

РУКОВОДСТВО ПО НАСТРОЙКЕ ПИД-РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ ПЧ NVF7

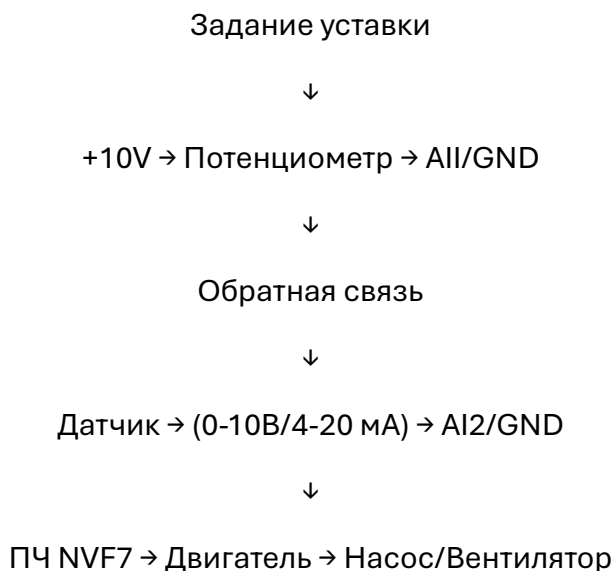
1. Введение в ПИД-регулирование

ПИД-регулятор (Пропорционально-Интегрально-Дифференциальный) в преобразователе частоты NVF7 предназначен для поддержания технологического параметра (давления, температуры, уровня, расхода) на заданном значении путем автоматического регулирования скорости двигателя.

Принцип работы: ПЧ сравнивает заданное значение (уставку) с фактическим значением (обратной связью) и автоматически корректирует выходную частоту для минимизации ошибки регулирования.

2. Подключение оборудования

2.1. Схема подключения



2.2. Настройка аналоговых входов

- **AI1** - для задания уставки (внешний потенциометр 1-5 кОм)
- **AI2** - для обратной связи (датчик 0-10В или 4-20 мА)

Параметры настройки входов:

F5-13 = 0.00В (Мин. значение AI1)

F5-14 = 0.0% (Соответствующая частота)

F5-15 = 10.00В (Макс. значение AI1)

F5-16 = 100.0% (Соответствующая частота)

F5-18 = 0.00В (Мин. значение AI2)

F5-19 = 0.0% (Соответствующее значение)

F5-20 = 10.00В (Макс. значение AI2)

F5-21 = 100.0% (Соответствующее значение)

3. Базовая настройка ПИД-регулятора

3.1. Включение ПИД-регулятора

F0-03 = 8 (Источник частоты - ПИД-регулятор)

3.2. Настройка источников сигналов

F9-00 = 0 (Задание уставки - AI1)

F9-02 = 2 (Обратная связь - AI2)

3.3. Направление регулирования

F9-03 = 0/1 (0 - прямое, 1 - обратное регулирование)

- **Прямое (0):** увеличение обратной связи → уменьшение частоты
- **Обратное (1):** увеличение обратной связи → увеличение частоты

Пример: Для системы давления - прямое регулирование; для системы расхода - обратное.

4. Настройка ПИД-параметров

4.1. Базовые параметры

F9-04 = 50.0 (Пропорциональный коэффициент K_p)

F9-05 = 10.0 (Интегральное время T_i , секунды)

F9-06 = 0.10 (Дифференциальное время T_d , секунды)

4.2. Рекомендации по начальной настройке

Для систем с медленным откликом (температура):

F9-04 = 20.0 (Меньший K_p)

F9-05 = 30.0 (Большее время интегрирования)

F9-06 = 0.00 (Без дифференциальной составляющей)

Для систем с быстрым откликом (давление, расход):

F9-04 = 80.0 (Большой K_p)

F9-05 = 5.0 (Меньшее время интегрирования)

F9-06 = 0.05 (Небольшая дифференциальная составляющая)

5. Дополнительные настройки

5.1. Ограничения частоты

F9-07 = 0.0% (Нижний предел выходной частоты ПИД)

F9-08 = 100.0% (Верхний предел выходной частоты ПИД)

5.2. Время коррекции

F9-09 = 0.10 (Время выборки ПИД, секунды)

5.3. Настройка диапазонов

F9-10 = 0.0% (Минимальная уставка)

F9-11 = 100.0% (Максимальная уставка)

F9-12 = 0.0% (Минимум обратной связи)

F9-13 = 100.0% (Максимум обратной связи)

6. Функции защиты и мониторинга

6.1. Защита от обрыва обратной связи

F9-26 = 10.0% (Нижний порог обратной связи)

F9-27 = 1 (Действие при обрыве: 1-останов, 2-работа по уставке)

6.2. Защита от превышения обратной связи

F9-29 = 90.0% (Верхний порог обратной связи)

7. Практическая процедура настройки

Шаг 1: Базовая настройка

1. Подключите датчик обратной связи к AI2 и укажите F9-02=2
2. Подключите задание уставки к AI1 (например, внешний потенциометр) или используйте внутреннее задание частоты F9-01
3. Установите F0-03=8, если используется AI1 для задания опорного сигнала, то F9-00=1, если же используется внутренняя уставка F9-01, то тогда F9-00=0
4. Задайте начальные параметры ПИД (раздел 4.2)

Шаг 2: Настройка пропорциональной составляющей

1. Установите F9-05=100.0 (отключить интегральную составляющую)
2. Установите F9-06=0.00 (отключить дифференциальную составляющую)
3. Медленно уменьшайте F9-04 до появления колебаний
4. Установите F9-04 = (значение при колебаниях) × 0.5

Шаг 3: Настройка интегральной составляющей

1. Медленно уменьшайте F9-05 до появления перерегулирования
2. Установите F9-05 = (значение при перерегулировании) × 2

Шаг 4: Настройка дифференциальной составляющей

1. Медленно увеличивайте F9-06 для уменьшения перерегулирования

2. Остановитесь, если система становится слишком "жесткой"

8. Диагностика и устранение неисправностей

Проблема: Колебания системы

Решение:

- Увеличить F9-04 (уменьшить коэффициент пропорциональности)
- Увеличить F9-05 (увеличить время интегрирования)
- Уменьшить F9-06 (уменьшить время дифференцирования)

Проблема: Медленный отклик

Решение:

- Уменьшить F9-04 (увеличить коэффициент пропорциональности)
- Уменьшить F9-05 (уменьшить время интегрирования)
- Увеличить F9-06 (увеличить время дифференцирования)

Проблема: Перерегулирование

Решение:

- Уменьшить F9-04
- Увеличить F9-05
- Увеличить F9-06

9. Мониторинг работы

Параметры для наблюдения:

- U0-10 = 3408 (Уставка ПИД-регулятора)
- U0-11 = 3409 (Обратная связь ПИД-регулятора)
- U0-12 = 340A (Выход ПИД-регулятора, %)

10. Типовые применения

Система поддержания давления

F9-04 = 60.0, F9-05 = 8.0, F9-06 = 0.08

F9-03 = 0 (Прямое регулирование)

Система поддержания температуры

F9-04 = 25.0, F9-05 = 25.0, F9-06 = 0.00

F9-03 = 1 (Обратное регулирование)

Система поддержания уровня

F9-04 = 40.0, F9-05 = 15.0, F9-06 = 0.05

F9-03 = 0/1 (В зависимости от схемы)

КРАТКИЙ АЛГОРИТМ БЫСТРОЙ НАСТРОЙКИ

1. **F0-03 = 8** - источник частоты ПИД
2. **F9-00 = 1** - уставка от AI1 либо **F9-00=0** и тогда задание в **F9-01**
3. **F9-02 = 2** - обратная связь от AI2
4. **F9-03 = 0** - направление регулирования
5. **F9-04 = 50.0** - начальный коэффициент K_p
6. **F9-05 = 10.0** - начальное время T_i
7. Запустить систему и настроить методом "проб и ошибок"

ПОДКЛЮЧЕНИЕ ПАССИВНОГО ДАТЧИКА ОБРАТНОЙ СВЯЗИ К АНАЛОГОВОМУ ВХОДУ NVF7

1. Что такое пассивный датчик обратной связи

Пассивный датчик — не имеет встроенного источника питания и требует внешнего питания от ПЧ.

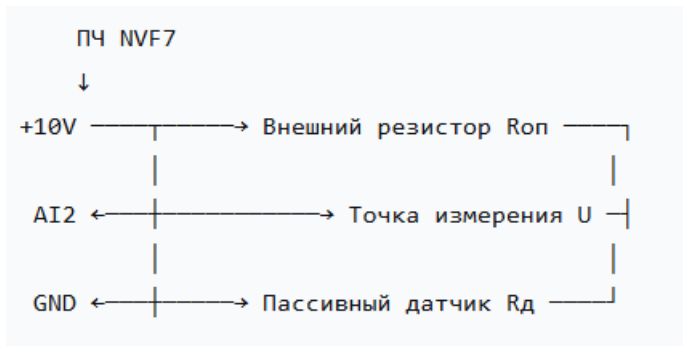
Типы пассивных датчиков обратной связи:

- **Термисторы (NTC/PTC)** — температура

- **Потенциометрические датчики** — уровень, положение
- **Тензодатчики** — давление, вес
- **Фоторезисторы** — освещенность

2. Схемы подключения

СПОСОБ 1: Подключение через встроенный источник +10В (РЕКОМЕНДУЕМЫЙ)



Расчет номиналов:

- **R_{оп}** = номинальному сопротивлению датчика в рабочей точке
- **Напряжение на AI2:** $U = +10V \times (R_d / (R_{оп} + R_d))$

Пример для термистора 10 кОм:

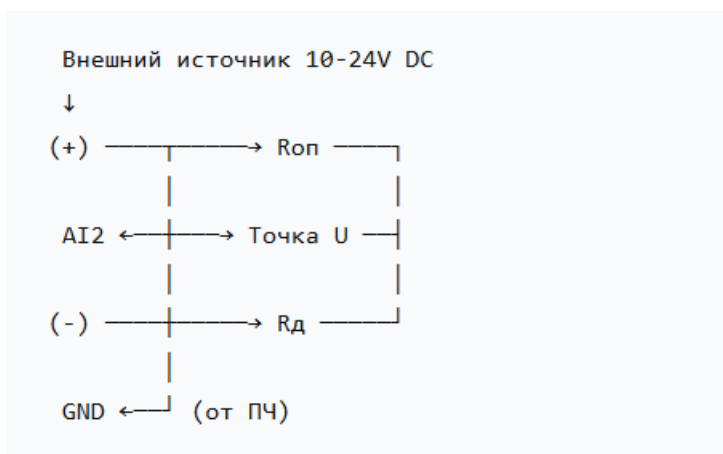
R_{оп} = 10 кОм

При R_д = 10 кОм → U = 5.0В

При R_д = 1 кОм → U = 0.9В (нагрев)

При R_д = 100 кОм → U = 9.1В (охлаждение)

СПОСОБ 2: Подключение через внешний источник питания



3. Подробная настройка параметров ПЧ

Шаг 1: Настройка аналогового входа AI2

// Настройка диапазона напряжений AI2

F5-18 = 0.50V // Минимальное напряжение (соответствует макс. значению параметра)

F5-19 = 100.0% // 100% шкалы при 0.5V

F5-20 = 9.50V // Максимальное напряжение (соответствует мин. значению параметра)

F5-21 = 0.0% // 0% шкалы при 9.5V

// Настройка фильтрации (защита от помех)

F5-22 = 0.30 с // Время фильтрации AI2

// Калибровка при необходимости

F5-45 = 0.50V // Измеренное напряжение 1

F5-46 = 0.50V // Отображаемое напряжение 1

F5-47 = 9.50V // Измеренное напряжение 2

F5-48 = 9.50V // Отображаемое напряжение 2

Шаг 2: Настройка ПИД-регулятора

// Основные настройки ПИД

F0-03 = 8 // Источник частоты - ПИД-регулятор
F9-00 = 1 // Задание уставки от AI1 (потенциометр)
F9-02 = 2 // Обратная связь от AI2 (пассивный датчик)

// Направление регулирования

F9-03 = 0 // 0-прямое: рост обратной связи → уменьшение частоты
// 1-обратное: рост обратной связи → увеличение частоты

// ПИД-параметры (стартовые настройки)

F9-04 = 40.0 // Kp (пропорциональный коэффициент)
F9-05 = 15.0 // Ti (интегральное время, сек)
F9-06 = 0.05 // Td (дифференциальное время, сек)

Шаг 3: Настройка защиты

// Защита от обрыва датчика

F9-26 = 5.0% // Нижний порог обратной связи (0.25V при 0.5-9.5V диапазоне)
F9-27 = 1 // Действие: 1-останов, 2-работа по уставке

// Защита от КЗ датчика

F9-29 = 95.0% // Верхний порог обратной связи (9.0V при 0.5-9.5V диапазоне)

4. Практические примеры настройки

Пример 1: Терморегулятор с NTC 10 кОм

// Датчик: NTC 10 кОм (25°C), Rоп = 10 кОм

// Диапазон: 20°C-80°C → 12.5 кОм-1.5 кОм → 5.6V-1.3V

F5-18 = 1.30V // 80°C (макс. температура)

F5-19 = 100.0% // 100% = макс. температура

F5-20 = 5.60V // 20°C (мин. температура)

F5-21 = 0.0% // 0% = мин. температура

F9-03 = 1 // ОБРАТНОЕ регулирование: рост температуры → рост частоты (охлаждение)

Пример 2: Датчик уровня с потенциометром 5 кОм

// Датчик: потенциометр 5 кОм, Rоп = 5 кОм

// Диапазон: 0-100% → 0-10V

F5-18 = 0.10V // 0% уровня

F5-19 = 0.0% // 0% шкалы

F5-20 = 9.90V // 100% уровня

F5-21 = 100.0% // 100% шкалы

F9-03 = 0 // ПРЯМОЕ регулирование: рост уровня → уменьшение частоты

5. Решение проблем

Проблема: Нелинейность характеристики

Для термисторов NTC:

// Использование многоточечной кривой (группа параметров A0)

F5-33 = X21 // Настройка кривой A12 на использование 4-точечной кривой 2

// Настройка точек кривой (пример для NTC)

A0-08 = 0.0% // Точка 1: напряжение = 0%

A0-09 = 0.0% // Точка 1: значение = 0%

A0-10 = 33.0% // Точка 2: напряжение = 33%

A0-11 = 20.0% // Точка 2: значение = 20%

A0-12 = 66.0% // Точка 3: напряжение = 66%

A0-13 = 50.0% // Точка 3: значение = 50%

A0-14 = 100.0% // Точка 4: напряжение = 100%

A0-15 = 100.0% // Точка 4: значение = 100%

Проблема: Сильные помехи

// Увеличение фильтрации

F5-22 = 1.00 с // Время фильтрации AI2

// Использование экранированного кабеля

// Подключение экрана к GND только со стороны ПЧ

Проблема: Недостаточное напряжение

// Использование внешнего источника 24В

// Схема: 24V(+) → Rоп → AI2 → Rд → 24V(-)

// GND ПЧ подключить к 24V(-)

6. Мониторинг и диагностика

Ключевые параметры для наблюдения:

U0-0E = 340E // Текущее значение AI2 (напряжение)

U0-11 = 3409 // Значение обратной связи ПИД (%)

U0-12 = 340A // Выход ПИД-регулятора (%)

U0-03 = 3403 // Выходное напряжение ПЧ

U0-04 = 3404 // Выходной ток ПЧ

7. Проверка работоспособности

1. **При отключенном датчике:** U0-0E ≈ 10В (обрыв)
2. **При закороченном датчике:** U0-0E ≈ 0В (КЗ)
3. **В рабочем режиме:** U0-0E изменяется в диапазоне 0.5-9.5В
4. **Стабильность:** Значение U0-0E не должно "дребезжать"

8. Краткий алгоритм настройки

1. **Рассчитать $R_{оп}$** = номиналу датчика
2. **Собрать схему** делителя напряжения
3. **Настроить F5-18...F5-21** под рабочий диапазон
4. **Настроить F9-00...F9-03** для включения ПИД
5. **Задать F9-26, F9-29** для защиты
6. **Запустить и настроить F9-04...F9-06** методом проб

ПОДКЛЮЧЕНИЕ АКТИВНОГО ДАТЧИКА ОБРАТНОЙ СВЯЗИ К АНАЛОГОВОМУ ВХОДУ NVF7

1. Что такое активный датчик обратной связи

Активный датчик — имеет встроенный источник питания или усилитель и выдает стандартный сигнал:

Типы выходных сигналов:

- **Напряжение 0-10В** — датчики давления, температуры, уровня
- **Ток 4-20 мА** — промышленные датчики (помехозащищенность)
- **Ток 0-20 мА** — устаревший стандарт

Примеры активных датчиков:

- Датчик давления с выходом 4-20 мА
- Преобразователь температуры Pt100 → 0-10В
- Уровнемер с токовым выходом
- Расходомер с выходом 0-10В

2. Схемы подключения

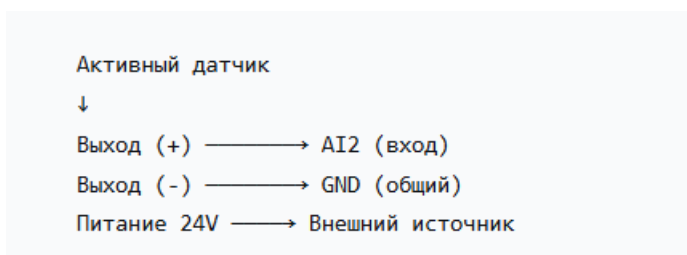
СПОСОБ 1: Подключение токового датчика 4-20 мА



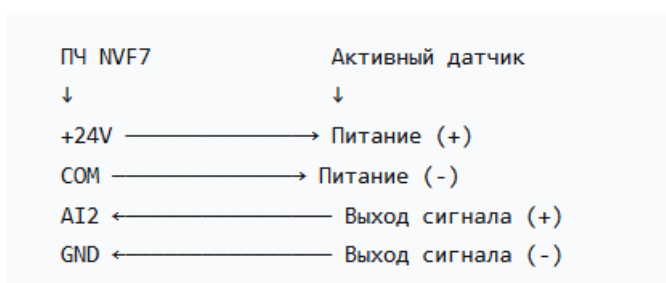
Переключение в режим тока:

- Переключение перемычки на плате управления ПЧ для AI2 в режим тока

СПОСОБ 2: Подключение датчика напряжения 0-10В



СПОСОБ 3: Использование встроенного питания +24В ПЧ



Внимание! Максимальный ток +24V = 200 мА

3. Подробная настройка параметров ПЧ

Шаг 1: Настройка аппаратной части

Для токового входа 4-20 мА:

- Найти перемычки **J2, J3** на плате управления

- Установить перемычку в положение «I» (ток)

Для напряжения 0-10В:

- Перемычка в положении «U» (напряжение)
-

Шаг 2: Настройка аналогового входа AI2

Для датчика давления 0-10 бар, 4-20 мА:

// Настройка диапазона AI2

F5-18 = 0.00V // Минимальное напряжение (4 мА)

F5-19 = 0.0% // 0% шкалы = 0 бар

F5-20 = 10.00V // Максимальное напряжение (20 мА)

F5-21 = 100.0% // 100% шкалы = 10 бар

// Для токового входа эквивалентно:

// 4 мА = 0.0% = 0 бар

// 20 мА = 100.0% = 10 бар

Для датчика температуры -50...+150°C, 4-20 мА:

F5-18 = 0.00V // 4 мА = -50°C

F5-19 = 0.0% // 0% шкалы

F5-20 = 10.00V // 20 мА = +150°C

F5-21 = 100.0% // 100% шкалы

Шаг 3: Настройка ПИД-регулятора

// Основные настройки

F0-03 = 8 // Источник частоты - ПИД-регулятор

F9-00 = 1 // Задание уставки от AI1 (потенциометр)

F9-02 = 2 // Обратная связь от AI2 (активный датчик)

// Направление регулирования

F9-03 = 0 // 0-прямое: рост давления → уменьшение частоты

 // 1-обратное: рост температуры → увеличение частоты

// Начальные ПИД-параметры

F9-04 = 50.0 // Kp

F9-05 = 10.0 // Ti (сек)

F9-06 = 0.02 // Td (сек)

4. Практические примеры настройки

Пример 1: Датчик давления 0-16 бар, 4-20 мА

// Настройка AI2

F5-18 = 0.00V // 4 мА = 0 бар

F5-19 = 0.0% // 0% шкалы

F5-20 = 10.00V // 20 мА = 16 бар

F5-21 = 100.0% // 100% шкалы

// ПИД-регулятор

F9-03 = 0 // ПРЯМОЕ: давление ↑ → частота ↓

F9-07 = 25.0% // Нижний предел частоты ПИД

F9-08 = 100.0% // Верхний предел частоты ПИД

Пример 2: Датчик температуры 0-200°C, 0-10V

// Настройка AI2

F5-18 = 0.00V // 0V = 0°C

F5-19 = 0.0% // 0% шкалы

F5-20 = 10.00V // 10V = 200°C

F5-21 = 100.0% // 100% шкалы

// ПИД-регулятор

F9-03 = 1 // ОБРАТНОЕ: температура $\uparrow \rightarrow$ частота \uparrow (охлаждение)

F9-04 = 30.0 // Меньший Kp для температуры

F9-05 = 25.0 // Большее время интегрирования

Пример 3: Датчик уровня 0-5м, 4-20 мА с смещением нуля

// Калибровка под реальный диапазон

F5-45 = 0.50V // Измеренное: 4 мА (0.5V при 250 Ом)

F5-46 = 0.00V // Отображаемое: 0.0V

F5-47 = 5.00V // Измеренное: 12 мА (проверочная точка)

F5-48 = 5.00V // Отображаемое: 5.00V

5. Защита и диагностика

Защита от обрыва и КЗ датчика

// Защита от обрыва (ток < 3.5 мА)

F9-26 = 10.0% // Нижний порог (2.0V для 4-20 мА)

F9-27 = 1 // 1-останов, 2-работа по уставке

// Защита от КЗ и перегрузки

F9-29 = 105.0% // Верхний порог (21 мА)

Фильтрация сигнала

F5-22 = 0.10 с // Время фильтрации AI2

// Для быстрых процессов: 0.02-0.05 с

// Для медленных процессов: 0.5-1.0 с

6. Решение проблем

Проблема: Сигнал зашумлен

// Увеличение фильтрации

F5-22 = 0.30 с

// Использование экранированного кабеля

// Подключение экрана к GND ПЧ

// Прокладка вдали от силовых кабелей

Проблема: Неправильный диапазон сигнала

// Калибровка AI2

F5-45 = X.XX В // Фактическое напряжение 1

F5-46 = Y.YY В // Желаемое напряжение 1

F5-47 = X.XX В // Фактическое напряжение 2

F5-48 = Y.YY В // Желаемое напряжение 2

Проблема: Дрейф нуля

// Установка мертвой зоны

F9-22 = 2.0% // Зона нечувствительности

7. Мониторинг работы

Ключевые параметры для наблюдения:

U0-0E = 340E // Текущее значение AI2 (напряжение)

U0-11 = 3409 // Значение обратной связи ПИД (%)

U0-12 = 340A // Выход ПИД-регулятора (%)

U0-04 = 3404 // Выходной ток ПЧ

U0-05 = 3405 // Выходная частота

8. Проверка работоспособности

1. При отключенном датчике:

- Токковый вход: $U_{0-0E} = 0V \rightarrow$ ошибка обрыва
- Напряжения: $U_{0-0E} = 0V$

2. При закороченном входе: $U_{0-0E} = 0V$

3. В рабочем режиме: U_{0-0E} изменяется 0.5-9.5V (для 4-20 мА)

4. Стабильность: Значение U_{0-11} не должно колебаться более $\pm 1\%$

9. Особые случаи

Использование внешнего резистора 250 Ом

Для преобразования 4-20 мА в 1-5V:

+24V \rightarrow Датчик \rightarrow AI2 \rightarrow Rнагр 250 Ом \rightarrow GND

Подключение датчика с гальванической развязкой

Датчик (питание 24V) \rightarrow Выход (\pm) \rightarrow AI2/GND ПЧ

↓

Развязка по питанию и сигналу

10. Краткий алгоритм настройки

1. **Определить тип сигнала** (0-10V/4-20 мА)
2. **Установить перемычки/параметры** режима входа
3. **Подключить по схеме** с экранированием
4. **Настроить F5-18...F5-21** под диапазон датчика
5. **Настроить F9-00...F9-03** для ПИД-регулятора
6. **Задать защитные параметры F9-26, F9-29**
7. **Запустить и настроить F9-04...F9-06**