы можете установить значение объекты и/или осуществлять регулирование значений объекты и обратной связи в реальных единицах по необходимости.

Кроме того, существует функция « границы деятельности ПИД установки» (A11 - A14), которая позволит вам определить область сигнала обратной связи. Для лучшего понимания обратите внимание на рис. ниже.

## Установка Данных Цели

Из нижеследующих способов ввода данных объекта может быть выбран только один:

- Оператор (Встроенный оператор или устройства DOP/DRW)
- 4-х битный цифровой ввод данных с терминала управления
- Аналоговое устройство ввода данных (O-L терминал или OI-L терминал)

В случае цифрового ввода данных объекта с терминала надо предварительно установить необходимое значение объекта в функциях *A 21* и *A 35*. Это позволит вам определить объект. Затем, вы можете установить необходимое вам значение объекта по сочетанию 4-х битного цифрового ввода. Подобным образом осуществляется многоступенчатое управление скоростью в режиме регулирования частоты.

## Установка Данных Обратной Связи и Границ Действия ПИД Регулятора

Сигналы обратной связи при регулировании потока электрического тока должны подаваться одним из следующих способов:

- Терминал аналогового входа напряжения (O терминал: 10 В максимум)
- Терминал аналогового входа тока (OI терминал 20 мА максимум)

Вам следует выбрать один из них при помощи «Выбора ввода данных обратной связи» *A 76*.

Этот сигнал обратной связи можно описать при помощи следующих рисунков, чтобы вы могли выбрать подходящую вам схему в зависимости от системы. Отметка «100%» на вертикальной оси – это максимальное значение, основанное на внутренних расчетах.

Как видно на рисунке, если вы устанавливаете значения *A11* и *A12* отличными от «0», вам следует установить значение объекта в рамках допустимых по вертикальной оси. Иначе, вы не сможете добиться стабильной работы из-за отсутствия значения обратной связи. Это значит, что преобразователь частоты либо выдаст максимальную частоту, либо остановится, или будет постоянно выдавать частоту ниже нормы если она задана.

## Преобразование Масштаба

При помощи этой функции вы можете установить и вывести на экран значение объекты, а также вывести на экран значение обратной связи как реальную единицу рабочего значения. Вы можете установить значение индивидуально в зависимости от 100% значения обратной связи. При заводской установке настройка и вывод на экран производятся на основании 0-100%.

Например, на рис. (а) выше, 20мА обратной связи соответствует 100% внутреннего расчета ПИД. К примеру, если реальный поток при обратной связи 20мА равен 60 (м<sup>3</sup>/мин), вы устанавливаете значение 0,6 (=60/100) в режиме функции *A75*. Затем, вы можете получить реальное значение обратной связи в режиме монитора *d 04*, вы также можете установить значение объекты по реальному значению системы регулирования.

## Общие Параметры ПИД Регулирования

У преобразователей частоты серий L100 и SJ 100 для обозначения режима регулирования частоты используются одинаковые названия функций. Название каждой функции зависит от режима регулирования частоты, который обычно используют для общих объектов. Поэтому, описание некоторых функций в руководстве по эксплуатации может ввести в заблуждение.

Чтобы избежать путаницы, пожалуйста ознакомьтесь с описанием названий функций режима регулирования частоты и ПИД регулирования.

№ функции		Название функции	
Встроенный оператор	Устройства DOP, DRW	Описание в режиме регулирования частоты	Описание в режиме ПИД регулирования
<i>d 04</i>	Режим монитора		Контроль обратной связи ПИД
<i>F 01</i>	Режим монитора	Контроль выходной частоты	Контроль значения объекты
<i>A 01</i>	Режим монитора	Установка исходной частотной команды	Установка исходного значения объекты
<i>A 11</i>	<i>F 31</i>	Установка внешней частоты СТАРТ (единицы: Гц)	Ввод значения обратной связи в % соотношении для более низкого уровня приемки (единицы:%)
<i>A 12</i>		Установка внешней частоты КОНЕЦ (единицы: Гц)	Ввод значения обратной связи в % соотношении для более высокого уровня приемки (единицы:%)
<i>A 13</i>		Установка внешней частоты: начальный уровень (единицы: Гц)	Значение обратной связи входа с более низким уровнем приемки (единицы: %)
<i>A 14</i>		Установка внешней частоты: конечный уровень (единицы: Гц)	Значение обратной связи входа с более высоким уровнем приемки (единицы: %)
<i>A 21 – A 35</i>	<i>F 11</i>	Установка многоступенчатой скорости 1-15	Установка многоступенчатой объекты
<i>A 71</i>	<i>F 39</i>	-	Выбор режима ПИД
<i>A 72</i>		Установка П-усиления	
<i>A 73</i>		Установка И-усиления	
<i>A 74</i>		Установка Д-усиления	
<i>A 75</i>		Установка степени преобразования масштаба	
<i>A 76</i>		Источник выбора сигнала обратной связи	

## Примеры Установки

### Установка Каждого Параметра в Режиме Регулирования Частоты

Прежде чем запускать систему в режиме ПИД, вы должны выбрать каждый из требуемых параметров в режиме регулирования частоты. Пожалуйста, обратите внимание на следующие пункты.

#### Характеристика Разгона и Замедления

Выходной расчет ПИД не является выходной частотой преобразователя частоты. Реальная выходная частота преобразователя частоты изменяется в зависимости от рассчитанной выходной частоты в соответствии с заданным значением разгона и замедления. Это значит, что если вы устанавливаете большое значение Д-усиления, то изменение действительной выходной частоты ограничено заданной величиной, что ведет к нестабильному регулированию.

Чтобы добиться общей стабильности в работе ПИД-регулятора, изменяя каждый параметр усиления (*A 72, A 73, A 74*), следует установить самое большое значение характеристики разгона и замедления в рамках, дозволенных системой.

Не забудьте перенастроить параметры после того как вы изменили характеристику разгона и/или замедления.

#### Толчковая Частота/Диапазон

Необходимым условием для установки толковой частоты является то, что значение обратной связи не должно меняться, когда происходит перепад частоты. Если в рамках диапазона толковой частоты есть точка стабильного контроля, в рамках диапазона будут наблюдаться колебания.

### Установка Режим (Объект и Обратная Связь)

В режиме ПИД регулирования сочетание исходного объекта и исходной обратной связи может быть задано в соответствии со следующей таблицей.

		Исходный ввод объекта				
		Встроенный оператор	Много-ступенчатый объект (терминал)	Встроенный потенциометр	Аналоговый вход напряжения (0-L)	Аналоговый вход тока (0I-L)
Исходная обратная связь	Входное напряжение (0-L: 0-10V)	<i>A 01 = 02</i> <i>A 76 = 01</i>		<i>A 01=00</i> <i>A 76=01</i>	-	<i>A 01=01</i> <i>A 76=01</i>
	Входной ток (0I-L: 4-20mA)	<i>A 01 = 02</i> <i>A 76 = 00</i>		<i>A 01=00</i> <i>A 76=00</i>	<i>A 01=01</i> <i>A 76=00</i>	-

Невозможно установить обе величины на одном терминале аналогового входа.

Пожалуйста, заметьте, что преобразователь частоты совершает замедление в соответствии с заданной характеристикой замедления и останавливается, когда команда «СТОП» поступает в процессе ПИД регулирования.

## Установка Степени Преобразования Масштаба

Пожалуйста, установите этот параметр в зависимости от необходимого действия: например, поток (воды, воздуха), давление, температура и т. д. Для получения более подробной информации см. «Преобразование масштаба» в главе «Структура и Параметры».

## Установка Объекта при Помощи Цифрового Входного Сигнала

Пожалуйста, используйте следующие сведения при изменении объекта при помощи цифрового входного сигнала (макс. 4-х битного).

### Установка входного терминала

У преобразователей частоты серий L100/SJ100 имеется 5 интеллектуальных входных терминалов. Прежде всего, присвойте названия “CF1”, “CF2”, “CF3”, “CF4” 4-м из интеллектуальных входных терминалов. Это может быть выполнено при помощи функций от C01 до C05, которые соответствуют терминалам 1-5 на I-O card.

### Установка каждого значения объекта

Затем, вы устанавливаете необходимое количество объектов ( до 16 максимум), при помощи следующей таблицы. Пожалуйста, устанавливайте их в функциях от A 21 до A 35, которые соответствуют объектам от 1 до 15. A 20 и F 01 соответствуют объекту 0. Пожалуйста, обратите внимание, что в том случае, когда степень преобразования масштаба задана, вы должны устанавливать эти объекты с преобразованным значением, соответствующим степени преобразования.

№	CF4	CF3	CF2	CF1	Соответствующий номер цели (следует устанавливать номер функции)
	( 1 : ON. 0 : OFF )				
1	0	0	0	0	Цель 0 (A 20 или F 01)
2	0	0	0	1	Цель 1 (A 21)
3	0	0	1	0	Цель 2 (A 22)
4	0	0	1	1	Цель 3 (A 23)
5	0	1	0	0	Цель 4 (A 24)
6	0	1	0	1	Цель 5 (A 25)
7	0	1	1	0	Цель 6 (A 26)
8	0	1	1	1	Цель 7 (A 27)
9	1	0	0	0	Цель 8 (A 28)
10	1	0	0	1	Цель 9 (A 29)
11	1	0	1	0	Цель 10 (A 30)
12	1	0	1	1	Цель 11 (A 31)
13	1	1	0	0	Цель 12 (A 32)
14	1	1	0	1	Цель 13 (A 33)
15	1	1	1	0	Цель 14 (A 34)
16	1	1	1	1	Цель 15 (A 35)

Например, если вам нужны всего 4 объекта, вы будете использовать лишь CF1 и CF2. Если вам нужны 8 объектов, вы будете использовать CF1, CF2 и CF3.

---

## Установка Режима ПИД

Пожалуйста, установите выбор режима ПИД A71 на 01. Вы также можете сначала установить эту функцию.

---

## Примеры Настройки Каждого Усиления (Кп и Ви)

Проверьте наличие сигнала обратной связи или выходную частоту преобразователя частоты, когда приступаете к изменению объектов (см. цифры в разделе «Установка параметров ПИД» в главе «ПИД Регулирование ПЧ Серий L100/SJ100»).

Пожалуйста, используйте осциллограф или другое измерительное оборудование для наблюдения за колебаниями значений обратной связи или выходной частоты преобразователя частоты (частотный монитор).

Приготовьте два объекта, которые можно будет изменить при помощи цифрового входного сигнала, чтобы вы могли изменять объекты постепенно.

На выходе, регулирующая система должна быть стабильной.

---

## Настройка Пропорционального Усиления (Кп: Функция A 72)

Начните работу только с П-составляющей без И- и Д-регулирования.

Сначала, задайте минимальное значение П-усиления и проверьте результат. В зависимости от результата увеличивайте П-усиление постепенно. Повторяйте эту операцию до тех пор, пока не добьетесь хорошего результата. (Вы, также, можете установить максимальное П-усиление и проверить результат. Если в системе нет стабильности, уменьшите П-усиление и проверьте результат. Повторяйте эту операцию...)

Если работа нестабильная, уменьшите П-усиление.

Если устойчивое состояние отклонения приемлемо, вы завершили настройку П-усиления.

---

## Настройка Интегрального Времени (Ви: Функция A73) и Перенастройка Кп

Начните настройку с установки минимального интегрального времени. Даже если возникнут трудности при установке, уменьшите П-усиление.

Если отклонение не изменяется, уменьшите интегральное время. Если в это время регулирование становится нестабильным, уменьшите П-усиление.

Повторите эту операцию, чтобы установить подходящие параметры.

Пожалуйста, обратите внимание, что в руководстве по эксплуатации, функция A73 называется «**Интегральное Усиление (Ки)**». Но, в действительности это «**Интегральное Время (Ви)**». Пожалуйста, будьте внимательны, когда устанавливаете этот параметр.

## Общие Замечания

Когда вы устанавливаете функцию AVR (АРН – автоматическое регулирование напряжения) в режиме “**DOFF**”, что делает эту функцию бездейственной только во время ПИД регулирования процесса замедления, появляется возможность колебаний в работе двигателя при некоторых действиях. Это происходит потому, что двигатель постоянно разгоняется и замедляется каждый раз, когда происходит включение функции АРН, что может привести к нестабильному вращению двигателя. В подобном случае отключите функцию АРН.

## Глава 4 – Примеры Применения

В этой главе вы найдете описание примеров установки параметров в конкретных случаях применения.

### Регулирование Потока

На рисунке значения объекты 150 м<sup>3</sup>/мин и 300 м<sup>3</sup>/мин.

Номер Функции		Название Функции в Режиме ПИД Регулирования	Входные данные	Замечания
Встроенный Оператор	DOP, DRW			
<i>F 01</i>	Режим монитора	Объект 0	150	Устанавливайте непосредственно «150 [м <sup>3</sup> /мин]», т.к. дана степень преобразования масштаба
<i>A 01</i>		Установка исходного значения объекта	02	Оператор
<i>A 11</i>		Установка значения обратной связи в % для более низкого уровня приемки	0	0 %
<i>A 12</i>		Установка значения обратной связи в % для более высокого уровня приемки	100	100 %
<i>A 13</i>	<i>F 31</i>	Установка значения обратной связи для настройки более низкого уровня приемки	20	20 %
<i>A 14</i>		Установка значения обратной связи для настройки более высокого уровня приемки	100	100 %
<i>A 21</i>	<i>F 11</i>	Объект 1	300	300 [м <sup>3</sup> /мин]
<i>A 71</i>		Выбор режима ПИД	01	Режим ПИД ВКЛ.
<i>A 72</i>		Установка П-усиления	-	Зависит от каждого конкретного положения
<i>A 73</i>		Установка И-усиления	-	
<i>A 74</i>		Установка Д-усиления	-	
<i>A 75</i>	<i>F 39</i>	Установка степени преобразования масштаба ПИД	5.0	100% при 500 [м <sup>3</sup> /мин]
<i>A 76</i>		Источник выбора сигнала обратной связи	00	Обратная связь с терминала OI-L

## Регулирование Температуры

При регулировании потока, описанном в предыдущем разделе, выходная частота преобразователя частоты возрастает в том случае, когда значение обратной связи меньше значения объекта. Выходная частота уменьшается, когда значение обратной связи больше значения объекта. Однако, при регулировании температуры все происходит наоборот. Преобразователь частоты увеличивает выходную частоту, чтобы охлаждающий вентилятор работал быстрее, в том случае когда сигнал обратной связи температуры выше установленного объекта температуры, например.

Ниже, на рисунке вы видите пример применения подобной операции.

Номер Функции		Название Функции в Режиме ПИД Регулирования	Входные данные	Замечания
Встроенный Оператор	DOP, DRW			
<i>F 01</i>	Режим монитора	Объект 0	20	Устанавливайте непосредственно «20 [градусов]», т.к. дана степень преобразования масштаба
<i>A 01</i>		Установка исходного значения объекта	02	Оператор
<i>A 11</i>		Установка значения обратной связи в % для более низкого уровня приемки	100	100 %
<i>A 12</i>		Установка значения обратной связи в % для более высокого уровня приемки	0	0 %
<i>A 13</i>	<i>F 31</i>	Установка значения обратной связи для настройки более низкого уровня приемки	0	0 %
<i>A 14</i>		Установка значения обратной связи для настройки более высокого уровня приемки	100	100 %
<i>A 21</i>	<i>F 11</i>	Объект 1	30	300 [градусов]
<i>A 71</i>		Выбор режима ПИД	01	Режим ПИД ВКЛ.
<i>A 72</i>		Установка П-усиления	-	Зависит от каждого конкретного положения
<i>A 73</i>		Установка И-усиления	-	
<i>A 74</i>		Установка Д-усиления	-	
<i>A 75</i>	<i>F 39</i>	Установка степени преобразования масштаба ПИД	5.0	100% при 50 [градусов]
<i>A 76</i>		Источник выбора сигнала обратной связи	00	Обратная связь с терминала OI-L