

Использование частотных преобразователей «Веспер» в режиме ПИД-регулирования

Компания
ВЕСПЕР

Статья поможет получить необходимую краткую информацию о принципе работы ПИД-регулятора и об использовании преобразователей частоты в системах автоматического регулирования. В статье приведены практические рекомендации (схемы подключения, программирование, настройка) по применению различных моделей преобразователей частоты «Веспер» в системах автоматического регулирования. Материал основан на опыте эксплуатации преобразователей частоты компании «Веспер».

ООО «Веспер автоматика», г. Москва

В настоящее время преобразователи частоты стали достаточно широко распространенными приборами и применяются в различных отраслях промышленности, сельском хозяйстве, ЖКХ, быту и т.д. Их монтажом, пусконаладкой, эксплуатацией и ремонтом занимаются как высококвалифицированные специалисты, так и люди без специального образования по электроприводе.

Изложенный ниже материал является попыткой дать ответы на вопросы, наиболее часто возникающие в процессе настройки преобразователя частоты с ПИД-регулятором. Статья поможет специалистам различного уровня избежать характерных ошибок при монтаже и пусконаладке преобразователей частоты, используемых для работы в системах автоматического регулирования.

Причины, по которым не удается обеспечить удовлетворительную работу оборудования, обычно достаточно просты:

- ▶ неправильный выбор преобразователя частоты или дополнительных устройств;
- ▶ ошибки при подключении силовых цепей и цепей управления;
- ▶ ошибки при подключении датчика технологического параметра;

▶ неправильная установка параметров преобразователя частоты для работы в режиме ПИД-регулирования.

Статья поможет избежать подобных неприятностей. Техническому сотруднику, который впервые сталкивается с решением подобной задачи, целесообразно прочитать ее полностью. Для подготовленных специалистов, имеющих опыт настройки систем с ПИД-регулятором, возможно, будет полезна глава «Подключение и настройка преобразователей частоты «Веспер» в режиме ПИД-регулирования», где приведены типовые решения по применению различных моделей преобразо-

вателей частоты «Веспер» в системах автоматического регулирования.

Надеемся, данная статья принесет пользу электротехническому персоналу предприятий, но она не заменит руководства по эксплуатации и учебника по электроприводе.

Принцип работы ПИД-регулятора

Многие преобразователи частоты имеют функцию ПИД-регулирования (пропорционально-интегрально-дифференциального регулирования). ПИД-регулятор является одним из основных узлов замкнутой системы регулирования нужного параметра: давления, расхода, уровня, скорости, температуры и т.д.

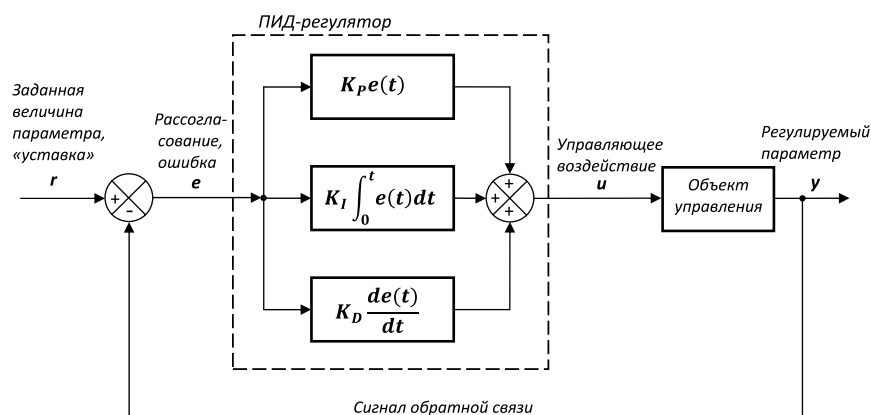


Рис. 1. Структурная схема ПИД-регулятора

В преобразователе частоты ПИД-регулятор имеет два входа (рис. 1). На один вход поступает сигнал задания необходимой величины параметра, этот сигнал еще называют уставкой. На второй — сигнал обратной связи от датчика о фактическом значении параметра. В зависимости от величины и знака рассогласования между этими сигналами на выходе ПИД-регулятора формируется сигнал, изменяющий выходную частоту преобразователя с целью максимально уравнивать уставку и фактический уровень сигнала. Выходной сигнал ПИД-регулятора определяется величиной рассогласования (пропорциональная составляющая), длительностью рассогласования (интегральная составляющая) и скоростью изменения рассогласования (дифференциальная составляющая).

Пропорциональная составляющая стремится устранить непосредственную ошибку в значении регулируемого параметра, наблюдаемую в данный момент времени. Значение этой составляющей прямо пропорционально отклонению измеряемой величины от уставки. Подобный регулятор называется пропорциональным, или П-регулятором. Его выходной сигнал — это ошибка управления $e(t)$, умноженная на коэффициент K_p :

$$u(t) = K_p e(t).$$

При использовании только пропорционального регулятора значение регулируемой величины никогда не устанавливается на заданном значении, и всегда будет иметь место статическая ошибка. По мере увеличения коэффициента пропорциональности растет точность и скорость отработки отклонения, но снижается устойчивость системы и может возникнуть колебательный процесс.

Для устранения статической ошибки в структуру регулятора вводят интегральную составляющую с коэффициентом K_i :

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt.$$

Такой регулятор называется пропорционально-интегральным, или ПИ-регулятором. Выходной сигнал интегратора пропорционален накопленной ошибке, что обеспе-

чивает нулевую ошибку в установившемся состоянии, но замедляет переходный процесс.

Для ускорения переходных процессов в структуру регулятора вводят дифференциальную составляющую с коэффициентом K_d :

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt}.$$

Такой регулятор называется пропорционально-интегрально-дифференцирующим, или ПИД-регулятором. Сигнал дифференциального канала наиболее важен при быстрых изменениях сигнала на входах регулятора и исчезает в установившемся режиме. Он позволяет реагировать не на само увеличение ошибки, а на скорость ее изменения. Главный недостаток дифференциального канала — большое влияние высокочастотных помех, например шумов измерений.

Преобразователь частоты в системе автоматического регулирования

Наиболее часто преобразователи частоты, работающие в режиме ПИД-регулирования, решают задачу поддержания постоянного давления в различных гидравлических системах. Рассмотрим для примера работу системы поддержания заданного давления жидкости в трубопроводе вне зависимости от ее расхода.

Для осуществления регулирования с использованием преобразователя частоты обычно строится замкнутая система (рис. 2). На ее вход подаются сигнал задания давления (уставка) и сигнал реального давления, получаемый с датчика обратной связи. Отклонение между реальным и заданным значениями преобразуется ПИД-регулятором в сигнал

задания частоты для преобразователя. Под воздействием сигнала задания преобразователь изменяет скорость вращения электродвигателя насоса и стремится привести отклонение между заданным и реальным значением давления к нулю.

В случае падения давления (например, вследствие увеличения расхода воды) ПИД-регулятор увеличит выходную частоту преобразователя частоты, что приведет к увеличению скорости вращения насоса, и давление в системе начнет повышаться. Если же давление окажется больше заданной величины (например, вследствие снижения расхода воды), ПИД-регулятор уменьшит выходную частоту и давление уменьшится. Таким образом, давление в системе поддерживается на заданной величине и не зависит от расхода.

Подключение и настройка преобразователей частоты «Веспер» в режиме ПИД-регулирования

Рассмотрим применение преобразователей частоты «Веспер» с встроенным ПИД-регулятором в системах автоматического регулирования. В качестве примера используем систему водоснабжения, в которой требуется поддерживать заданное давление независимо от расхода воды. Необходимый уровень давления задается в преобразователе частоты посредством установки задания частоты. Значение частоты рассчитывается по формуле:

$$F_z = \frac{P \cdot F_{max}}{P_{max}},$$

где F_z — задание частоты, Гц;

P — необходимое давление в системе, бар;

F_{max} — максимальная выходная частота, Гц;

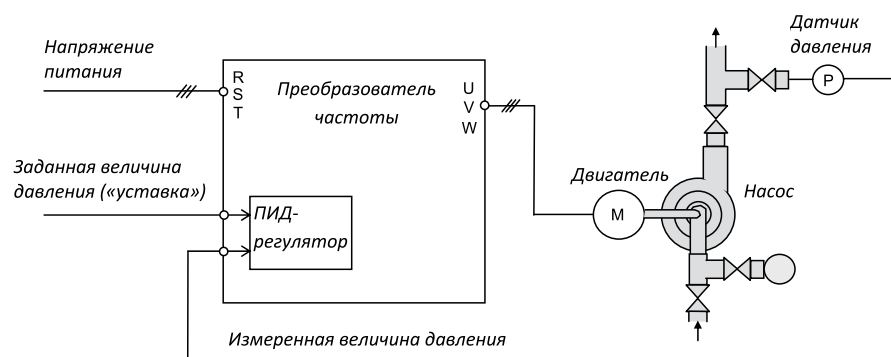


Рис. 2. Система автоматического поддержания заданного давления



Рис. 3. Датчик давления

P_{max} — максимальное давление датчика, бар.

Например, если необходимо давление в системе 5 бар и применяется датчик 0–10 бар, то необходимо установить заданную частоту:

$$F_3 = \frac{5 \cdot 50}{10} = 25 \text{ Гц}.$$

Во всех приведенных ниже примерах используются одинаковые схемы управления преобразователями частоты:

- ▶ управление пуском/остановом двигателя внешним контактом по 2-проводной схеме;
- ▶ задание частоты (установка по давлению) кнопками на пульте управления преобразователя;
- ▶ источником обратной связи является датчик давления с выходным сигналом 4–20 мА (рис. 3).

Пример 1

Подключение и настройка преобразователей частоты серии E2-8300 для работы в режиме ПИД-регулирования.

1. Подключить преобразователь частоты согласно рис. 4.
2. Установить переключатель SW1 в положение NPN.
3. Установить переключатель SW3 в положение I.
4. Запрограммировать следующие параметры:
 - ▶ 1-00 = 0001 (источник команды «пуск/стоп» — внешние клеммы);
 - ▶ 1-06 = 0000 (источник задания частоты — кнопки пульта управления);
 - ▶ 5-12 = 0020 (клемма AI2 используется как вход ПИД-регулятора);
 - ▶ 11-0 = 0001 (включение режима ПИД-регулирования);

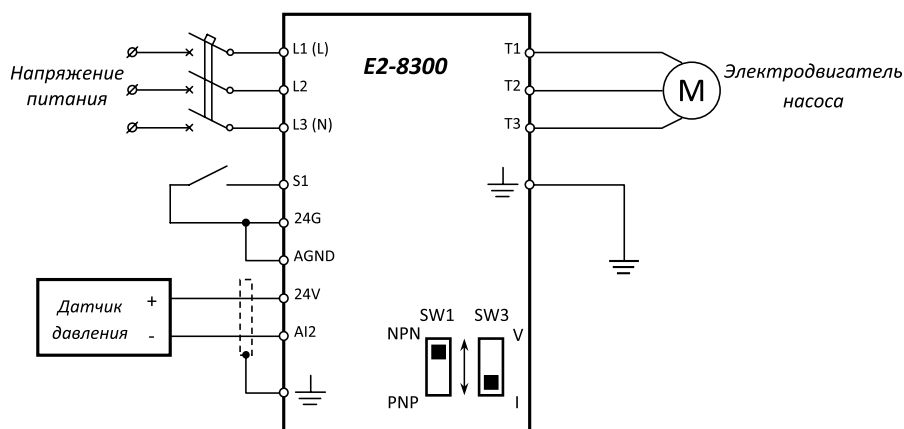


Рис. 4. Схема подключения преобразователей частоты серии E2-8300

- ▶ 12-6 = 0001 (сигнал обратной связи 4–20 мА);
- ▶ 4-06 = 0001 (отображение величины обратной связи ПИД-регулятора включено).

Величина отображается в процентах от максимального давления датчика. Например, для датчика 0–10 бар величина давления 4 бар будет иметь вид «040F» при работе и «040r» в режиме останова.

5. Установить рассчитанное задание частоты F_3 с помощью кнопок на пульте управления.

Параметры 11-2 (пропорциональная величина ПИД), 11-3 (интегральная величина ПИД) и 11-4 (дифференциальная величина ПИД) соответствуют предустановленным значениям и при необходимости подбираются на конкретном объекте для оптимальной работы регулятора.

1. Подключить преобразователь частоты согласно рис. 5.
2. Установить переключатель JP3 в верхнее положение Ii.
3. Запрограммировать следующие параметры:
 - ▶ CD-002 = 1 (источник команды «пуск/стоп» — внешние клеммы);
 - ▶ CD-042 = 0 (выбор основного аналогового входа);
 - ▶ CD-043 = 1 (тип сигнала на входе FI 4–20 мА);
 - ▶ CD-084 = 1 (включение режима ПИД-регулирования).

4. Установить рассчитанное задание частоты F_3 с помощью кнопок на пульте управления.

Параметры CD-086 (пропорциональная величина ПИД), CD-087 (интегральная величина ПИД) и CD-088 (дифференциальная величина ПИД) соответствуют предустановленным значениям и при необходимости подбираются на конкретном объекте для оптимальной работы регулятора.

Измеренную преобразователем частоты величину давления (приведенную к частоте 50 Гц) можно про-

Пример 2

Подключение и настройка преобразователей частоты серии EI-7011 и EI-P7012 для работы в режиме ПИД-регулирования.

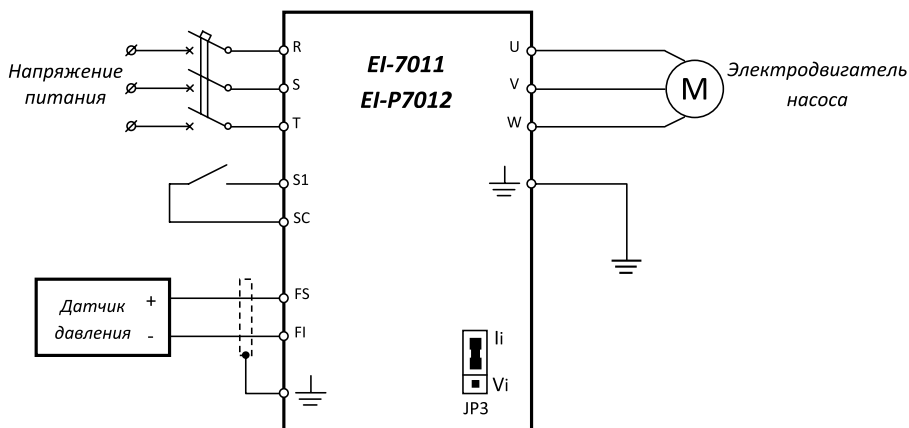


Рис. 5. Схема подключения преобразователей частоты серии EI-7011 и EI-P7012

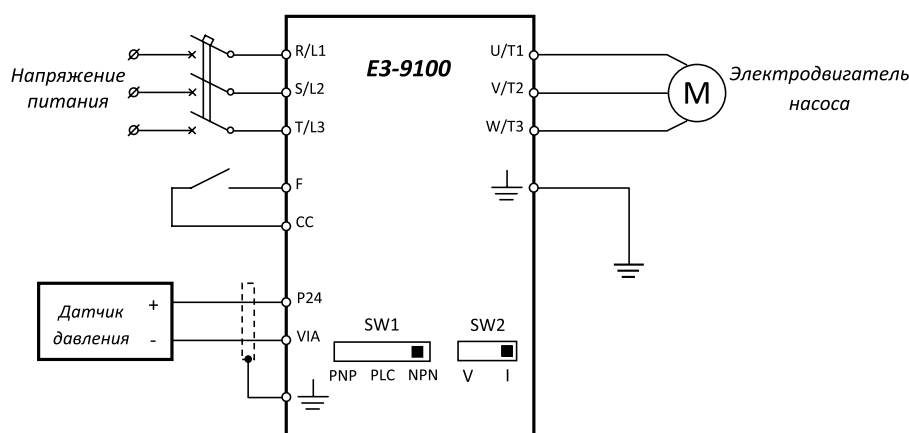


Рис. 6. Схема подключения преобразователей частоты серии E3-9100

контролировать с помощью параметра монитора U-13. Например, для датчика 0–10 бар величина давления 4 бар будет иметь вид «020 Гц».

Пример 3

Подключение и настройка преобразователей частоты серии E3-9100 для работы в режиме ПИД-регулирования.

1. Подключить преобразователь частоты согласно рис. 6.

2. Установить переключатель SW1 в положение «NPN».

3. Установить переключатель SW2 в положение «I».

4. Запрограммировать следующие параметры:

▶ U-01 = 0 (источник команды «пуск/стоп» – внешние клеммы);

▶ U-02 = 3 (источник задания частоты – кнопки пульта управления);

▶ b-01 = 20, b-03 = 100 (диапазон сигнала на входе VIA 4–20 мА);

▶ b-02 = 0.0, b-04 = 50.0 (положительный наклон характеристики входа VIA);

▶ C-60 = 1 (включение режима ПИД-регулирования).

5. Установить рассчитанное задание частоты F_3 с помощью кнопок на пульте управления.

Параметры C-62 (пропорциональная величина ПИД), C-63 (интегральная величина ПИД) и C-66 (дифференциальная величина ПИД) соответствуют предустановленным значениям и при необходимости подбираются на конкретном объекте для оптимальной работы регулятора.

Измеренную преобразователем частоты величину давления (приведенную к частоте 50 Гц) можно проконтролировать в режиме мониторинга состояния ПЧ. Например, для датчика 0–10 бар величина давления 4 бар будет иметь вид «d 20.0».

Пример 4

Подключение и настройка преобразователей частоты серии EI-9011 для работы в режиме ПИД-регулирования.

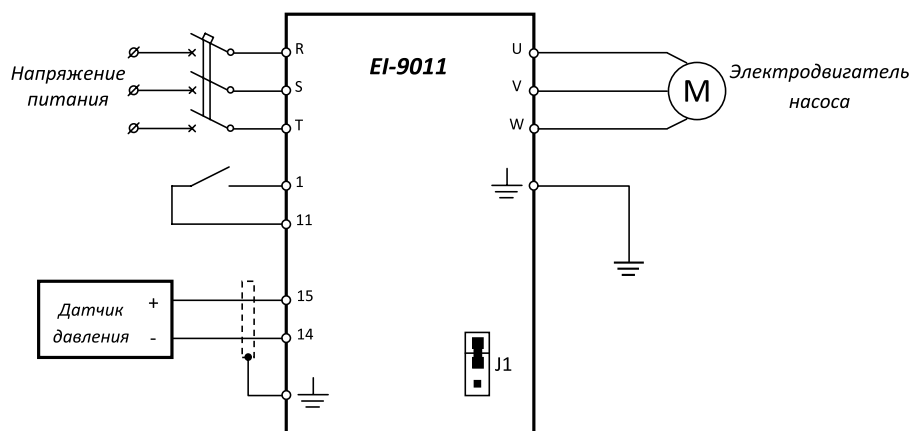


Рис. 7. Схема подключения преобразователей частоты серии EI-9011

1. Подключить преобразователь частоты согласно рис. 7.

2. Установить переключатель J1 в верхнее положение.

3. Запрограммировать следующие параметры:

▶ B1-01 = 0 (источник задания частоты – кнопки пульта управления);

▶ B1-02 = 1 (источник команды «пуск/стоп» – внешние клеммы);

▶ B5-01 = 1 (включение режима ПИД-регулирования);

▶ H3-09 = 0В (клемма 14 используется как вход ПИД-регулятора);

▶ H3-08 = 2 (тип сигнала на клемме 14 4–20 мА).

4. Установить рассчитанное задание частоты F_3 с помощью кнопок на пульте управления.

Параметры B5-02 (пропорциональная величина ПИД), B5-03 (интегральная величина ПИД) и B5-05 (дифференциальная величина ПИД) соответствуют предустановленным значениям и при необходимости подбираются на конкретном объекте для оптимальной работы регулятора.

Измеренную преобразователем частоты величину давления можно проконтролировать с помощью параметра монитора U1-16. Величина отображается в процентах от максимального давления датчика. Например, для датчика 0–10 бар величина давления 4 бар будет иметь вид «40.0».

Общие рекомендации по настройке преобразователей частоты в системе автоматического регулирования

Процесс настройки ПИД-регулятора состоит в основном из задания уставки и оптимальных значений указанных трех коэффициентов. Существуют математические методы вычисления оптимальных коэффициентов ПИД-регулятора исходя из обеспечения наибольшей устойчивости системы, однако на практике настройка регулятора часто проводится эмпирическим методом. Приведенные ниже рекомендации могут оказать практическую помощь в настройке системы ПИД-регулирования.

Для уменьшения статической ошибки и ускорения реакции системы необходимо увеличить пропорциональную составляющую. Следует помнить, что чрезмерное увеличение коэффициента усиления пропорционального регулятора приводит

к автоколебаниям и к неустойчивой работе системы регулирования.

Для устранения статической ошибки используют интегральный регулятор, в котором, изменяя интегральный коэффициент, получают требуемую точность и стабильность регулирования. Однако при больших значениях интегральной составляющей время реакции на возмущающее воздействие может быть значительным.

Дифференциальная составляющая ПИД-регулятора используется в высокودинамичных системах регулирования скорости, положения, синхронизации и т.п. Поэтому во многих случаях используются только ПИ-ре-

гуляторы, которых вполне достаточно для решения большинства задач, возникающих в замкнутых системах регулирования.

Также при настройке преобразователей частоты необходимо задавать общие параметры электропривода: номинальный ток электродвигателя, номинальное напряжение электродвигателя, значение питающего напряжения и другие, необходимые для корректной работы преобразователя частоты и всей системы.

Надеемся, изложенный материал принес вам пользу и основной цели мы достигли: показали на практике, что настройка преобразователей частоты «Веспер» в режиме ПИД-регу-

лирования не представляет сложности и доступна пользователю даже без специального образования. В случаях, когда указанной информации окажется недостаточно, следует обратиться к технической документации на преобразователь частоты либо за консультацией к техническим специалистам компании «Веспер».

А.Е. Рожков, ведущий инженер,
С.А. Вдовенко, ведущий инженер,
Е.В. Цыганков, директор,
ООО «Веспер автоматика», г. Москва,
тел.: +7 (495) 258-0049,
e-mail: mail@vesper.ru,
www.vesper.ru



ХIII МОСКОВСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ИННОВАЦИОННЫЙ ФОРУМ ТОЧНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ — ОСНОВА КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ

проводится в соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации от 5 апреля 2014 г. № 541-р

17-19 мая 2017 г., Москва, ВДНХ, павильон 75, «Россия»

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ
ВЫСТАВКИ



ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Консолидация усилий власти, науки и бизнеса в развитии отечественного приборостроения для обеспечения нужд промышленности и оборонного комплекса страны, а также повышение эффективности российской системы измерений, совершенствование нормативной базы метрологии с учетом международных тенденций в целях поддержки инноваций и их продвижения

ДИРЕКЦИЯ ФОРУМА

129344, Москва, ул. Искры 31, корп. 1, Технопарк ВДНХ
Тел./Факс: +7 (495) 937-40-23 (многоканальный)
www.metrolexpomprom.ru
E-mail: metrolexpomprom.ru

ПРОГРАММА ФОРУМА

-  **METROLEXPO-2017**
Метрология и Измерения
13-я выставка средств измерений, испытательного оборудования и метрологического обеспечения.
-  **CONTROL&DIAGNOSTIC-2017**
Контроль и Диагностика
6-я выставка промышленного оборудования и приборов для технической диагностики и экспертизы.
-  **RESMETERING-2017**
Учёт энергоресурсов
6-я выставка технологического и коммерческого учёта энергоресурсов.
-  **LABTEST-2017**
Лабораторное оборудование
5-я выставка аналитических приборов и лабораторного оборудования промышленного и научного назначения.
-  **PROMAUTOMATIC-2017**
Автоматизация
5-я выставка оборудования и программного обеспечения для производственных процессов.
-  **WEIGHT SALON 2017**
Весовой салон
Выставка весового оборудования.

Организаторы



Поддержка



Стратегический партнер



Генеральный спонсор



Ключевые партнеры выставки



Международные партнеры



Устроитель и выставочный оператор

