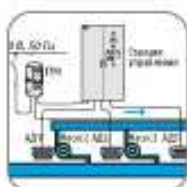
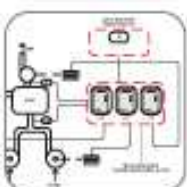
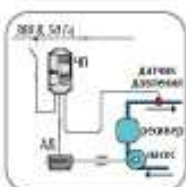
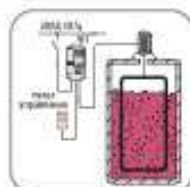




ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ преобразователей частоты «Веспер»

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ



СОДЕРЖАНИЕ

Коротко о частотно-регулируемом приводе.....	3
Опыт использования оборудования компании «Веспер»	14
Решение технологических задач	14
- Металлургия	15
- Нефтяная и газовая промышленности	19
- Машиностроение	22
- Химическая промышленность	25
- Перерабатывающая и пищевая промышленность	28
- Деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность	31
- Индивидуальные технические проекты	32
Решение задач энергосбережения	36
- Электроэнергетика	38
- Жилищно-коммунальное хозяйство	38
Примеры типовых применений преобразователей частоты «Веспер» с описанием технологических процессов.....	41
Как правильно выбирать преобразователи частоты компании «Веспер»	69
Краткая методика выбора преобразователей частоты компании «Веспер»	82

КОРОТКО О ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОМ ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ

Введение

Современный частотно-регулируемый электропривод состоит из асинхронного или синхронного электрического двигателя и преобразователя частоты (см. рис.1.).

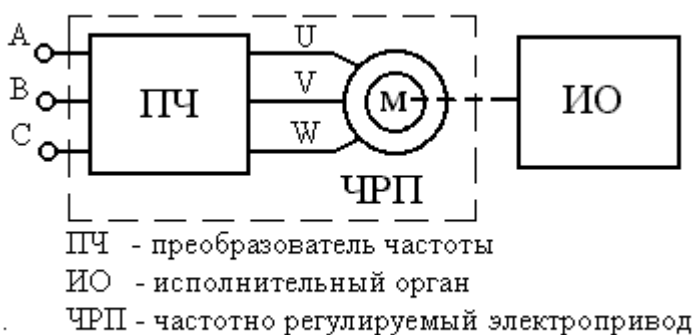


Рис.1.

Электрический двигатель преобразует электрическую энергию в механическую энергию и приводит в движение исполнительный орган технологического механизма.

Преобразователь частоты управляет электрическим двигателем и представляет собой электронное статическое устройство. На выходе преобразователя формируется электрическое напряжение с переменными амплитудой и частотой.

Название «частотно-регулируемый электропривод» обусловлено тем, что регулирование скорости вращения двигателя осуществляется изменением частоты напряжения питания, подаваемого на двигатель от преобразователя частоты.

На протяжении последних 20 –25 лет в мире наблюдается широкое и успешное внедрение частотно регулируемого электропривода для решения различных технологических задач во многие отрасли экономики. Это объясняется в первую очередь разработкой и созданием преобразователей частоты на принципиально новой элементной базе, главным образом на биполярных транзисторах с изолированным затвором IGBT.

В настоящей статье коротко описаны известные сегодня типы преобразователей частоты, применяемые в частотно регулируемом электроприводе, реализованные в них методы управления, их особенности и характеристики.

При дальнейших рассуждениях будем говорить о трехфазном частотно-регулируемом электроприводе, так как он имеет наибольшее промышленное применение.

О методах управления асинхронным двигателем

Компания Веспер производит и поставляет преобразователи частоты для управления асинхронными двигателями. Поэтому рассмотрим более детально работу асинхронного двигателя и методы его частотного регулирования

Конструкция асинхронного двигателя схематически изображена на рис. 2. Двигатель состоит из неподвижной части, которая называется статор и подвижной (вращающейся) части называемой ротор.

В пазах статора уложены три группы обмоток А-В-С. Обмотки статора сдвинуты друг относительно друга в пространстве на угол 120°. Это является одним из двух обязательных условий для создания вращающегося магнитного поля статора.

Ротор двигателя изготовлен в виде цельного цилиндра из специальной электротехнической стали с короткозамкнутой обмоткой.

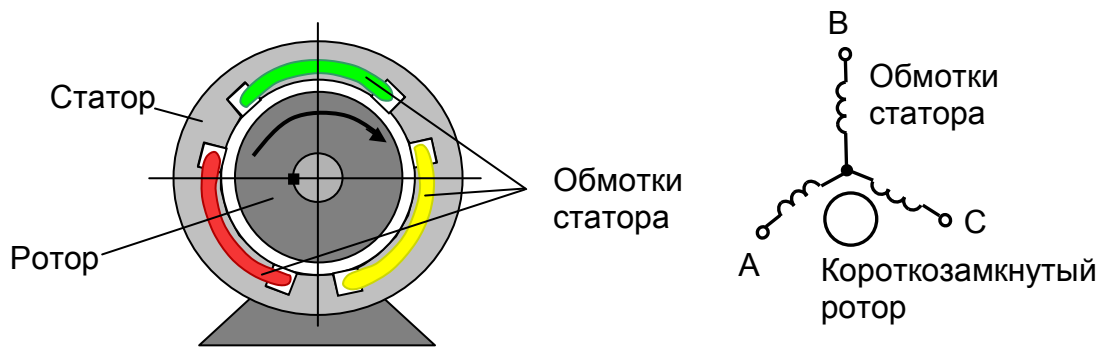


Рис.2. Схематический разрез асинхронного двигателя.

На обмотки статора от источника питания подается трехфазное напряжение U_a , U_b , U_c с частотой f :

$$\begin{aligned}
 u_a &= U_m \sin \omega t \\
 u_b &= U_m \sin (\omega t - 120^\circ) \\
 u_c &= U_m \sin (\omega t + 120^\circ) \\
 \omega &= 2 \pi f
 \end{aligned}$$

Напряжения U_a , U_b , U_c сдвинуты друг относительно друга по фазе на 120° . Это является вторым обязательным условием для создания вращающегося магнитного поля статора.

При питании обмоток статора электрического двигателя трехфазным напряжением с частотой f создается вращающееся магнитное поле. Угловая скорость вращения этого поля в радианах определяется по известной формуле

$$\omega_1 = \frac{2\pi f}{p},$$

где p – число пар полюсов статора.

Переход от угловой скорости вращения поля ω_1 , измеряемой в радианах, к частоте вращения n_1 , выраженной в оборотах в минуту, осуществляется по следующей формуле

$$n_1 = \frac{60}{2\pi} \cdot \omega_1,$$

где 60 – коэффициент пересчета размерности.

Подставив в это уравнение скорость вращения поля, ω_1 получим, что

$$n_1 = \frac{60 f}{p}.$$

Из формулы видно, что частота вращения магнитного поля n_1 статора зависит от частоты напряжения питания и числа пар полюсов.

К примеру, в двигателе с одной парой полюсов при частоте питающего напряжения 50 Гц частота вращения магнитного поля равна 3000 об/мин.

В синхронном электрическом двигателе частота вращения ротора n_2 на установившемся режиме равна частоте вращения магнитного поля статора n_1 .

В асинхронном электрическом двигателе частота вращения ротора n_2 на установившемся режиме отличается от частоты вращения n_1 на величину скольжения s .

Для примера в асинхронном двигателе с одной парой полюсов при частоте питающего напряжения 50 Гц и при скольжении 5% частота вращения ротора равна 2850 об/мин.

Таким образом, частота вращения ротора синхронного и асинхронного двигателей зависит от частоты напряжения питания.

На этой зависимости и основан метод частотного регулирования.

Изменяя с помощью преобразователя частоту f на входе двигателя, мы регулируем частоту вращения ротора.

В наиболее распространенном частотно регулируемом приводе на основе асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором применяются **скалярное и векторное частотное управление**.

При скалярном управлении по определенному закону изменяют амплитуду и частоту приложенного к двигателю напряжения. Изменение частоты питающего напряжения приводит к отклонению от расчетных значений максимального и пускового моментов двигателя, к.п.д., коэффициента мощности. Поэтому для поддержания требуемых рабочих характеристик двигателя необходимо с изменением частоты одновременно соответственно изменять и амплитуду напряжения.

В существующих преобразователях частоты при скалярном управлении чаще всего поддерживается постоянным отношение максимального момента двигателя к моменту сопротивления на валу. То есть при изменении частоты амплитуда напряжения изменяется таким образом, что отношение максимального момента двигателя к текущему моменту нагрузки остается неизменным. Это отношение называется перегрузочная способность двигателя.

При постоянстве перегрузочной способности номинальный коэффициент мощности и к.п.д. двигателя на всем диапазоне регулирования частоты вращения практически не изменяются.

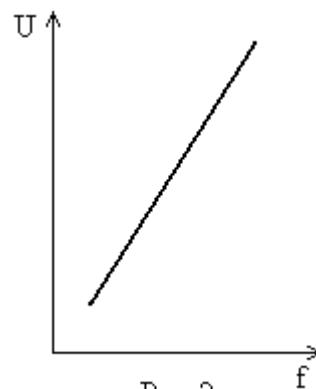
Максимальный момент, развиваемый двигателем, определяется следующей зависимостью

$$M_{\text{макс.}} = k \frac{U^2}{f^2},$$

где k - постоянный коэффициент.

Поэтому зависимость напряжения питания от частоты определяется характером нагрузки на валу электрического двигателя.

Для постоянного момента нагрузки поддерживается отношение $U/f = \text{const}$, и, по сути, обеспечивается постоянство максимального момента двигателя. Характер зависимости напряжения питания от частоты для случая с постоянным моментом нагрузки изображен на рис. 2. Угол наклона прямой



на графике зависит от величин момента сопротивления и максимального крутящего момента двигателя.

Вместе с тем на малых частотах, начиная с некоторого значения частоты, максимальный момент двигателя начинает падать. Для компенсации этого и для увеличения пускового момента используется повышение уровня напряжения питания.

В случае вентиляторной нагрузки реализуется зависимость $U/f^2 = \text{const}$. Характер зависимости напряжения питания от частоты для этого случая показан на рис.3. При регулировании в области малых частот максимальный момент также уменьшается, но для данного типа нагрузки это не критично.

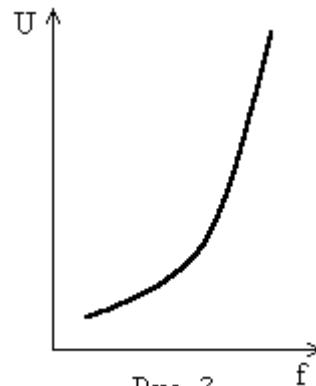


Рис. 3.

Используя зависимость максимального крутящего момента от напряжения и частоты, можно построить график U от f для любого типа нагрузки.

Важным достоинством скалярного метода является возможность одновременного управления группой электродвигателей.

Скалярное управление достаточно для большинства практических случаев применения частотно регулируемого электропривода с диапазоном регулирования частоты вращения двигателя до 1: 40.

Векторное управление позволяет существенно увеличить диапазон управления, точность регулирования, повысить быстродействие электропривода. Этот метод обеспечивает непосредственное управление вращающим моментом двигателя.

Вращающий момент определяется током статора, который создает возбуждающее магнитное поле. При непосредственном управлении моментом необходимо изменять кроме амплитуды и фазу статорного тока, то есть вектор тока. Этим и обусловлен термин «векторное управление».

Для управления вектором тока, а, следовательно, положением магнитного потока статора относительно вращающегося ротора требуется знать точное положение ротора в любой момент времени. Задача решается либо с помощью выносного датчика положения ротора, либо определением положения ротора путем вычислений по другим параметрам двигателя. В качестве этих параметров используются токи и напряжения статорных обмоток.

Менее дорогим является частотно регулируемый электропривод с векторным управлением без датчика обратной связи скорости, однако векторное управление при этом требует большого объема и высокой скорости вычислений от преобразователя частоты.

Кроме того, для непосредственного управления моментом при малых, близких к нулевым скоростям вращения работа частотно регулируемого электропривода без обратной связи по скорости невозможна.

Векторное управление с датчиком обратной связи скорости обеспечивает диапазон регулирования до 1:1000 и выше, точность регулирования по скорости – сотые доли процента, точность по моменту – единицы процентов.

В синхронном частотно регулируемом приводе применяются те же методы управления, что и в асинхронном.

Однако в чистом виде частотное регулирование частоты вращения синхронных двигателей применяется только при малых мощностях, когда нагрузочные моменты невелики, и мала инерция приводного механизма. При больших мощностях этим условиям полностью отвечает лишь привод с вентиляторной нагрузкой. В случаях с другими типами нагрузки двигатель может выпасть из синхронизма.

Для синхронных электроприводов большой мощности применяется метод частотного управления с самосинхронизацией, который исключает выпадение двигателя из синхронизма. Особенность метода состоит в том, что управление преобразователем частоты осуществляется в строгом соответствии с положением ротора двигателя.

О преобразователях частоты

Преобразователь частоты – это устройство, предназначенное для преобразования переменного тока (напряжения) одной частоты в переменный ток (напряжение) другой частоты.

Выходная частота в современных преобразователях может изменяться в широком диапазоне и быть как выше, так и ниже частоты питающей сети.

Схема любого преобразователя частоты состоит из силовой и управляющей частей. Силовая часть преобразователей обычно выполнена на тиристорах или транзисторах, которые работают в режиме электронных ключей. Управляющая часть выполняется на цифровых микропроцессорах и обеспечивает управление силовыми электронными ключами, а также решение большого количества вспомогательных задач (контроль, диагностика, защита).

Преобразователи частоты, применяемые в регулируемом электроприводе, в зависимости от структуры и принципа работы силовой части разделяются на два класса:

1. Преобразователи частоты с явно выраженным промежуточным звеном постоянного тока.
2. Преобразователи частоты с непосредственной связью (без промежуточного звена постоянного тока).

Каждый из существующих классов преобразователей имеет свои достоинства и недостатки, которые определяют область рационального применения каждого из них.

Исторически первыми появились преобразователи с непосредственной связью (рис. 4.), в которых силовая часть представляет собой управляемый выпрямитель и выполнена на не запираемых тиристорах. Система управления поочередно отпирает группы тиристортов и подключает статорные обмотки двигателя к питающей сети.

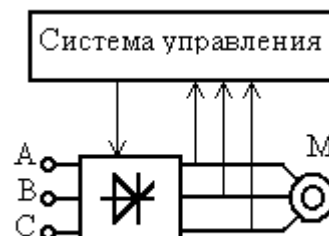


Рис. 4.

Таким образом, выходное напряжение преобразователя

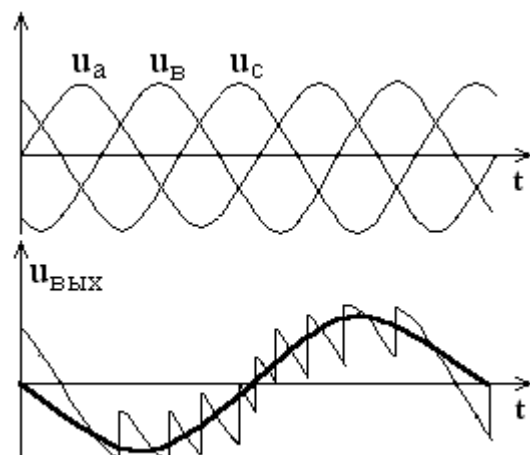


Рис. 5.

формируется из «вырезанных» участков синусоид входного напряжения. На рис.5. показан пример формирования выходного напряжения для одной из фаз нагрузки. На входе преобразователя действует трехфазное синусоидальное напряжение u_a, u_b, u_c . Выходное напряжение $u_{\text{ВЫХ}}$ имеет несинусоидальную «пилообразную» форму, которую условно можно аппроксимировать синусоидой (утолщенная линия). Из рисунка видно, что частота выходного напряжения не может быть равна или выше частоты питающей сети. Она находится в диапазоне от 0 до 30 Гц.

Как следствие малый диапазон управления частоты вращения двигателя (не более 1 : 10). Это ограничение не позволяет применять такие преобразователи в современных частотно

регулируемых приводах с широким диапазоном регулирования технологических параметров.

Использование не запираемых тиристоров требует относительно сложных систем управления, которые увеличивают стоимость преобразователя.

«Резаная» синусоида на выходе преобразователя является источником высших гармоник, которые вызывают дополнительные потери в электрическом двигателе, перегрев электрической машины, снижение момента, очень сильные помехи в питающей сети. Применение компенсирующих устройств приводит к повышению стоимости, массы, габаритов, понижению к.п.д. системы в целом.

Наряду с перечисленными недостатками преобразователей с непосредственной связью, они имеют определенные достоинства. К ним относятся:

- практически самый высокий КПД относительно других преобразователей (98,5% и выше),
- способность работать с большими напряжениями и токами, что делает возможным их использование в мощных высоковольтных приводах,
- относительная дешевизна, несмотря на увеличение абсолютной стоимости за счет схем управления и дополнительного оборудования.

Подобные схемы преобразователей используются в старых приводах и новые конструкции их практически не разрабатываются.

Наиболее широкое применение в современных частотно регулируемых приводах находят преобразователи с явно выраженным звеном постоянного тока (рис. 6.).

В преобразователях этого класса используется двойное преобразование электрической энергии: входное синусоидальное напряжение с постоянной амплитудой и частотой выпрямляется в выпрямителе (В), фильтруется фильтром (Ф), сглаживается, а затем вновь преобразуется инвертором (И) в переменное напряжение изменяемой частоты и амплитуды. Двойное преобразование энергии приводит к снижению к.п.д. и к некоторому ухудшению массогабаритных показателей по отношению к преобразователям с непосредственной связью.

Для формирования синусоидального переменного напряжения используются автономные инверторы напряжения и автономные инверторы тока.

В качестве электронных ключей в инверторах применяются запираемые тиристоры GTO и их усовершенствованные модификации GCT, IGCT, SGCT, и биполярные транзисторы с изолированным затвором IGBT.

Главным достоинством тиристорных преобразователей частоты, как и в схеме с непосредственной связью, является способность работать с большими токами и напряжениями, выдерживая при этом продолжительную нагрузку и импульсные воздействия.

Они имеют более высокий КПД (до 98%) по отношению к преобразователям на IGBT транзисторах (95 – 98%).

Преобразователи частоты на тиристорах в настоящее время занимают доминирующее положение в высоковольтном приводе в диапазоне мощностей от сотен киловатт и до десятков мегаватт с выходным напряжением 3 - 10 кВ и выше. Однако их цена на один кВт выходной мощности самая большая в классе высоковольтных преобразователей.

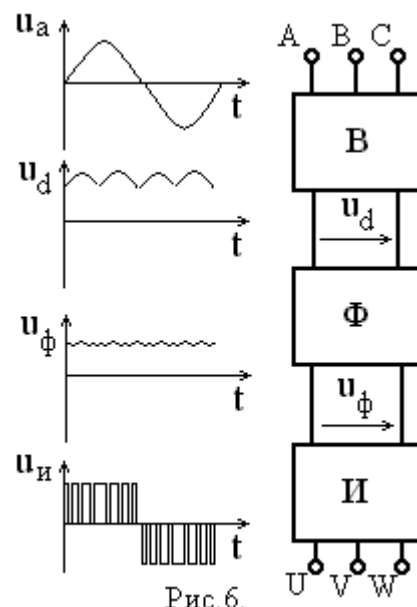


Рис. 6.

До недавнего прошлого преобразователи частоты на GTO составляли основную долю и в низковольтном частотно регулируемом приводе. Но с появлением IGBT транзисторов произошел «естественный отбор» и сегодня преобразователи на их базе общепризнанные лидеры в области низковольтного частотно регулируемого привода.

Тиристор является полууправляемым прибором: для его включения достаточно подать короткий импульс на управляющий вывод, но для выключения необходимо либо приложить к нему обратное напряжение, либо снизить коммутируемый ток до нуля. Для этого в тиристорном преобразователе частоты требуется сложная и громоздкая система управления.

Биполярные транзисторы с изолированным затвором IGBT отличают от тиристоров полная управляемость, простая неэнергоёмкая система управления, самая высокая рабочая частота

Вследствие этого **преобразователи частоты на IGBT** позволяют расширить диапазон управления скорости вращения двигателя, повысить быстродействие привода в целом.

Для асинхронного электропривода с векторным управлением преобразователи на IGBT позволяют работать на низких скоростях без датчика обратной связи.

Применение IGBT с более высокой частотой переключения в совокупности с микропроцессорной системой управления в преобразователях частоты снижает уровень высших гармоник, характерных для тиристорных преобразователей. Как следствие меньшие добавочные потери в обмотках и магнитопроводе электродвигателя, уменьшение нагрева электрической машины, снижение пульсаций момента и исключение так называемого «шагания» ротора в области малых частот. Снижаются потери в трансформаторах, конденсаторных батареях, увеличивается их срок службы и изоляции проводов, уменьшаются количество ложных срабатываний устройств защиты и погрешности индукционных измерительных приборов.

Преобразователи на транзисторах IGBT по сравнению с тиристорными преобразователями при одинаковой выходной мощности отличаются меньшими габаритами, массой, повышенной надёжностью в силу модульного исполнения электронных ключей, лучшего теплоотвода с поверхности модуля и меньшего количества конструктивных элементов.

Они позволяют реализовать более полную защиту от бросков тока и от перенапряжения, что существенно снижает вероятность отказов и повреждений электропривода.

На настоящий момент низковольтные преобразователи на IGBT имеют более высокую цену на единицу выходной мощности, вследствие относительной сложности производства транзисторных модулей. Однако по соотношению цена/качество, исходя из перечисленных достоинств, они явно выигрывают у тиристорных преобразователей, кроме того, на протяжении последних лет наблюдается неуклонное снижение цен на IGBT модули.

Главным препятствием на пути их использования в высоковольтном приводе с прямым преобразованием частоты и при мощностях выше 1 – 2 МВт на настоящий момент являются технологические ограничения. Увеличение коммутируемого напряжения и рабочего тока приводит к увеличению размеров транзисторного модуля, а также требует более эффективного отвода тепла от кремниевого кристалла.

Новые технологии производства биполярных транзисторов направлены на преодоление этих ограничений, и перспективность применения IGBT очень высока также и в высоковольтном приводе. В настоящее время IGBT транзисторы применяются в высоковольтных преобразователях в виде последовательно соединённых нескольких единичных модулей.

Структура и принцип работы низковольтного преобразователя частоты на IGBT транзисторах

Типовая схема низковольтного преобразователя частоты представлена на рис. 7. В нижней части рисунка изображены графики напряжений и токов на выходе каждого элемента преобразователя.

Переменное напряжение питающей сети ($u_{вх.}$) с постоянной амплитудой и частотой ($U_{вх} = \text{const}$, $f_{вх} = \text{const}$) поступает на **управляемый или неуправляемый выпрямитель (1)**.

Для сглаживания пульсаций выпрямленного напряжения ($u_{выпр.}$) используется **фильтр (2)**, так называемое звено постоянного тока.

С выхода фильтра постоянное напряжение u_d поступает на вход **автономного импульсного инвертора (3)**.

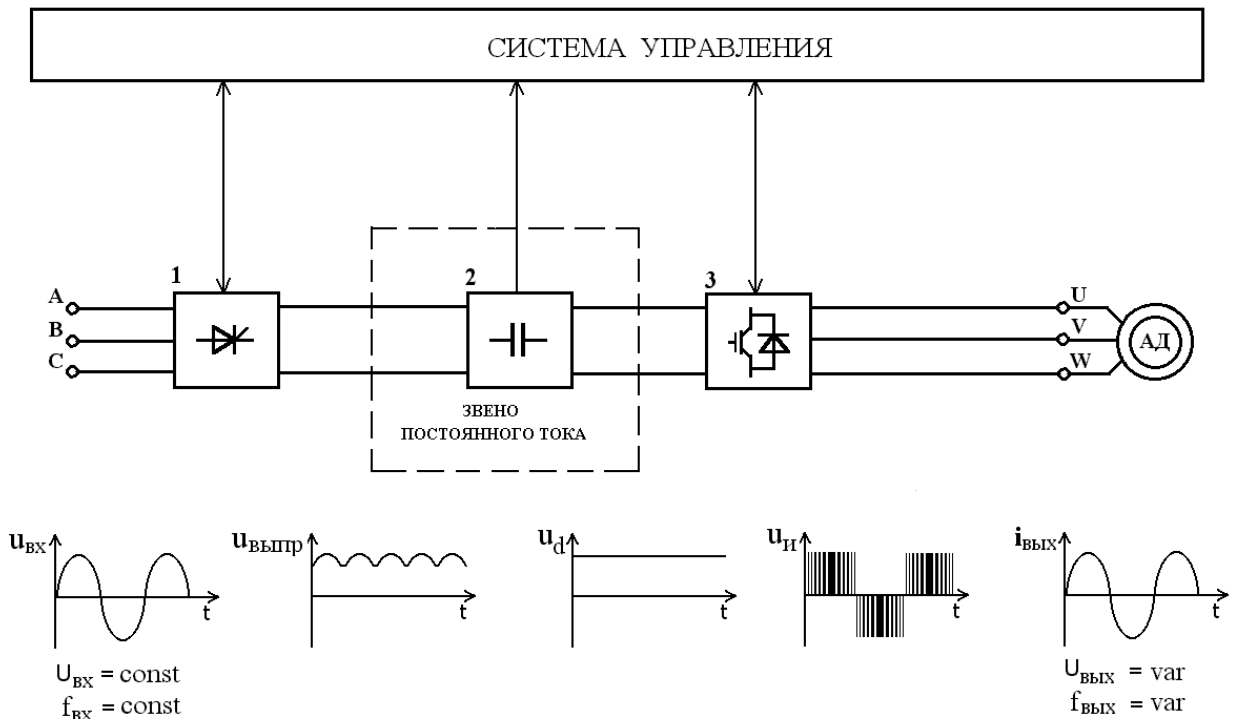


Рис. 7.

Автономный инвертор современных преобразователей, как было отмечено, выполнен на основе силовых биполярных транзисторов с изолированным затвором IGBT. На рассматриваемом рисунке изображена схема преобразователя частоты с автономным инвертором напряжения как получившая наибольшее распространение и принятая за основу в преобразователях компании «Веспер автоматика».

В инверторе осуществляется преобразование постоянного напряжения u_d в трехфазное импульсное напряжение $u_{и}$. По сигналам системы управления каждая обмотка электрического двигателя подсоединяется через соответствующие силовые транзисторы инвертора к положительному и отрицательному полюсам звена постоянного тока. Длительность подключения каждой обмотки в пределах периода следования импульсов модулируется по синусоидальному закону. Наибольшая ширина импульсов обеспечивается в середине полупериода, а к началу и концу полупериода уменьшается. Таким образом, система управления обеспечивает широтно-импульсную модуляцию

(ШИМ) напряжения, прикладываемого к обмоткам двигателя. Амплитуда и частота напряжения определяются параметрами модулирующей синусоидальной функции.

Применение IGBT транзисторов позволяет повысить несущую частоту ШИМ до 15 - 16 кГц и выше. Обмотки электродвигателя на такой высокой частоте вследствие их высокой индуктивности работают как фильтр. Поэтому в них протекают практически синусоидальные токи.

В схемах преобразователей с управляемым выпрямителем (1) изменение амплитуды напряжения U_n может достигаться регулированием величины постоянного напряжения U_d , а изменение частоты – режимом работы инвертора.

При необходимости на выходе автономного инвертора устанавливается фильтр для сглаживания пульсаций тока. (В схемах преобразователей на IGBT в силу низкого уровня высших гармоник в выходном напряжении потребность в фильтре практически отсутствует.)

Типовые схемы высоковольтных преобразователей частоты

В последние годы многие фирмы большое внимание, которое диктуется потребностями рынка, уделяют разработке и созданию высоковольтных частотных преобразователей. Требуемая величина выходного напряжения преобразователя частоты для высоковольтного электропривода достигает 10 кВ и выше при мощности до нескольких десятков мегаватт.

Для таких напряжений и мощностей при прямом преобразовании частоты применяются весьма дорогие тиристорные силовые электронные ключи со сложными схемами управления. Подключение преобразователя к сети осуществляется либо через входной токоограничивающий реактор, либо через согласующий трансформатор.

Предельные напряжение и ток единичного электронного ключа ограничены, поэтому применяют специальные схемные решения для повышения выходного напряжения преобразователя. Кроме того, это позволяет уменьшить общую стоимость высоковольтных преобразователей частоты за счет использования низковольтных электронных ключей.

В преобразователях частоты различных фирм производителей используются следующие схемные решения.

1. Двухтрансформаторная схема высоковольтного преобразователя частоты

В схеме преобразователя (рис. 8.) осуществляется двойная трансформация напряжения с помощью понижающего (Т1) и повышающего (Т2) высоковольтных трансформаторов.

Двойная трансформация позволяет использовать для регулирования частоты относительно дешевый низковольтный преобразователь частоты, структура которого представлена на рис. 7.

Преобразователи отличаются относительная дешевизна и простота практической реализации. Вследствие этого они наиболее часто применяются для управления высоковольтными электродвигателями в диапазоне мощностей до 1 – 1,5 МВт. При большей мощности электропривода трансформатор Т2 вносит существенные искажения в процесс управления электродвигателем. Основными недостатками двухтрансформаторных преобразователей являются высокие массогабаритные характеристики, меньшие по отношению к другим схемам КПД (93 – 96%) и надежность.

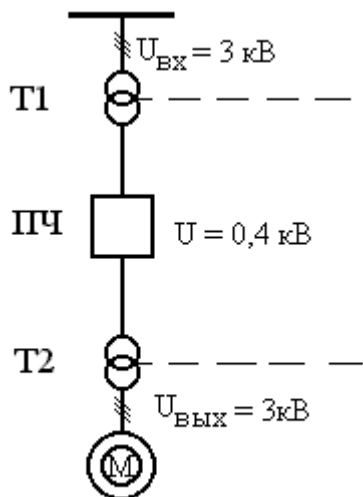


Рис. 8.

Преобразователи, выполненные по этой схеме, имеют ограниченный диапазон регулирования частоты вращения двигателя как сверху, так и снизу от номинальной частоты.

При снижении частоты на выходе преобразователя увеличивается насыщение сердечника и нарушается расчетный режим работы выходного трансформатора T2. Поэтому, как показывает практика, диапазон регулирования ограничен в пределах $n_{ном} > n > 0,5n_{ном}$. Для расширения диапазона регулирования используют трансформаторы с увеличенным сечением магнитопровода, но это увеличивает стоимость, массу и габариты.

При увеличении выходной частоты растут потери в сердечнике трансформатора T2 на перемагничивание и вихревые токи.

В приводах мощностью более 1 МВт и напряжении низковольтной части 0,4 – 0,6 кВ сечение кабеля между преобразователем частоты и низковольтной обмоткой трансформаторов должно быть рассчитано на токи до килоампер, что увеличивает массу преобразователя.

2. Схема преобразователя с последовательным включением электронных ключей

Для повышения рабочего напряжения преобразователя частоты электронные ключи соединяют последовательно (см. рис.9.).

Число элементов в каждом плече определяется величиной рабочего напряжения и типом элемента.

Основная проблема для этой схемы состоит в строгом согласовании работы электронных ключей.

Полупроводниковые элементы, изготовленные даже в одной партии, имеют разброс параметров, поэтому очень остро стоит задача согласования их работы по времени. Если один из элементов откроется с задержкой или закроется раньше остальных, то к нему будет приложено полное напряжение плеча, и он выйдет из строя.

Для снижения уровня высших гармоник и улучшения электромагнитной совместимости используют многопульсные схемы преобразователей. Согласование преобразователя с питающей сетью осуществляется с помощью многообмоточных согласующих трансформаторов Т.

На рис.9. изображена 6-ти пульсная схема с двухобмоточным согласующим трансформатором. На практике существуют 12-ти, 18-ти, 24-х пульсные схемы преобразователей. Число вторичных обмоток трансформаторов в этих схемах равно 2, 3, 4 соответственно.

Схема является наиболее распространенной для высоковольтных преобразователей большой мощности. Преобразователи имеют одни из лучших удельные массогабаритные показатели, диапазон изменения выходной частоты от 0 до 250-300 Гц, КПД преобразователей достигает 97,5%.

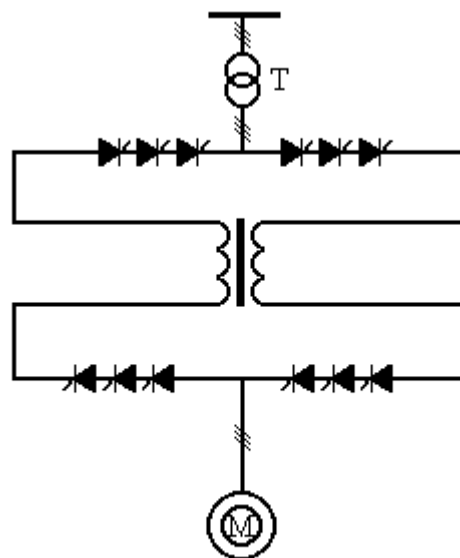


Рис. 9.

3. Схема преобразователя с многообмоточным трансформатором

Силовая схема преобразователя (рис.10.) состоит из многообмоточного трансформатора и электронных инверторных ячеек. Количество вторичных обмоток трансформаторов в известных схемах достигает 18. Вторичные обмотки электрически сдвинуты относительно друг друга.

Это позволяет использовать низковольтные инверторные ячейки. Ячейка

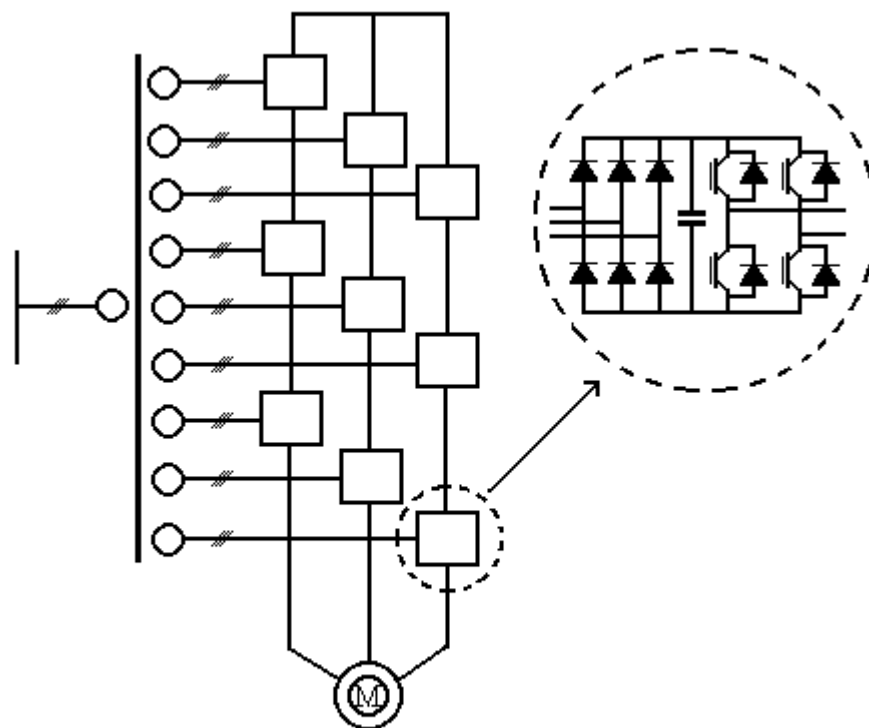


Рис. 10.

выполняется по схеме: неуправляемый трехфазный выпрямитель, емкостной фильтр, однофазный инвертор на IGBT транзисторах.

Выходы ячеек соединяются последовательно. В приведенном примере каждая фаза питания электродвигателя содержит три ячейки.

По своим характеристикам преобразователи находятся ближе к схеме с последовательным включением электронных ключей.

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ КОМПАНИИ «ВЕСПЕР»

1. Опыт использования оборудования компании «Веспер» в решении технологических задач

Трудно найти в настоящее время промышленный или какой-либо другой технологический процесс, в котором не используются асинхронные электродвигатели. в этой связи представляют собой идеальные устройства для автоматизации систем управления самых различных технологических процессов.

Широкий диапазон регулирования скорости вращения электродвигателя, высокая точность поддержания ее на установившихся режимах, плавный пуск и торможение электропривода, режимы энергосбережения – это лишь малый перечень преимуществ частотно регулируемого привода по отношению к другим типам приводов.

Естественно, что в любом производстве и на любом предприятии есть как традиционные задачи, так и специфические или уникальные задачи, решение которых не всегда тривиально.

Поэтому мы не просто продаем (поставляем) изготавливаемое оборудование, а предлагаем непосредственное участие специалистов компании в совместном решении Ваших проблем.

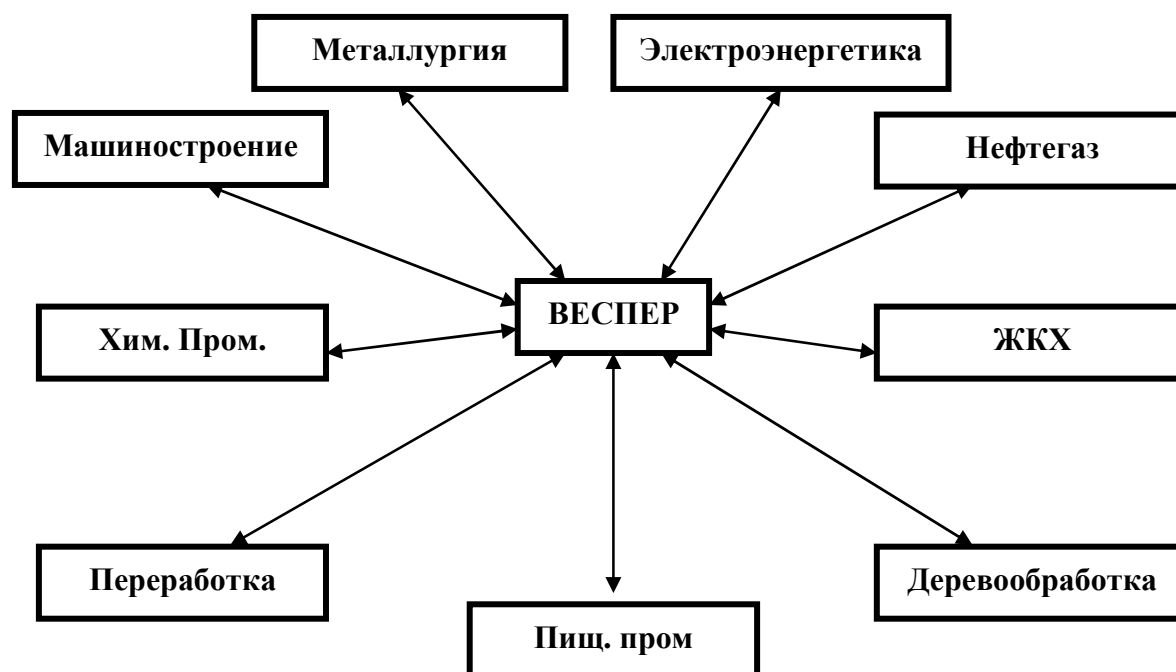


Рис. 1.

Для достижения максимального экономического эффекта мы используем наши частотные преобразователи, и рекомендуем внедрять их в тех процессах, где

- изменяется количество выпускаемой продукции в единицу времени;
- требуется плавное регулирование параметров рабочего процесса механизма;
- изменяется тип или структура исходного материала для разных видов выпускаемой продукции;

- технологическое оборудование, насосы, вентиляторы, компрессоры работают с переменной, либо неполной нагрузкой;
- требуются частые пуски, остановки, реверс приводных двигателей, приводящие к повышенным нагрузкам на оборудование и электропривод, к гидроударам в трубопроводах, сокращающие их срок службы;
- применяются неэкономичные нерегулируемые электроприводы с механическими вариаторами, редукторами, муфтами и т.п.;
- имеется перерасход электроэнергии и энергоносителей.

Многолетняя практика эксплуатации, тысячи реализованных технических проектов, отзывы потребителей, закрепленные актами, полностью подтверждают правильность высказанных утверждений. На рис.1 наглядно представлены основные отрасли, на предприятиях которых работает и приносит прибыль выпускаемое нами оборудование.

Металлургия

Компания «Веспер» рассматривает применение выпускаемой нами продукции в металлургической промышленности как одно из приоритетных направлений своей деятельности. Основные усилия наших специалистов при внедрении наукоемких, энергосберегающих, экологически чистых технологий в металлургическое производство направлены на:

- управление качеством металлопродукции;
- энергосбережение и экономию энергоресурсов;
- обеспечение заданной производительности;
- повышение надежности оборудования;
- повышение безопасности труда;
- упрощение технического обслуживания агрегатов, установок, конвейеров и т. п.

Перечисленные задачи мы решаем путем комплексной автоматизации основного производства и вспомогательного оборудования металлургических предприятий.

Частотные преобразователи различных серий и модификаций в основном производстве на этих предприятиях управляют:

- приводом рабочих и транспортных рольгангов;
- наматывающими устройствами волочильных станов;
- приводом транспортных машин;
- подъемными механизмами кранов.

Они установлены в непрерывных линиях:

- разлива стали;
- закалки металлоизделий;
- резки металлического проката;
- проката металлического листа и труб.

Одна из актуальных проблем металлургического производства связана со снижением непроизводительных затрат во вспомогательном оборудовании. Это, как правило, нерегулируемый привод насосных станций, воздуходувок, дымососов.

Использование частотного регулирования в указанных приводах позволяет нам существенно снизить расход электроэнергии и воды, продлить срок службы оборудования, улучшить экологическую обстановку.

Продукция компании на протяжении нескольких лет успешно эксплуатируется на целом ряде предприятий отрасли:

- металлургические комбинаты;
- металлургические производственные объединения;
- сталепрокатные заводы;
- заводы металлургического машиностроения;

- проектные и исследовательские организации;
- метизные заводы.

Даже простое перечисление предприятий, на которых реализованы технические проекты компании, показывает, что детально описать их все не представляется возможным, поэтому далее приведены типовые, характерные примеры эффективного использования нашего оборудования.

Управление электроприводом рольгангов

В металлургической промышленности для транспортирования (перемещения) штучных грузов или изделий: листового проката, труб, слитков, слябов и т.п. применяются рольганги с вращающимися роликами с приводом от короткозамкнутых асинхронных электрических двигателей. В большинстве технологических процессов требуется регулировать скорость перемещения металлопродукции и, следовательно, частоту вращения привода.

Традиционно для питания и регулирования низкооборотных асинхронных электродвигателей привода рольгангов использовали электромашинные преобразователи частоты, состоящие из синхронного двигателя и генератора. Их недостатками являются громоздкость, низкий КПД, невысокая надежность, шумность, а также и невозможность регулирования выходной частоты.

Преобразователи частоты компании «Веспер» представляют хорошую альтернативу электромашинным преобразователям и в настоящее время успешно эксплуатируются на многих металлургических предприятиях.

Для управления приводом рольгангов применяются преобразователи серий EI-7011 и EI-9011. Они обеспечивают повышенную перегрузочную способность, высокие динамические характеристики и точность поддержания скорости вращения, плавный пуск и торможение, имеют аналоговые и дискретные входы для подключения датчиков, возможность дистанционного управления, обеспечивают надежную защиту электродвигателя и оборудования при возникновении аварийных ситуаций.

Применение частотного управления рольгангами обеспечило:

- повышение производительности прокатных станов;
- снижение количества поломок и непредвиденных остановов стана;
- точное выдерживание технологии проката с высокими темпами разгона, торможения рольгангов и реверсом.

Кроме того, за счет оптимизации управления приводом удалось снизить энергопотребление на переходных режимах, исключить ударные токи и механические рывки при пуске и торможении, исключить проскальзывание и стопорение роликов.

Производство горячедеформированных труб

Бесшовные горячедеформированные трубы широко используются в нефтяной и газовой промышленности для строительства различных трубопроводов, газлифтных систем, обустройства газовых месторождений, обсаживания буровых скважин, для морских подводных трубопроводов, для установок аммиака, в тепловой и атомной энергетике, судостроении, авиастроении, машиностроении и т. д. Они пользуются повышенным спросом на отечественном и зарубежном рынке.

Частотные преобразователи общепромышленного назначения EI-7011 в процессе изготовления бесшовных горячедеформированных труб используются:

- в качестве источника силового напряжения вместо электромашинного преобразователя при нагреве труб в индукционных печах перед калибровкой и редуцированием;

- для управления электродвигателями транспортных рольгангов на термическом участке закалки труб;
- для управления электродвигателями транспортных рольгангов на участке редуционно-калибровочного цеха.

Основными преимуществами комплексного применения преобразователей на трубопрокатном стане являются:

- повышение его производительности;
- необходимое и стабильное качество труб за счет выравнивания температуры по длине и сечению трубы;
- повышение точности изготовления по диаметру трубы и толщине стенки;
- снижение энергоемкости конечной продукции,
- увеличение срока службы оборудования.

В итоге снижается себестоимость продукции и повышается энергетическая эффективность предприятия в целом.

Производство сварных труб

Общеизвестно, что потребители трубной продукции до недавнего прошлого предпочитали использовать бесшовные трубы. Основная причина этого – недоверие к качеству сварных труб, в первую очередь по механической прочности. За последнее время, благодаря успехам отечественных и зарубежных специалистов в области сварки, сварные трубы по прочности не уступают бесшовным, к тому же они имеют меньшую себестоимость. Производство сварных труб в связи с этим увеличивается.

Частотные преобразователи компании в трубосварочном производстве применяются для управления электроприводом перемещения труб, что обеспечивает строгое поддержание параметров технологического процесса при сварке. Это позволяет получать трубы с геометрическими размерами требуемой точности и с высоким качеством поверхности.

Привод волочильных станов

Для производства пруткового металла, проволоки, труб и других металлоизделий постоянного сечения широкое применение получило волочение. Это непрерывный процесс деформирования металла протягиванием заготовок через одно или несколько калиброванных отверстий (волокон) на волочильных станах.

Производство изделий необходимого поперечного сечения с заданной точностью и гладкой поверхностью требует:

- строгого согласования скоростей вращения наматывающих устройств;
- поддержания заданного усилия волочения;
- быстрого парирования внешних возмущений по моменту на ведущих барабанах;
- плавного пуска и останова волочильного стана.

Обеспечить решение столь противоречивых задач позволяет применение частотных преобразователей с векторным управлением типа EI-9011.

Указанные преобразователи на протяжении трех лет успешно эксплуатируются в волочильных станах на нескольких сталепрокатных заводах при производстве высокопрочной углеродистой проволоки различного назначения. Основную продукцию станом составляет проволока арматурная для железобетонных конструкций, проволока сварочная с медным покрытием, проволока для производства канатов, проволока для производства сеток.

Опыт эксплуатации показал высокую надежность оборудования – за время работы не было ни одного отказа, простоту и удобство в обслуживании, экономичность.

Внедрение частотного регулирования позволило обеспечить длительное время непрерывной работы станов без вынужденных остановов и высокое качество выпускаемой продукции, соответствующее всем стандартам.

Автоматизация непрерывного разлива стали

Одним из направлений повышения качества черных металлов, снижения расхода сырья и энергоресурсов на единицу продукции, улучшения экологии производства является внедрение современных непрерывных технологий плавки и разлива стали. При внедрении принципиально новых, а также при модернизации существующих способов и технологий производства и переработки стали, все больше возрастает роль средств автоматизации.

Частотные преобразователи как средство автоматизации технологических процессов могут быть использованы на любом этапе производства стали.

Преобразователи нашего производства серии EI-7011 применяются, в частности, для управления приводом сталеваза коксовой печи и в электроприводе подъемно-поворотного стола. Это две независимые задачи, решенные на разных предприятиях.

Привод сталеваза перемещает кран-ковш с жидкой сталью. При перемещении сталеваза используется схема дистанционного управления от оператора. На пульте дистанционного управления устанавливается заданная скорость движения. Контроль за движением сталеваза осуществляется оператором визуально. Привод работает на двух скоростях: на пониженной и на номинальной.

В приводе подъемно-поворотного стола установлено два преобразователя. Задачей системы управления является обеспечение плавного подъема-опускания стола и разворота его в соответствие с технологическим процессом. Стол перемещает ковши с жидкой сталью.

Применение частотно регулируемого привода позволило обеспечить:

- точное позиционирование исполнительного механизма в заданных точках;
- плавный пуск и останов подъемно-транспортного устройства;
- упростить техническую эксплуатацию;
- повысить безопасность производства.

Автоматизация резки сталеπροката

В процессе резки металлопроката на слябы частотный преобразователь серии EI-9011 управляет электроприводом резака машины газовой резки.

Приводу присущи жесткие требования по поддержанию заданной скорости движения при широком диапазоне регулирования. На переходных режимах необходимо обеспечить плавный разгон резака до требуемой скорости и соответственно плавное торможение.

Автоматизация управления машиной газовой резки на основе частотного преобразователя обеспечила строгую прямолинейность реза. В результате были исключены дополнительные операции по обрезки неровных торцов и уменьшен расход металла.

Вспомогательные задачи металлургического производства

Эффективность применения частотных преобразователей компании «Веспер» для решения вспомогательных задач металлургического производства можно продемонстрировать на примере оснащения ими электроприводов насосных станций и вентиляционных установок. Данные объекты после основного производства являются одними из основных потребителей электроэнергии. Поэтому главная цель внедрения регулируемого электропривода на них – это экономия электроэнергии, а также энерго- и теплоносителей.

Автоматизированная станция регулирования насосных агрегатов

Станция используется для автоматизации насосных установок прокатных станов металлургических предприятий. В типовой комплект станции входит частотный преобразователь насосного типа EI-7002, коммутационное оборудование, датчик давления, пульт дистанционного управления. Режим работы станции задается оператором.

. При автоматическом поддержании давления воды на производственные нужды замкнутая система управления позволила:

- снизить подачу воды на время перевалок,
- уменьшить давление воды на время перевалок,
- исключить дроссельное управление с помощью задвижек и снизить потери.

Это классический случай управления насосами с переменной производительностью, когда достигается максимальный экономический эффект.

Эффект от внедрения частотно регулируемого привода на насосных станциях металлургических заводов:

- экономия электроэнергии;
- уменьшение расхода воды;
- продление срока службы оборудования;
- уменьшение вероятности возникновения аварийных ситуаций;
- снижение трудозатрат

Электропривод масляных насосов

Частотный преобразователь управляет электродвигателем масляного насоса переменной производительности в системе смазки рольгангов прокатного стана.

В процессе работы поддерживается заданное давление масла при переменном расходе. Наряду с улучшением качества смазки, обеспечивается также:

- экономия электроэнергии;
- уменьшение расхода масла;
- продление срока службы оборудования;
- уменьшение вероятности возникновения аварийных ситуаций.

Нефтяная и газовая промышленности

В настоящее время компания имеет успешный опыт использования частотных преобразователей, устройств плавного пуска и станций управления на их основе в нефтяной и газовой промышленности.

Следует подчеркнуть, что использование нерегулируемых электродвигателей с постоянной частотой вращения в этих отраслях, приводит к повышенным динамическим воздействиям на оборудование, перерасходу электроэнергии, вредному воздействию на окружающую среду.

Отдельно стоит сказать о проблеме стабилизации температурного режима газовых трубопроводов. При перекачке горячего газа знакопеременные температурные напряжения могут привести к нарушению целостности изоляции, коррозии трубопроводов и в дальнейшем к их разрыву.

Поэтому газ предварительно охлаждают. Для охлаждения газа используются аппараты воздушного охлаждения также с нерегулируемым электроприводом. Общее количество вентиляционных установок на участке охлаждения достигает несколько десятков штук. Суммарная мощность электроприводов вентиляторов составляет тысячи кВт. Аналогичные аппараты воздушного охлаждения установлены на нефтеперерабатывающих заводах для охлаждения жидких нефтепродуктов.

Оснащение предприятий нефтегазового комплекса регулируемым электроприводом с частотными преобразователями и софт-стартерами компании «Веспер» обеспечивает:

- совершенствование технологических процессов;
- повышение надежности и долговечности оборудования;
- упрощение эксплуатации;
- снижение потребления электроэнергии;
- улучшение экологической обстановки.

Как следствие реально снижается себестоимость нефти и газа, уменьшаются цены на топливо, что является одним из основных факторов снижения энергоемкости валового национального продукта.

Для решения перечисленных задач применяются преобразователи серий EI-7002, EI-7011, EI-8001 и софт-стартеры серии ДМС различной мощности. Наше оборудование на протяжении нескольких лет работает на:

- нефтедобывающих промыслах;
- нефтеперерабатывающих заводах;
- газоперерабатывающих заводах;
- нефтехимических заводах;
- портовых и железнодорожных терминалах;
- перекачивающих станциях;
- заводах химического машиностроения.

Всю совокупность реализованных технических решений компании можно разделить на несколько больших групп:

1. Электропривод насосов различного назначения.
2. Автоматизация режимов работы аппаратов воздушного охлаждения.
3. Автоматизация технологических процессов.
4. Электропривод бурового оборудования.

Электропривод насосов

Для управления электроприводом насосов переменной производительности на различных предприятиях нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности применяются частотные преобразователи серий EI-P7002, EI-8001, E2-8300 и другие, а также станции управления на их основе. В насосах с постоянной производительностью при пуске используются софт-стартеры и станции плавного пуска.

Характерные типовые объекты использования:

- перекачивающие станции;
- установки точечного налива нефтепродуктов в цистерны;

- установки налива нефтепродуктов в стационарные резервуары;
- многофункциональные нефтеналивные станции портовых терминалов;
- блочно-насосные станции для закачки воды в пласт;
- вспомогательные насосы.

Эффект от использования:

- оптимизация работы насосных станций и установок налива нефтепродуктов;
- экономия электроэнергии;
- исключение ударных нагрузок на электрический двигатель и оборудование;
- устранение гидроударов в трубопроводах;
- увеличение срока службы насосного оборудования и трубопроводов;
- снижение трудозатрат и упрощение эксплуатации;
- улучшение экологической обстановки.

Электропривод аппаратов воздушного охлаждения

За последние несколько лет компанией модернизировано достаточное количество аппаратов воздушного охлаждения (АВО) на нефтеперерабатывающих и газоперерабатывающих заводах. Оснащенные регулируемым электроприводом АВО используются для охлаждения газа и жидких нефтепродуктов.

Частотные преобразователи серии EI-P7002 и EI-7011 применяются для управления электроприводом вентиляционных установок с переменной производительностью.

С недавнего времени преобразователи «Веспер» входят в состав серийных систем управления аппаратов воздушного охлаждения типа АВГ и АВЗ различных модификаций.

Преимущества от использования частотно регулируемых приводов в АВО:

- повышение надежности и экономичности систем воздушного охлаждения;
- стабилизация температурного режима и увеличение срока службы трубопроводов;
- экономия электроэнергии;
- щадящие режимы работы и увеличение ресурса вентиляционного оборудования;
- исключение самопроизвольной раскрутки лопастей вентилятора под воздействием конвекционных потоков.

Автоматизация технологических процессов.

Один из многочисленных примеров – станция управления группой электроприводов линии подогрева, очистки и изоляции труб ЛИТ-1.

Станция обеспечивает автоматическое управление сложным технологическим процессом, который включает удаление снега, наледи, воды, очистку от грязи, ржавчины, рыхлой окалины наружных поверхностей стальных труб и нанесение на них защитных покрытий из липких полимерных лент.

В типовой комплект станции управления входят силовой шкаф, пульт управления, преобразователи частоты в количестве 7 шт.

Использование частотно-регулируемого привода позволяет увеличить производительность линии, повысить качество обработки труб, уменьшить энергопотребление и эксплуатационные затраты.

Регулируемый асинхронный электропривод бурового насоса буровой установки БР-125

Для обеспечения оптимального режима наклонного и горизонтального бурения в турбинном режиме, требуется плавное регулирование электропривода бурового насоса, который обеспечивает закачку в скважину бурового раствора. Буровой раствор вымывает выбуренную породу из скважины и вращает турбобур.

По проекту завода-изготовителя, буровой насос НБТ 235 буровой установки БР-125 приводится электроприводом постоянного тока 4П-355-35-2500У3 мощностью 235 кВт с частотой вращения 400-1500 об/мин, питаемым от тиристорного преобразователя частоты.

После нескольких лет эксплуатации электропривод постоянного тока оказался достаточно изношенным и не обеспечивал требуемой стабильности частоты вращения бурового насоса и надежности работы.

В результате проработки проекта замены электропривода постоянного тока с заводом изготовителем буровой установки, было решено заменить электропривод постоянного тока на комплектный асинхронный электропривод, состоящий из электродвигателя 5АН315В4 мощностью 250 кВт с номинальной частотой вращения 1 500 об/мин и преобразователя частоты EI-9011-400Н мощностью 315 кВт производства ООО «Веспер автоматика».

Асинхронный электродвигатель монтируется на раму электродвигателя постоянного тока, преобразователь частоты располагается в том же контейнере что и буровой насос, для предпускового подогрева преобразователя частоты в контейнере в дополнение к паровому отоплению установлен тепловой вентилятор.

Комплектный асинхронный электропривод обеспечивает плавный запуск бурового насоса с токами не выше номинального, регулирование частоты вращения бурового насоса в пределах 400-1500 об/мин и стабилизацию заданной частоты с высокой точностью, снижение весо-габаритных характеристик электропривода в два раза (см. фото).

Это позволило снизить мощность комплектной трансформаторной подстанции буровой установки, что повлекло за собой снижение стоимости трансформаторов, проектных и строительно-монтажных работ. Кроме этого снизилось энергопотребление буровой установки и упростилось регулирование частоты вращения электропривода.

Машиностроение

Тесные деловые контакты на протяжении длительного времени компания имеет с машиностроительным комплексом. Машиностроение является одним из основных потребителей нашей продукции. Это отрасль, в которой используются все серии частотных преобразователей, софт стартеры, станции управления и пуска.

Оборудование с фирменным знаком «Веспер» применяется в основном производстве и во вспомогательных механизмах на:

- машиностроительных заводах;
- заводах металлоконструкций;
- механических заводах;
- автомобилестроительных заводах;
- заводах технологического оборудования;
- заводах специального оборудования.

Основными объектами использования являются:

- обрабатывающие станки;

- механизмы непрерывного транспорта;
- линии покраски, цинкования металлоконструкций;
- вентиляторы, компрессоры;
- линии резки металлического листа или профиля;
- и др.

Во многих из перечисленных, серийных образцах промышленного оборудования, выпускаемого или модернизируемого представленными предприятиями, частотные преобразователи входят в состав штатных систем управления электроприводом.

Обрабатывающие станки

Частотные преобразователи компании управляют электроприводом в сотнях обрабатывающих станков различных типов. Основные технологические процессы, в которых используются эти станки:

- металлообработка;
- обработка природных и искусственных камней;
- деревообработка;
- обработка стекла и полимеров;
- и т.п.

Оснащение обрабатывающих станков частотно регулируемым электроприводом позволяет удовлетворить самые жесткие и противоречивые требования, предъявляемые технологией обработки разных материалов.

Применение частотных преобразователей обеспечивает:

- потребные предельно допустимые, высокие моменты при пуске, разгоне и торможении вращающихся частей станков;
- быстрое реверсирование движения;
- точное координатное позиционирование обрабатываемых деталей;
- высокие динамические характеристики в переходных режимах;
- поддержание с требуемой точностью скорости вращения в установившихся режимах.

Повышение производительности станков, улучшение качества продукции, снижение ударных нагрузок на электропривод и механическую часть, уменьшение количества поломок оборудования и производимых изделий, снижение энергозатрат – таков суммарный эффект от реализации перечисленных требований.

Механизмы непрерывного транспорта

К механизмам непрерывного транспорта, в которых используются частотные преобразователи компании, относятся различные конвейеры и транспортеры. Они приводятся в движение асинхронными двигателями с короткозамкнутым ротором и используются в машиностроении для транспортировки и перемещения деталей машин, обрабатываемых изделий, конечной продукции и т.п.

При работе рассматриваемых механизмов требуется обеспечить:

- длительный непрерывный режим работы;
- поддержание требуемой скорости перемещения грузов;
- движение транспортной ленты или другого тягового органа без пробуксовки и рывков;
- плавный разгон и останов транспортной ленты;
- аварийный останов при затянувшемся пуске, обрыве тягового органа, сходе ленты с конвейера и других аварийных ситуациях.

Система управления на основе частотного преобразователя и совокупности датчиков позволяет полностью реализовать перечисленные требования.

Линия цинкования металлоконструкций

Оригинальный технический проект реализован компанией на заводе металлоконструкций при строительстве линии горячего цинкования. Линия предназначена для горячего цинкования крупногабаритных металлоконструкций методом погружения. Размер ванны составляет 12,5x2,5x1,5 м. Схема технологического процесса изображена на рис...

В процессе химической обработки металлической заготовки (мостовая балка) кран поступательно перемещает её по цеху. Вес балки составляет несколько тонн, длина балки - более 10 метров.

На пути перемещения балки установлено десять ванн с различными химическими растворами. В них производится очистка металла, обезжиривание, травление и т.п. Крайняя ванна заполнена расплавленным цинком. В ней производится покрытие балки цинком.

От системы управления требуются высокие точности поддержания скорости поступательного движения крана, точное позиционирование его в момент останова над каждой ванной, поддержание требуемых вертикальных скоростей металлоконструкции.

Завершающий процесс покрытия металлической заготовки цинком, кроме того, строго согласован по времени и скоростям ее подъема/опускания.

При быстром опускании балки в ванну наблюдается расплескивание цинка, интенсивное выделение вредных веществ, покрытие получается неравномерным. Если опускание производится слишком медленно, то нарушается качество покрытия.

Подъем металлической балки должен осуществляться очень медленно со скоростью 1 метр в минуту (около 1,5 сантиметра в секунду). Очень важно, что сначала балка наклоняется на фиксированный угол, а затем под этим неизменным наклоном поднимается из ванны.

При соблюдении указанных требований покрытие получается однородным, качественно покрываются острые кромки и углы, а также поверхности, доступ к которым затруднен.

Сложным процессом цинкования управляет оператор. Он оперативно с помощью дистанционного пульта устанавливает требуемую скорость подъема и опускания балки.

Наша задача состояла в создании разомкнутой системы управления, обеспечивающей плавное трогание и останов крана, заданную скорость поступательного перемещения изделия, точное позиционирование его над ваннами, необходимые скорости опускания/подъема металлоконструкции.

Специалисты компании «Веспер» успешно ее решили.

Было установлено три частотно-регулируемых привода с преобразователями векторного типа EI-9011.

На протяжении длительного времени система управления краном работает без сбоев. Технологические параметры поддерживаются с заданными точностями.

Линии резки металлического листа

Применение автоматизированных линий резки становится необходимым практически всегда, когда ведется работа с листовым металлом: изготовление металлоконструкций, металлического профиля, кузовных деталей и т. п. Частотные

преобразователи входят в состав систем управления таких линий. Автоматизация технологического процесса резки обеспечивает высокую производительность, снижение трудозатрат, металл при этом режется очень чисто, практически без деформаций края разрезаемого материала. Функции и тип преобразователя определяются видом линии резки.

В линиях поперечной резки и профелигибочных станах электропривод с преобразователем частоты обеспечивает протяжку листа, плавный пуск/торможение и точное позиционирование в момент резки. Работой преобразователя управляет внешний контроллер. Оператор на панели управления устанавливает количество листов и длину листа.

В линии продольной резки установлено два преобразователя: один из них управляет электроприводом движения ножниц и одновременно протяжкой листа, другой – электроприводом наматывающего устройства. В приводе наматывающего устройства требуется обеспечить высокие моменты на валу при весьма низких скоростях вращения. С этой задачей справляется преобразователь с векторным алгоритмом EI-9011.

Химическая промышленность

Характерными чертами химической промышленности являются ее многоотраслевой характер, высокая энергоемкость большинства производственных процессов и наличие специальных требований, касающихся конструктивного исполнения электрооборудования в части защиты от воздействия окружающей среды.

Электропривод переменного и постоянного тока широко используется при производстве минеральных удобрений, производстве резино-технических изделий и шин, синтетического спирта и каучука, производстве изделий из пластмасс и искусственного волокна, производстве пленок и нанесении покрытий на них и т.п.

Внедрение ЧРП в химическое производство позволяет значительно повысить эффективность и качество технологических процессов, а также снизить энергопотребление.

В химической промышленности основными потребителями продукции компании являются:

- лакокрасочные заводы;
- фабрики химических волокон;
- химические заводы;
- заводы минеральных удобрений;
- заводы по производству шин и РТИ;
- производственные объединения диспергирующего оборудования.

Производство минеральных удобрений

Основными объектами использования преобразователей частоты компании при производстве минеральных удобрений являются грануляторы. Единичная мощность установленных преобразователей достигает 250 – 300 кВт.

Гранулирование имеет целый ряд преимуществ при приготовлении удобрений: сокращаются потери активных веществ; уменьшаются потери при транспортировании, хранении, внесении удобрений. Гранулированные удобрения отличаются равномерным внесением в землю, лучшим удержанием питательных веществ, небольшим пылением, ограниченным вымыванием в почву и другие качества.

Использование преобразователей частоты обеспечивает точное соблюдение параметров процесса изготовления гранулированных удобрений, что в свою очередь

позволяет получить продукцию, отвечающую современным требованиям по агрономической эффективности. При этом соблюдаются нормы санитарии и гигиены производства, а также экологические требования.

Дополнительно к перечисленным преимуществам использование преобразователей частоты в производстве удобрений обеспечивает:

- оперативную настройку гранулятора для эффективной работы с любыми исходными компонентами и составом сырья;
- снижение энергопотребления за счет сокращения непроизводственных затрат и оптимизации работы агрегатов и механизмов;
- упрощение обслуживания оборудования и снижение затрат на его эксплуатацию;
- продление срока службы оборудования за счет исключения ударных механических нагрузок и пиковых пусковых токов электродвигателей;
- повышение безопасности производства;

Оборудование для диспергирования

Высокопроизводительное универсальное оборудование для производства различных паст, пигментов, красителей и других материалов в связи с бурным развитием строительной индустрии пользуется в настоящее время повышенным спросом. Оно применяется для производства красок, шпатлевок, клеев, мастик, пластизолов и других продуктов, где требуется высокое качество перемешивания.

Частотные преобразователи компании в течение двух лет устанавливаются в штатный привод серийных образцов оборудования для диспергирования, выпускаемого НПО «Диспод». Преобразователи управляют электроприводом:

- диссольверов;
- бисерных мельниц;
- смесителей-диспергаторов.

Они обеспечивают плавные пуск и останов механизмов мешалок, требуемые моментные характеристики, широкий диапазон скоростей вращения.

Использование частотно-регулируемого электропривода позволяет применять диспергирующее оборудование для широкого спектра технологических процессов и исходных материалов, улучшить качество диспергирования, повысить производительность, уменьшить энергопотребление,

Система управления пропиточного агрегата

Система управления пропиточного агрегата на основе частотных преобразователей разработана специалистами компании для предприятия каучукового производства. Она спроектирована для замены автоматизированного многодвигательного привода постоянного тока. В состав системы управления входят три частотных преобразователя векторного типа EI-9001 разных мощностей, коммутационная аппаратура, задающие устройства, устройство индикации.

Система управления обеспечивает движение пропитываемой ткани от отжимных валков через натяжной механизм к закаточному устройству с заданной линейной скоростью в требуемом диапазоне ее изменения. Точность поддержания заданной скорости составляет доли процентов. При движении поддерживается постоянство натяжения всех применяемых типов тканей. Контроль требуемой величины натяжения

осуществляется оператором визуально. Кроме основного режима трех электроприводов пропиточного агрегата предусмотрено два дополнительных режима работы на пошаговой скорости с реверсированием.

Модернизация пропиточного агрегата позволила:

- оптимизировать технологический процесс пропитки для любого типа применяемой ткани;
- повысить качество пропитки за счет строгого поддержания линейной скорости движения ткани;
- исключить ручную подрегулировку скорости вращения закаточного устройства при изменении диаметра мотка;
- уменьшить энергозатраты;

Замена двигателей постоянного тока, кроме того, обеспечивает:

- снижение расходов, связанных с эксплуатацией;
- высокую надежность и ремонтпригодность оборудования.

Электропривод каландров

Участки каландрирования используются в технологических линиях производства листовой резины или пластмассы. Каландрирование представляет собой сложный технологический процесс, состоящий из десятка взаимосвязанных строго согласованных по многим параметрам операций.

Основными требованиями к электроприводу каландров являются: плавный пуск электрического двигателя, плавное регулирование скорости в широком диапазоне (20:1 и более) особенно при каландрировании смесей с большим содержанием каучука, поддержание заданной скорости на установившихся режимах с точностью до нескольких процентов при изменении момента до 0,2 от номинального, реверсирование и ограничение выбега валков при аварийном торможении.

Эти требования полностью обеспечиваются при использовании частотно регулируемого электропривода с преобразователем частоты.

Как показывает опыт работы нашей компании, при использовании преобразователей частоты в электроприводе каландров улучшается однородность строения резины, повышается ее прочность и эластичность, увеличивается производительность технологической линии за счет повышения средней скорости работы машины, снижается энергопотребление.

Диапазон мощностей единичных преобразователей частоты, установленных нами в электроприводе каландров составляет от десятков киловатт до 250 кВт.

Производство коагулянтов

В химическом производстве гранулированных коагулянтов для очистки воды успешно работает система управления цехом на основе частотных преобразователей компании. В состав цеха входит 26 электродвигателей, выполняющих различные технологические операции. Система управления в автоматическом режиме обеспечивает согласование работы всех электроприводов в едином технологическом процессе.

Автоматизация технологического процесса позволила увеличить производительность цеха, упростить обслуживание, снизить энергопотребление. Цех может работать как в периодическом, так и в непрерывном режиме.

Производство полимерной нити, пленки ...

В технологических процессах производства полимерной нити, пленки, волокон, ПВХ профилей и т.п. частотные преобразователи компании используются в управляемом электроприводе экструдеров. Данный класс оборудования предъявляет жесткие требования к электроприводу:

- практически полный момент при пуске;
- постоянство мощности в определенном диапазоне скоростей вращения;
- высокие значения моментов при малых скоростях;
- циклические режимы работы с высокой нагрузкой;
- и т.п.

Предъявляемым требованиям в полной мере отвечает частотный преобразователь серии EI-9011, десятки которых сегодня успешно работают в химической промышленности.

Перерабатывающая и пищевая промышленность

Говоря об опыте использования оборудования компании «Веспер», нельзя пройти мимо разработанных нами автоматизированных систем управления технологическими процессами для перерабатывающей и пищевой промышленности.

Каждая разработка проводилась в соответствии с техническим заданием заказчика, и в этом смысле является уникальной.

За время работы компании с 1992 года было разработано, спроектировано и поставлено заказчику «под ключ» около тридцати различных АСУ ТП.

Наряду с АСУ ТП, на предприятиях перерабатывающей и пищевой промышленности успешно работают сотни частотных преобразователей и станций управления.

АСУ ТП мельничного производства, комбикормовых заводов, элеваторов

Функциональное назначение: управление технологическим процессом производства муки из зерна, зерна из сырья, транспортирования сыпучих продуктов и т.п. Обеспечивает управление предприятия одним оператором.

Система выполняет:

- предварительное составление технологических маршрутов;
- пуск и останов составленных маршрутов в заданной последовательности автоматически или оператором вручную;
- контроль производительности агрегатов с непрерывным взвешиванием продукта и документированием результата;
- контроль электрических параметров агрегатов (потребляемый ток и т.д.) и их защиту в случае перегрузки;
- контроль скоростей вращающихся и движущихся частей агрегатов, контроль уровней заполнения емкостей (бункеров и т.д.), контроль отклонения движущихся частей агрегатов от заданного положения (вертикальность ленты норий и т.п.) – с помощью емкостных и магнитных датчиков собственной разработки и изготовления;

Управление ведется в диалоговом режиме оператора с системой. В любой момент времени оператор может взять управление на себя. В случае отказа системы или отдельных модулей возможен переход на ручное управление.

Станции управления процессом производства жидкого продукта

Станции управления технологическим процессом производства жидкого продукта разработаны специалистами компании для сахарного производства.

Функциональное назначение станции – поддержание заданного уровня давления жидкого продукта в различных технологических процессах, в силу чего она может использоваться не только в сахарном производстве.

Станция позволяет работать в автоматическом и ручном режиме управления. В обоих режимах предусмотрено функционирование от основного или резервного электропривода. Переключение с основного электропривода на резервный производится без снижения давления и разрыва потока жидкости.

Опыт эксплуатации станций составляет около пяти лет. Претензий со стороны заказчиков нет, параметры технологических процессов поддерживаются в строгом соответствии с заданными.

Комбинаты, заводы хлебопродуктов

На десятках предприятий по производству хлебопродуктов установлены частотные преобразователи компании «Веспер» различных моделей и диапазонов мощностей. Они управляют электроприводом систем дозирования и смешивания компонентов хлебного производства, транспортерами, шнеками и т.п. Основное назначение преобразователей – строгое выдерживание технологии столь ответственного процесса производства. Дополнительно к этому обеспечивается экономия электроэнергии, упрощение обслуживания, экологическая чистота производства.

Пивоваренное производство

Специалисты компании «Веспер» не могли обойти вниманием столь популярную в России отрасль производства. Качество «Клинского» и продукции многих других пивоваренных заводов и компаний определяется высоким качеством наших частотных преобразователей.

Преобразователи частоты компании работают в автоматизированных системах регулирования и контроля температуры различных компонентов, в бродильно-лягерных и бродильных цехах, в линиях разлива, этикетирования, упаковки конечной продукции.

Они применяются также в насосном, вентиляционном и компрессорном оборудовании.

Из множества технических решений, реализованных компанией в пивоваренном производстве, можно выделить следующие типовые группы объектов, где используются наши частотные преобразователи:

- приводы насосов систем охлаждения бродильных танков;
- приводы компрессоров теплообменников;
- приводы транспортеров в линиях разлива, этикетирования и упаковки;
- приводы мешалок.

Диапазон мощностей единичных преобразователей, установленных на различных предприятиях составляет от 0,75 кВт до 160 кВт.

Общее количество преобразователей, работающих на настоящий момент на пивоваренных предприятиях, составляет сотни экземпляров.

Пятилетний опыт работы компании с этими предприятиями показывает, что применение частотных преобразователей обеспечивает:

- повышение качества конечной продукции за счет строгого поддержания параметров технологического процесса на всех этапах приготовления пива;
- увеличение производительности линий разлива, этикетирования и упаковки за счет плавного регулирования в заданных пределах и точного поддержания на требуемом уровне скорости движения транспортеров;
- исключение ударных нагрузок на электропривод и технологическое оборудование, а также пиковых нагрузок на электросеть за счет плавного пуска электродвигателей;
- экономию электрической энергии, продление ресурса технологического оборудования за счет плавного регулирования скорости вращения электродвигателей и их плавного пуска.

В пищевой промышленности оборудование, выпускаемое компанией, применяется также при производстве молочных продуктов, мясных продуктов, макаронных изделий, кондитерских изделий, безалкогольных напитков, растительных масел, жиров, майонезов и др.

Деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность

Продукция компании пользуется устойчивым спросом на предприятиях рассматриваемой отрасли промышленности. Частотные преобразователи и другое оборудование применяется в системах дозирования и смешивания компонентов при производстве бумаги и целлюлозы, в производственных линиях и механизмах непрерывного транспорта деревообрабатывающих заводов, мебельных комбинатов.

Производство бумаги, целлюлозы

Технологический процесс изготовления бумаги, картона, целлюлозы включает десяток взаимосвязанных операций строго согласованных по времени, где каждая операция представляет собой также весьма сложную процедуру, поэтому его автоматизация представляется актуальной и важной задачей.

Частотные преобразователи компании применяются для автоматизации следующих основных операций:

- приготовление бумажной массы в размольно-подготовительном отделе;
- рафинирование бумажной массы в конических и дисковых мельницах;
- дозирование наполнителей бумаги в зависимости от скорости машины;
- резка бумаги на продольно-резательных станках.

За счет автоматизации технологического процесса с использованием частотных преобразователей достигнуто:

- автоматическое поддержание параметров технологического процесса при выработке разных типов бумаги;
- уменьшение энергопотребления и непроизводительных расходов;
- увеличение ресурса оборудования за счет плавного пуска многодвигательных электроприводных установок;

- устойчивая работа в широком диапазоне скоростей.

Деревообработка

Регулируемый электропривод в деревообрабатывающей промышленности широко используется в самом различном технологическом оборудовании: конвейеры, пилорамы, обрабатывающие станки и т.д.

Одно из эффективных направлений использования частотных преобразователей компании в деревообработке – автоматизация на их основе процесса сушки пиломатериалов в сушильных камерах.

Применение частотно регулируемого электропривода для управления вытяжными вентиляторами в замкнутой автоматизированной системе сушильной камеры обеспечивает:

- точное регулирование влажности и температуры пиломатериалов;
- равномерное просыхание пиломатериалов различных пород дерева;
- экономию электроэнергии;
- упрощение обслуживания оборудования и снижение трудозатрат.

В качестве одного из многочисленных примеров рассмотрим опыт внедрения частотно-регулируемого электропривода при модернизации оборудования на деревообрабатывающем комбинате в г. Москве.

Руководство ДОК понимало, что наибольший эффект от использования преобразователей частоты можно получить в системах и механизмах с изменяющейся производительностью. То есть там, где нужно регулировать скорость движения материала, поддерживать требуемую нагрузку механизмов, изменять направление движения и т.п.

Поэтому на первом этапе модернизации оборудования в начале 2000 года для оснащения частотно регулируемым электроприводом были выбраны:

1. Системы аспирации формирующих машин.
2. Шнеки подачи исходных компонентов.
3. Поворотные механизмы перемещения готовой продукции.
4. Шлифовальные линии.

Что же было достигнуто за счет использования преобразователей частоты? Каковы итоги их четырехлетней эксплуатации на этом предприятии?

Для полноты ответа на эти вопросы рассмотрим кратко работу модернизированного оборудования до, и после установки преобразователей.

Приводы вентиляторов системы аспирации ранее были нерегулируемыми. Для поддержания необходимого объёма удаляемого воздуха, скорости воздушного потока и создаваемого разрежения воздуха применялись механические задвижки (шибера). Задвижки перемещались вручную. Недостатки такого регулирования специалистам общеизвестны.

Переход к частотному регулированию скорости вращения приводного электродвигателя вентиляторов позволил:

- повысить точность поддержания технологических параметров процесса аспирации;
- исключить ударные пиковые нагрузки на питающую электросеть и просадки напряжения в ней за счет плавного пуска электродвигателей вентиляторов с током, не превышающим номинальной величины;
- упростить техническую эксплуатацию и снизить эксплуатационные затраты за счет автоматизации процесса управления вентиляционными установками.

Похожие результаты достигнуты и при использовании преобразователей в приводах шнеков подачи щепы, сухой стружки, сырой стружки и осмоленной стружки. До этого в приводах были установлены механические вариаторы.

За счет автоматизации приводов шнеков, кроме того, удается оперативно настраивать скорость подачи материала и соответственно производительность в зависимости от состояния и качества исходных компонентов. Исключение механических вариаторов повысило надежность системы в целом, а также позволило увеличить межрегламентные сроки обслуживания оборудования.

Показательным примером является установка преобразователя в привод поворотного механизма переключателя готовой плитной продукции. В стандартной комплектации в механизме использовался двухскоростной асинхронный электродвигатель. Для обеспечения заданной продолжительности цикла электропривод должен строго выполнять диаграмму скорости. Отсутствие стабилизации величины ускорения или замедления в период пуска или торможения с разной механической нагрузкой требовали перенастройки датчиков. Из-за этого возникали серьезные проблемы при переключке плит, а отказ датчика крайних положений моментально приводил к поломке механической части переключателя.

Все проблемы были решены после оснащения привода преобразователем частоты. Скорость поворотного механизма теперь плавно регулируется практически от нуля до номинального значения. Следует отметить, что затраты на модернизацию привода оказались минимальными, поскольку приводной двигатель используется прежний.

При модернизации не на словах, а на деле было доказано, что частотно регулируемый электропривод является хорошей альтернативой для замены привода постоянного тока. Такая замена была произведена в приводе подачи плиты в шлифовальный станок.

На момент замены нам на первый взгляд для специалистов ДОК показалась относительно высокая стоимость частотного привода. Но она окупилась при замене привода постоянного тока существенным снижением затрат на обслуживание, улучшением эксплуатационных качеств механизма в целом, упрощением технической эксплуатации.

Почти четырехлетний опыт эксплуатации преобразователей частоты в различных механизмах позволяет нам определить суммарный эффект от их использования на предприятии.

1. Повышение качества конечной продукции за счет строгого соблюдения технологии и точного поддержания параметров технологических процессов на всех этапах производства.
2. Увеличение коэффициента использования оборудования за счет снижения времени простоев из-за поломок, а также на регламентное обслуживание механической части приводов.
3. Упрощение технического обслуживания и снижение эксплуатационных затрат.
4. Продление срока службы технологического оборудования.
5. Снижение потребления электроэнергии.

На сегодняшний день на предприятии успешно работает около двух десятков преобразователей частоты различных серий компании «Веспер». Диапазон мощностей единичных образцов составляет от 5,5 кВт до 37 кВт.

Индивидуальные технические проекты

Деятельность компании «Веспер» не ограничивается разработкой, проектированием и производством серийных преобразователей частоты, устройств плавного пуска, станций управления и дополнительного технологического оборудования.

Специалисты компании проводят непрерывную научную, изыскательскую работу по оптимизации алгоритмического обеспечения выпускаемого оборудования, совершенствованию конструктивных и схемных решений, созданию новых моделей.

Компания принимает участие в реализации опытных, пилотных и индивидуальных технических проектов, отдельные из которых представлены в этом разделе.

Привод ковшей драги

Для разработки обводненных россыпных месторождений золота, обогащения горной массы и отделения золотого концентрата используются мобильные драги. Главный привод черпающего устройства драги включает нерегулируемые асинхронные двигатели суммарной мощностью несколько сотен киловатт.

При модернизации драги для эффективного управления асинхронными двигателями были использованы два частотных преобразователя компании единичной мощностью по 220 кВт каждый.

Оснащение черпающего устройства драги частотно регулируемым электроприводом позволило:

- исключить обрывы ковшовой цепи при встрече ковшей с монолитными, твердыми образцами горной породы;
- исключить перегрузку и выход из строя электродвигателей в случае заклинивания или превышения механической нагрузки;
- обеспечить плавное регулирование скорости движения ковшей в зависимости от минерального состава россыпи;
- обеспечить плавный разгон черпающего механизма до рабочей скорости и медленный с заданным темпом;
- повысить надежность, уменьшить затраты на обслуживание, увеличить срок службы оборудования.

Управление электроприводом судовых механизмов

Для частотного регулирования асинхронных электродвигателей в судовых электромеханизмах предназначены преобразователи частоты морского исполнения серии ЕІ-М. Эти преобразователи имеют сертификаты Российского Морского Регистра Судоходства и Российского Речного Регистра. Они апробированы на практике и успешно эксплуатируются на судах морского и речного флота в приводах различных судовых механизмов.

Первый опыт практического использования частотного преобразователя серии ЕІ-М связан с судном-сборщиком льяльных и сточных вод "Брянск". На его борту впервые в России было установлено принципиально новое отечественное подруливающее устройство. Новизна заключается в использовании винта фиксированного шага с приводом от частотно-регулируемого электропривода. Частотно-регулируемый электропривод состоит из асинхронного двигателя и частотного преобразователя мощностью 45 кВт. Управление подруливающим устройством (ПУ) осуществляется непосредственно от частотного преобразователя (ЧП) или от дистанционного пульта управления (ПДУ). Ручка управления на дистанционном пульте выполнена в виде джойстика. На пульте индицируются направление вращения и скорость вращения винта, а также информация о наиболее важных параметрах работы подруливающего устройства.

Как показал почти двухлетний опыт эксплуатации, преобразователь частоты в составе частотно-регулируемого электропривода ПУ позволяет плавно регулировать скорость вращения и тягу винта от нуля до максимального значения, обеспечивая реверс, плавный пуск и останов электропривода винта. Плавное регулирование тяги винта и реверс дают возможность судоводителю управлять операциями по маневрированию судна

быстрее и точнее. Кроме того, при плавном регулировании скорости вращения винта пропорционально скорости снижается потребление электроэнергии от судовой электросети. Плавный пуск и останов электропривода устраняют пиковые нагрузки на судовую электросеть и просадки напряжения в ней, а также ударные нагрузки на механическую часть подруливающего устройства.

Электрическая дистанционная система управления на основе частотно-регулируемого привода проще, надежнее и требует меньших ухода и затрат в эксплуатации нежели гидравлическая система в традиционных подруливающих устройствах.

В дальнейшем всего за год с небольшим на суда различного класса было поставлено несколько десятков частотных преобразователей морского исполнения для подруливающих устройств такого типа. Единичная мощность частотных преобразователей в них составляет от 22 кВт до 315 кВт.

Суммируя результаты практической эксплуатации, следует подчеркнуть, что применение подруливающих устройств с винтом фиксированного шага и частотно-регулируемым электроприводом обеспечивает:

- улучшение маневренности судна при швартовке, тралении, буксировке, при проходе узкостей и т.п.;
- уменьшение времени разгрузки, погрузки, снижение количества столкновений и навалов судна;
- повышение точности динамического позиционирования при меньших энергетических затратах;
- повышение безопасности мореплавания.

Особую группу судовых электроприводов для оснащения частотными преобразователями образуют механизмы, осуществляющие транспортировку жидкостей и газов. Это питательные, топливные, грузовые, конденсатные и другие насосы, а также вентиляторы, воздуходувки, компрессоры. В них наиболее ярко проявляются возможности и преимущества частотного регулирования скорости вращения приводных электродвигателей.

Рассмотрим коротко две типовые задачи, связанные с судовыми насосами и компрессорами (вентиляторами).

1. Управление приводом насосов.

При пуске асинхронных двигателей грузовых нефтеперекачивающих насосов возникают проблемы с качеством электроэнергии. Провал напряжения в судовой электросети во время пуска превышает в отдельных случаях нормы Морского Регистра в два раза. Причина кроется в том, что потребляемая мощность насосов соизмерима с мощностью судовой электростанции.

Используемые в настоящее время методы не решают полностью проблему пуска мощных судовых приводов.

При регулировании производительности насосов используются многоскоростные асинхронные двигатели, которые позволяют лишь ступенчато изменять частоту вращения.

Частотный преобразователь в данной ситуации является лучшей альтернативой. Он запускает двигатель с током, не превышающим номинального значения; обеспечивает плавное регулирование частоты вращения практически от нуля до номинального значения и выше. Использование встроенного в преобразователе ПИД-регулятора позволяет с высокой точностью поддерживать требуемые значения расхода или напора жидкости на выходе насоса.

2. Управление приводом компрессоров судовых холодильных установок.

Потребная производительность компрессора существенно зависит от режима работы морозильной установки. Для обеспечения замораживания пиковых выловов рыбы необходимо увеличение холодопроизводительности установок, при замораживании

рыбопродукции с расчетными параметрами требуется номинальная производительность, а в реальных условиях промысла порой требуется и пониженная производительность.

Обеспечить потребную производительность возможно путем изменения частоты вращения приводного асинхронного электродвигателя с помощью частотного преобразователя.

Схема управления приводом компрессора имеет вид аналогичный схеме привода насосов.

При регулировании компрессора обеспечивается также плавный пуск двигателя и устранение пиковых нагрузок на судовую электросеть.

Как показывает практика, оснащение частотными преобразователями электроприводов насосов и компрессоров (вентиляторов) обеспечивает:

- уменьшение потребления электроэнергии за счет оптимального управления электродвигателем в зависимости от производительности;
- плавный пуск электродвигателя с током, не превышающим номинального значения, и как следствие, устранение пиковых нагрузок на электросеть и просадок напряжения в ней;
- увеличение срока службы электропривода и технологического оборудования за счет исключения ударных токов и механических ударных нагрузок;
- повышение надежности, упрощение технического обслуживания, снижение эксплуатационных затрат.

Весьма перспективным представляется использование частотных преобразователей в электроприводах якорно-швартовых механизмов, лебедок различного назначения, судовых кранов и т.п.

Эти механизмы предъявляют, пожалуй, самые жесткие требования к электроприводу:

- поддержание максимального момента на валу практически при нулевой частоте вращения;
- управление частотой вращения в обоих направлениях (выборка/вытравливание, подъем/опускание);
- регулирование момента на валу с высокой точностью во всем рабочем диапазоне;
- пуск и торможение полностью нагруженного механизма.

Полностью удовлетворяют перечисленным требованиям преобразователи серии ЕІ-М с векторным управлением. В настоящее время они успешно эксплуатируются на судах в подобных механизмах.

В качестве примера приведем схему частотно-регулируемого электропривода лебедок технологических комплексов специального судна. Это один из сложных проектов, который наиболее полно характеризует возможности векторного управления. Асинхронный двигатель (АД) через редуктор вращает барабан лебедки. На барабан лебедки намотано специальное «кабель-шланговое» устройство. Общая длина «кабель-шланга» составляет до 6000 метров и вес – до 12 – 15 тонн. В процессе работы «кабель-шланг» медленно разматывается с идущего судна и волочится по дну. По окончании «кабель-шланг» наматывается на барабан лебедки.

Система управления включает частотный преобразователь (ЧП) и пульт дистанционного управления (ПДУ). ПДУ позволяет управлять лебедкой непосредственно с палубы, обеспечивая визуальный контроль над обстановкой.

Частотный преобразователь обеспечивает плавный старт барабана лебедки, максимальный момент на валу в начале размотки и начале намотки «кабель-шланга». При выборке и вытравливании кабель-шланга преобразователь с требуемой точностью управляет скоростью вращения барабана.

Оборудование надежно функционирует в морских условиях и полностью отвечает требованиям заказчика.

Комбинированный привод электромобиля

Частотный преобразователь мощностью 220 кВт изготовлен для управления синхронным вентильным двигателем с внешним ротором. Электродвигатель приводит в движение электромобиль. Скорость движения автомобиля изменяется путем непосредственного регулирования частоты вращения электродвигателя с помощью преобразователя.

Электропривод лифта

Несколько частотных преобразователей компанией изготовлены для электропривода лебедок лифтов. Частотно регулируемый электропривод установлен вместо двухскоростных короткозамкнутых электродвигателей и электроприводов постоянного тока.

Результаты эксплуатации показали полное соответствие характеристик частотных преобразователей высоким требованиям, предъявляемым к современным лифтам и их системам управления. Основным преимуществом регулируемого электропривода лифта перед нерегулируемым является возможность формирования любых требуемых режимов пуска и останова с возможностью настройки на конкретный объект.

Частотное регулирование обеспечивает требуемую точность останова лифта и повышенную комфортность пассажиров, высокую безопасность, продление ресурса лифтового оборудования.

Электропривод сепаратора цементной мельницы

Частотный преобразователь компании мощностью 160 кВт работает в замкнутой схеме управления электроприводом сепаратора. В технологическом процессе применяется ПИД закон регулирования скоростью вращения сепаратора.

Использование сепаратора с регулируемой скоростью вращения на цементной мельнице повышает ее производительность, снижает удельный расход электроэнергии, повышает качество цемента и его марочность.

Частотное регулирование, кроме того, обеспечивает снижение механических нагрузок на оборудование при пусках, щадящие режимы для электрического двигателя, упрощение технического обслуживания.

2. Опыт использования оборудования компании «Веспер» в решении задач энергосбережения

Задачи энергосбережения и повышения энергетической эффективности экономики компания решает комплексно и многопланово. Главным направлением здесь является внедрение энергосберегающего оборудования в системы управления различными технологическими процессами, поскольку невозможно механически разделить технологию процесса и затраты энергии, ресурсов на его реализацию.

В настоящем издании технологические задачи и задачи энергосбережения разделены, исходя чисто из методических соображений, чтобы четче представить работу компании в этих направлениях.

Такое разделение вполне корректно, потому что существует перечень задач, в которых поддержание параметров технологического процесса является определяющим фактором, а экономия энергии и ресурсов – сопутствующими факторами. И с другой стороны есть перечень задач, при решении которых обеспечивается максимальная экономия электроэнергии, энергетическая эффективность, экономия ресурсов.

Области использования оборудования и полученный экономический эффект

Мировая практика подтверждает, что максимальный экономический эффект от использования частотно регулируемого привода можно получить при транспортировке жидкостей и газов в насосных, вентиляционных, компрессорных установках, работающих с переменной производительностью.

Компания «Веспер» имеет богатый успешный опыт применения частотных преобразователей, станций управления, софт-стартеров и станций плавного пуска в указанном оборудовании на самых различных предприятиях.

Основные области внедрения энергосберегающего оборудования компании:

- электроэнергетика;
- жилищно-коммунальное хозяйство;
- нефтеперерабатывающая промышленность;
- газоперерабатывающая промышленность;
- металлургия;
- деревообрабатывающая промышленность.

Объекты использования:

- насосные водопроводные станции;
- станции водоочистки;
- котельные;
- центральные тепловые пункты;
- насосные и вентиляционные установки электростанций и промышленных предприятий.

Многолетняя практика эксплуатации оборудования компании на сотнях объектов заказчиков и анализ статистических данных по результатам этой эксплуатации позволяют оценить эффект от его внедрения количественно.

Эффект от внедрения:

1. Экономия электрической энергии благодаря оптимизации работы насосных агрегатов и тягодутьевых механизмов составляет в среднем по объектам 30 – 60%.
2. Снижение расхода воды до 5% и уменьшение скрытых утечек за счет обеспечения постоянства давления в сети и снятия избыточного напора.
3. Экономия тепловой энергии до 10% вследствие оптимизации температурного режима и расхода теплоносителя.
4. Увеличение срока службы оборудования в 1,5 – 2 раза.

Кроме того, достигается

- уменьшение вероятности возникновения аварийных ситуаций за счет исключения гидравлических ударов и снижения механических нагрузок;
- повышение эффективности защиты электропривода;
- улучшение экологической обстановки;

- снижение затрат на обслуживание оборудования.

В абсолютном выражении наибольший экономический эффект достигается в электроэнергетике и жилищно-коммунальном хозяйстве, поэтому в разделе 2 будут представлены проекты компании в этих областях.

Электроэнергетика

В электроэнергетике целесообразно использовать энергосберегающее оборудование для снижения затрат на собственные нужды на энергообеспечивающих предприятиях, главным образом на тепловых электростанциях. В системах водоснабжения, охлаждения, смазки, вентиляции тепловой станции насчитывается сегодня несколько десятков нерегулируемых электроприводов. Суммарная мощность привода составляет порядка 1 – 2 мВт, единичные мощности отдельных приводов колеблются от 40 до 200 кВт и выше.

Частотные преобразователи компании устанавливаются на тепловых электростанциях для управления приводом:

- питательных насосов,
- дымососов,
- дутьевых вентиляторов,
- компрессоров,
- сетевых и подпиточных насосов.

Оптимальный результат достигается при комплексной автоматизации электропривода на основе местных станций управления приводом, замкнутых на единую АСУ ТП.

Жилищно-коммунальное хозяйство

Особое внимание при реализации программ энергосбережения компания уделяет жилищно-коммунальному хозяйству, которое потребляет сегодня 1/3 топливно-энергетических ресурсов страны.

Наиболее значимые проекты по этому направлению реализуются в Белгородской и Орловской областях, в Западной Сибири, в московском регионе.

Наше оборудование работает в ЖКХ городов:

Анапа, Белгород, Балашиха, Видное, Волгоград, Домодедово, Екатеринбург, Зеленоград, Ижевск, Инта, Истра, Ивантеевка, Казань, Киров, Кашира, Клин, Липецк, Москва, Малоярославец, Мытищи, Новгород, Орел, Подольск, Рязань, Саров, Тула, Троицк, Томск, Тверь, Тосно, Уфа, Ленск (Водоканал, Теплосеть) и др.

Используются как единичные частотные преобразователи, так и станции управления многодвигательными приводами.

Энергосберегающий комплекс ЦТП

Большая часть экономии электроэнергии на ЦТП достигается при использовании регулируемого электропривода насосов.

Для регулирования насосов компанией разработан энергосберегающий комплекс, который устанавливается в системах холодного и горячего водоснабжения ЦТП. Он предназначен для автоматического поддержания давления воды в подающем трубопроводе при изменении расхода и входного давления. Для поддержания заданного

давления применяется замкнутая система регулирования на основе частотного преобразователя и датчика давления.

На практике компанией реализованы десятки конструктивных решений энергосберегающих комплексов, как для единичных насосных агрегатов, так и для группы насосов (станции управления).

За время работы оборудования на всех объектах отмечается:

- экономия электроэнергии и тепла;
- устойчивая работа по поддержанию заданного уровня давления с точностью, определяемой погрешностью датчика;
- упрощение эксплуатации за счет исключения ручного регулирования давления с помощью задвижек;
- снижение количества прорывов трубопроводов;
- безотказная работа комплексов с 1998 года.

Автоматизация насосных станций

В системах водоснабжения, водоочистки, водоотведения жилищного хозяйства основным технологическим объектом является насосная станция. К ним относятся водопроводные станции различного уровня, станции аэрации, канализационные насосные станции, станции подкачки и др. Электропривод насосных агрегатов на большинстве из них выполнен нерегулируемым и регулирование осуществляется неэкономичным дроссельным способом.

Компанией «Веспер» автоматизирован целый ряд насосных с использованием экономичного частотно регулируемого электропривода. Частотные преобразователи управляют скоростью вращения электродвигателя, изменяя тем самым частоту вращения рабочего колеса насосного агрегата.

В зависимости от назначения станций автоматизированные системы управления насосными агрегатами решают различные задачи:

- обеспечивают требуемую подачу воды;
- поддерживают заданный напор в конкретной точке водопроводной сети при изменении расхода;
- поддерживают заданный уровень жидкости в емкостях;
- и т.п.

Естественно, что комплект поставляемого оборудования определяется в каждом случае, исходя из решаемой задачи.

Автоматизация тягодутьевых механизмов

Из всех механизмов котельной, приводимых в движение асинхронными двигателями, определяющее значение с точки зрения энергетической эффективности имеют тягодутьевые механизмы. Они потребляют почти 60% электроэнергии от собственных нужд котельной.

Компания «Веспер» широко и успешно внедряет системы автоматического управления тягодутьевыми механизмами на основе частотных преобразователей.

Система управления тягодутьевым механизмом включает несколько частотных преобразователей (управление приводом дымососов и вентиляторов), датчики разрежения и датчики давления, пульт управления оператора.

Использование частотного регулирования электроприводов тягодутьевых механизмов обеспечивает:

- автоматическое поддержание на заданном уровне разрежения на выходе котла и давления подаваемого в котел воздуха во всех режимах работы

(розжиг/останов котла, работа при различном количестве включенных горелок);

- устойчивый автоматический розжиг котла без отрыва пламени. Время розжига меньше по сравнению с ручным управлением.

При автоматическом поддержании параметров наряду с экономией электроэнергии обеспечивается оптимальный режим работы котельной, минимизация вредных выбросов в атмосферу, увеличение срока службы оборудования.

Модернизация действующих котельных производится с минимальными изменениями существующей структуры:

1. Частотные преобразователи включаются в разрыв силовой сети 380 В между пусковой аппаратурой и электродвигателями. Дроссельные заслонки в каналах дымососа и вентилятора полностью открыты.
2. В контрольных точках устанавливаются датчики разрежения и давления воздуха, сигналы с которых подаются на входы соответствующих частотных преобразователей, образуя замкнутые системы автоматического регулирования.

ПРИМЕРЫ ТИПОВЫХ ПРИМЕНЕНИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ С ОПИСАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

1. Регулирование производительности насосов

1.1. Автоматическое поддержание давления воды в водопроводной сети

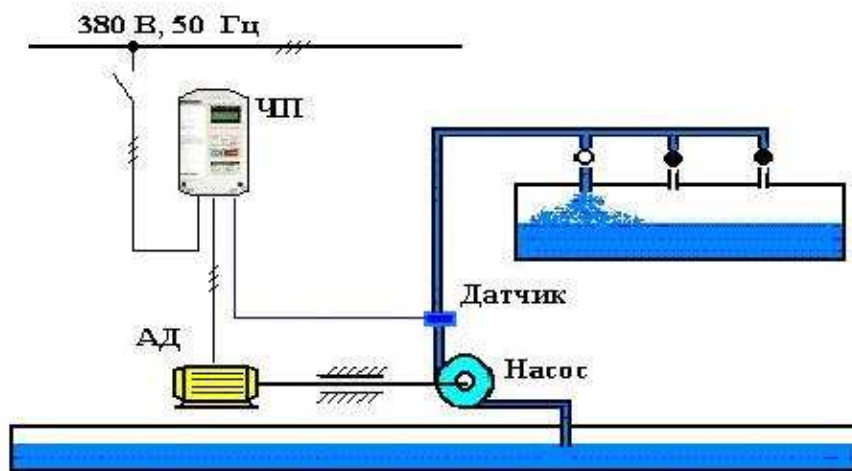


Рис. 1.

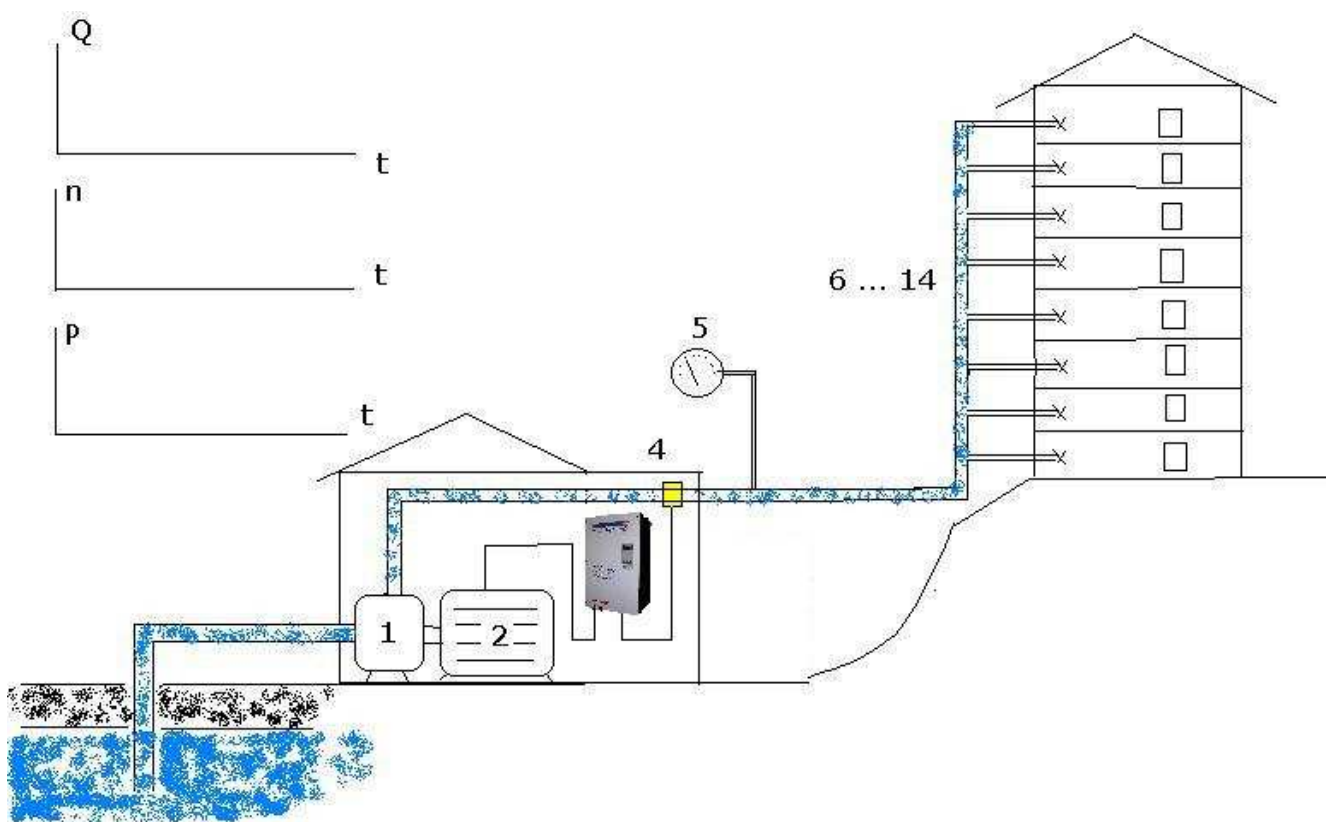
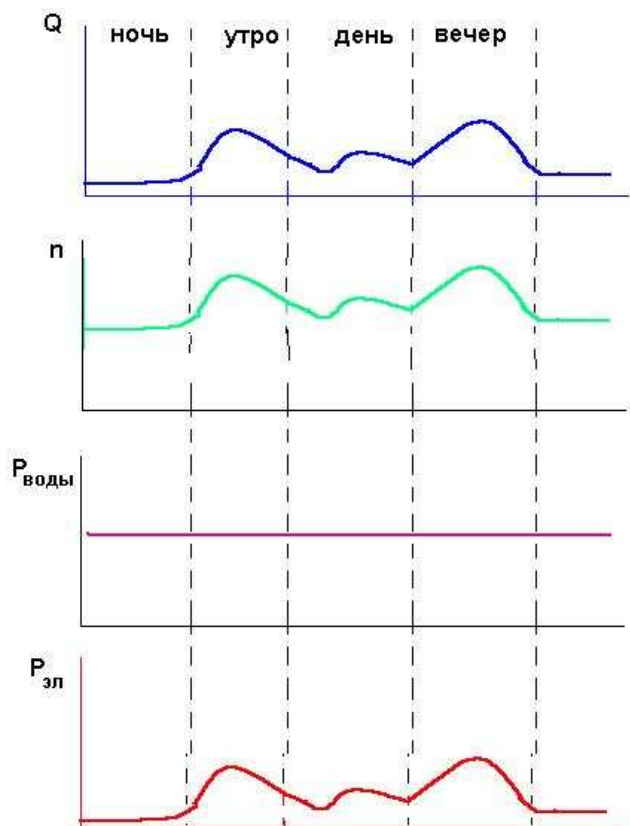


Рис. 2.

Решаемая задача: автоматическое поддержание давления воды в подающей линии (в водопроводной сети) на заданном уровне при изменении расхода.

Параметры для сравнения: расход воды Q , частота вращения двигателя n , давление воды в сети P , потребляемая мощность $P_{эл}$.



На рис.1. представлено схематическое решение задачи. На рис. 2. – одно из практических воплощений решаемой задачи – подача воды в многоэтажный жилой дом (подкачивающая насосная станция).

Система водоподачи состоит из насоса 1, приводимого в движение электродвигателем 2. Насос и электродвигатель размещены в здании насосной станции. Преобразователь частоты 3 управляет электродвигателем. Давление в водопроводной сети измеряется датчиком давления 4, сигнал обратной связи с которого поступает на ПЧ. Заданное значение давления устанавливается на пульте управления ПЧ и визуально контролируется по манометру 5.

В течение суток расход воды Q значительно изменяется (краны 6 ... 14 открываются и закрываются). Максимальный (пиковый) расход воды приходится на утренние и вечерние

часы, в то время как ночью расход практически нулевой и днем также небольшой.

Если действующее давление воды в водопроводной сети при каком-то расходе отличается от заданного, то преобразователь частоты плавно изменяет скорость вращения двигателя и насоса так, чтобы при другом расходе (потреблении) обеспечить давление в сети.

Таким образом, независимо от величины расхода воды, давление воды во всех кранах поддерживается постоянным.

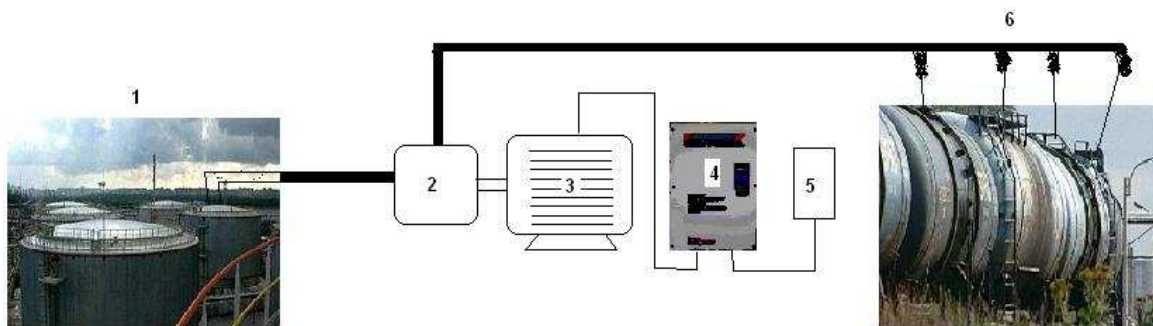
Преимущества использования ПЧ при поддержании заданного давления:

- снижение потребления электроэнергии,
- исключение гидроударов в сети и как следствие снижение количества аварий на трубопроводах,
- устранение ударных нагрузок на электрическую сеть при пуске электропривода.

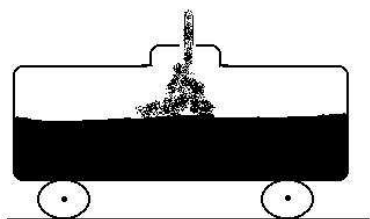
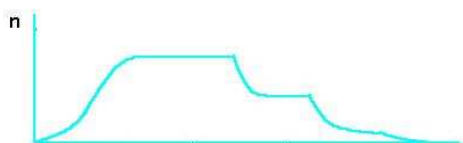
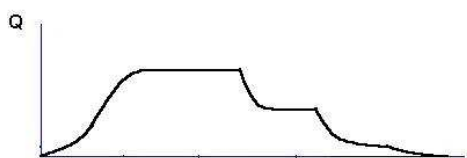
Потребляемая мощность электродвигателя при работе с насосом существенно зависит от скорости вращения двигателя. График зависимости потребляемой мощности от частоты вращения двигателя выглядит примерно так:



1.2. Ручное управление производительностью насоса



В качестве примера изображена схема эстакады налива нефтепродуктов в железнодорожные цистерны. Нефть из наземных хранилищ 1 перекачивается насосом 2 в железнодорожные цистерны (одновременно в десятку цистерн). Управление производительностью насоса осуществляет оператор с дистанционного пульта управления 5 (в качестве пульта может использоваться управляющий компьютер). ПЧ 4 по командам оператора обеспечивает требуемую производительность путем изменения скорости вращения электродвигателя 3.



Решаемая задача: управление производительностью нефтяного насоса при заполнении цистерн (нефтяной насос исключительно для примера, схема управления – элементы 2,3,4,5 одинаковы для любого насоса).

Параметры: производительность насоса Q , скорость вращения электродвигателя n ,

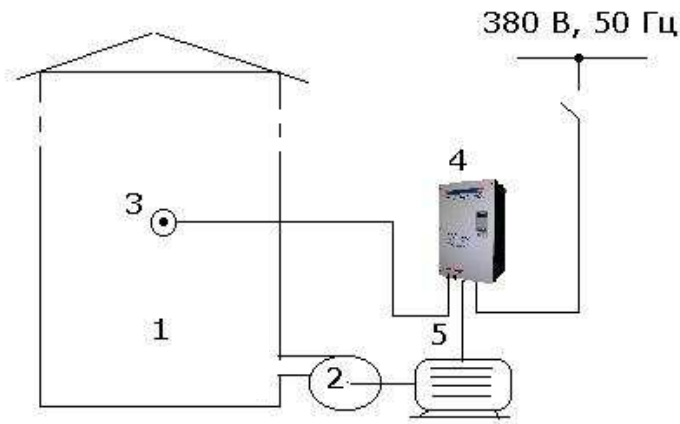
Работа простая – оператор нажимает кнопку «пуск» и устанавливает заданную производительность насоса, ПЧ плавно разгоняет двигатель и насос до заданной скорости. По мере наполнения цистерн оператор снижает производительность насоса, чтобы плавно заполнить цистерны и исключить расплескивание нефтепродуктов.

Преимущества использования ПЧ при управлении производительностью насоса:

- исключение гидроударов в магистрали и как следствие снижение количества аварий на трубопроводах,
- продление срока службы оборудования за счет устранения ударных нагрузок на электрическую сеть и двигатель при пуске электропривода,
- улучшение экологической обстановки за счет исключения расплескивания нефтепродуктов.

2. Регулирование производительности вентиляторов и компрессоров

2.1. Автоматическое поддержание температуры воздуха в помещении



Примеров можно привести много: производственное помещение, табачная фабрика, инкубатор, теплица.

Решаемая задача: автоматическое поддержание температуры воздуха в помещении путем отвода тепла (подразумевается, что в помещении имеется источник тепла).

Параметры: температура воздуха t , расход воздуха через вентилятор Q , скорость вращения двигателя n , потребляемая энергия $P_э$.

Система поддержания заданной температуры работает в автоматическом режиме по схеме с обратной связью. ПЧ 4 управляет скоростью вращения электродвигателя 5, изменяя тем самым производительность вентилятора 2. Температура в помещении оценивается датчиком температуры 3. Заданное значение температуры устанавливается с пульта управления ПЧ.

Если температура воздуха отличается от заданной, то ПЧ выдает сигнал управления на двигатель. Скорость вращения двигателя и производительность вентилятора изменяются так, что температура воздуха в помещении становится равна заданному значению.

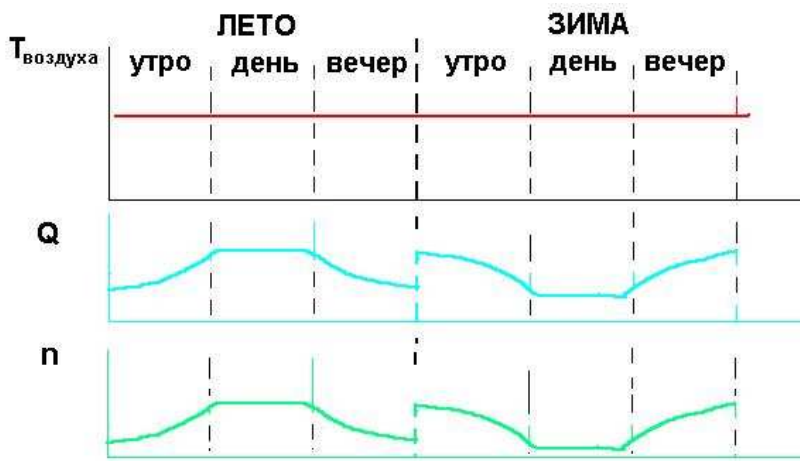


График потребления энергии в зависимости от расхода воздуха в этом случае практически аналогичен насосному применению ПЧ.

При использовании ПЧ обеспечивается:

- точное поддержание температуры воздуха и создание оптимального микроклимата в помещении,
- исключение механических регулирующих задвижек и упрощение эксплуатации системы в целом,



- снижение потребления электроэнергии за счет плавного регулирования скорости вращения двигателя (график),

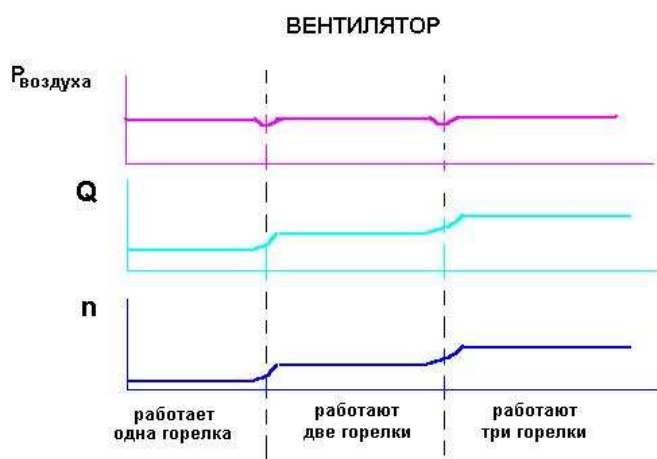
2.2. Автоматическое управление тягодутьевым механизмом котла



Решаемая задача: автоматическое поддержание разрежения в котле и давления подаваемого воздуха перед горелкой.

Параметры: давление воздуха перед горелками, разрежение в котле, скорость вращения вентилятора, скорость вращения дымососа, расход воздуха на входе, расход газа на выходе.

Котельная или тепловой пункт, где установлен котел проектируется для работы в самых жестких условиях: на максимальную отрицательную температуру воздуха и минимальное давление. В действительности такие жесткие внешние условия бывают в течение года лишь в зимний период, да и то не постоянно. Для регулирования режима работы котла применяются механические задвижки, которые перемещаются вручную.



Поэтому в относительно теплое время года котел работает не оптимально. По-сути сжигает лишнее топливо и потребляет лишнюю электроэнергию.

Поэтому в относительно теплое время года котел работает не оптимально. По-сути сжигает лишнее топливо и потребляет лишнюю электроэнергию.

Использование ПЧ для автоматизации работы котельной позволяет оптимизировать процесс горения в котле, т.е. подстроить его работу под изменяющиеся внешние условия.

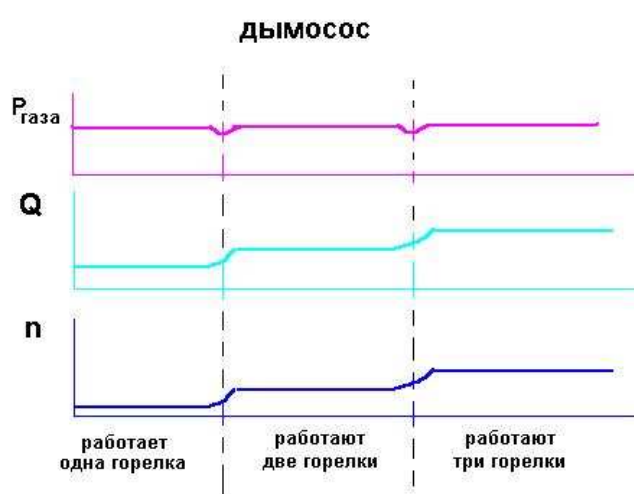
Одним из путей автоматизации работы котла является применение замкнутых схем регулирования давления воздуха перед горелками и разрежения на выходе котла с использованием ПЧ.

Упрощенная схема работы котла изображена на рисунке. Задание уровней разрежения и давления производится переменными резисторами, которые расположены на главном щите управления в диспетчерской. Текущие значения этих параметров измеряются датчиком давления ДД и датчиком разрежения ДР.

При изменении количества работающих горелок в котле или изменении внешних условий ПЧ воздействуют на скорость вращения вентилятора и дымососа, так что расход воздуха, проходящий через них изменяется, а давление и разрежение поддерживаются постоянными. (По-сути, полная аналогия с поддержанием давления воды).

Применение ПЧ для автоматизации работы котла обеспечивает:

- устойчивую работу котла по поддержанию заданных уровней разрежения и давления в широком диапазоне изменения внешних условий на всех режимах,
- существенную экономию электроэнергии,
- автоматический устойчивый розжиг котла без отрыва пламени,
- минимизацию вредных выбросов в атмосферу и улучшение экологической обстановки.

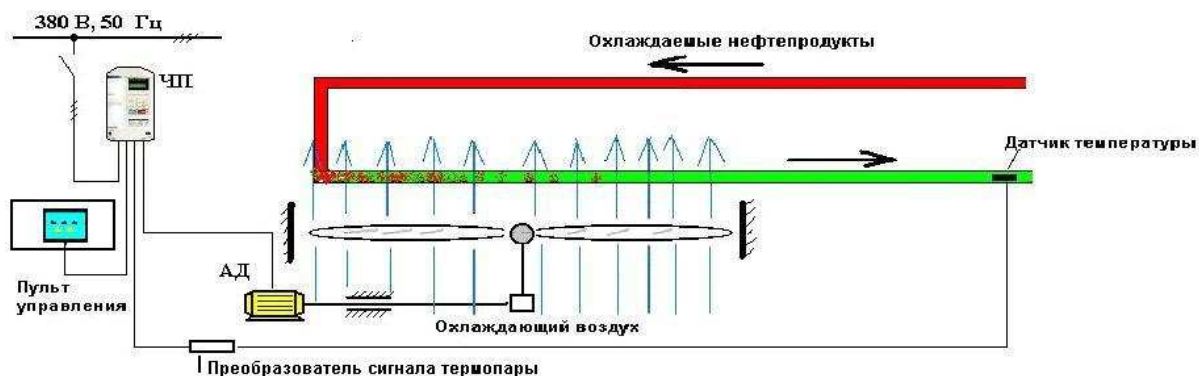


2.3. Автоматическое поддержание температуры охлаждаемых жидких и газообразных продуктов

В нефтегазовом комплексе для охлаждения жидких и газообразных продуктов широко используются аппараты воздушного охлаждения и градирни. Такие же аппараты в последние годы стали активно использоваться и в других отраслях промышленности.

Основные достоинства АВО – доступность охлаждающего агента (атмосферный воздух) и простота конструкции.

Одним из главных недостатков большинства работающих АВО является сложность существующей системы автоматического управления. Это приводит к повышенным затратам на электроэнергию и ремонт оборудования, нарушению технологии, снижению срока службы аппаратов.



Использование ПЧ для поддержания заданной температуры охлаждаемого продукта путем изменения скорости вращения вентилятора позволяет избавиться от перечисленных недостатков АВО и экономит электроэнергию.

Решаемая задача: автоматическое поддержание температуры охлаждаемых жидких и газообразных продуктов.

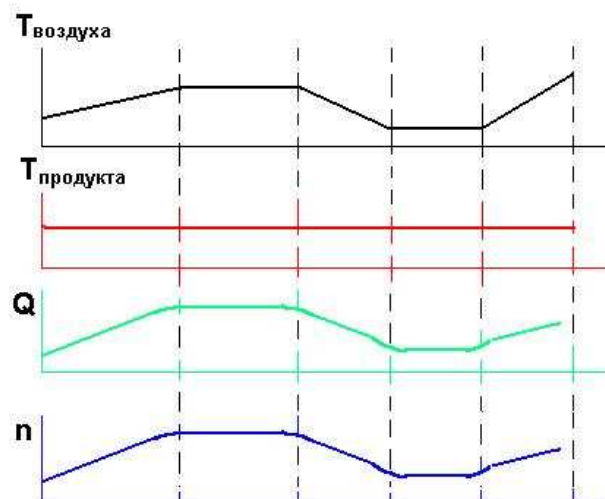
Параметры: температура продукта, расход воздуха через аппарат, скорость вращения вентилятора.

В состав системы управления входят преобразователь частоты, управляющий асинхронным двигателем, пульт дистанционного управления, датчик температуры. Стандартная схема с обратной связью. Заданное на пульте управления значение температуры сравнивается с действительной температурой продукта и в случае рассогласования ПЧ вырабатывает сигнал управления на двигатель.

Изменяется скорость вращения вентилятора, изменяется расход воздуха через аппарат, температура охлаждаемого продукта остается равна заданной.

Преимущества от использования частотно регулируемых приводов в АВО:

- повышение надежности и экономичности систем воздушного охлаждения,
- уменьшение энергозатрат,
- увеличение ресурса вентиляционного оборудования, снижение затрат на обслуживание и ремонт,
- плавный пуск двигателя даже при самопроизвольной раскрутке лопастей вентилятора под воздействием конвекционных потоков.

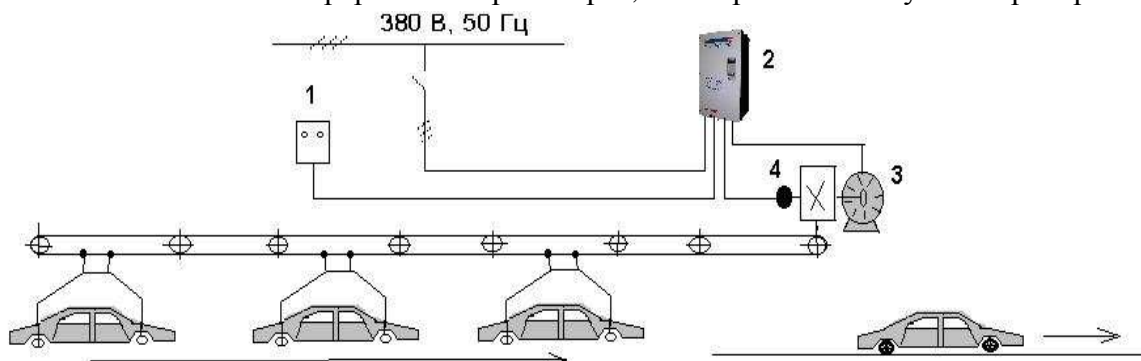


3. Управление скоростью перемещения объектов в системах непрерывного транспорта

К механизмам непрерывного транспорта, в которых используются преобразователи частоты компании, относятся различные конвейеры и транспортеры. Они приводятся в движение асинхронными двигателями с короткозамкнутым ротором и используются во многих отраслях промышленности для транспортировки и перемещения горной породы и угля, сыпучих материалов, деталей машин, обрабатываемых изделий, конечной продукции и т.п.

3.1. Управление скоростью движения автомобильного конвейера

К механизмам непрерывного транспорта, в которых используются преобразователи



частоты компании, относятся различные конвейеры и транспортеры. Они приводятся в движение асинхронными двигателями с короткозамкнутым ротором и используются в машиностроении для транспортировки и перемещения деталей машин, обрабатываемых изделий, конечной продукции и т.п.

Основные элементы системы управления конвейера: пульт управления 1, преобразователь частоты 2, асинхронный двигатель 3, датчик скорости 4.

Главная цель применения преобразователя частоты: поддержание оптимальной скорости движения конвейера, значение которой устанавливается на пульте управления.

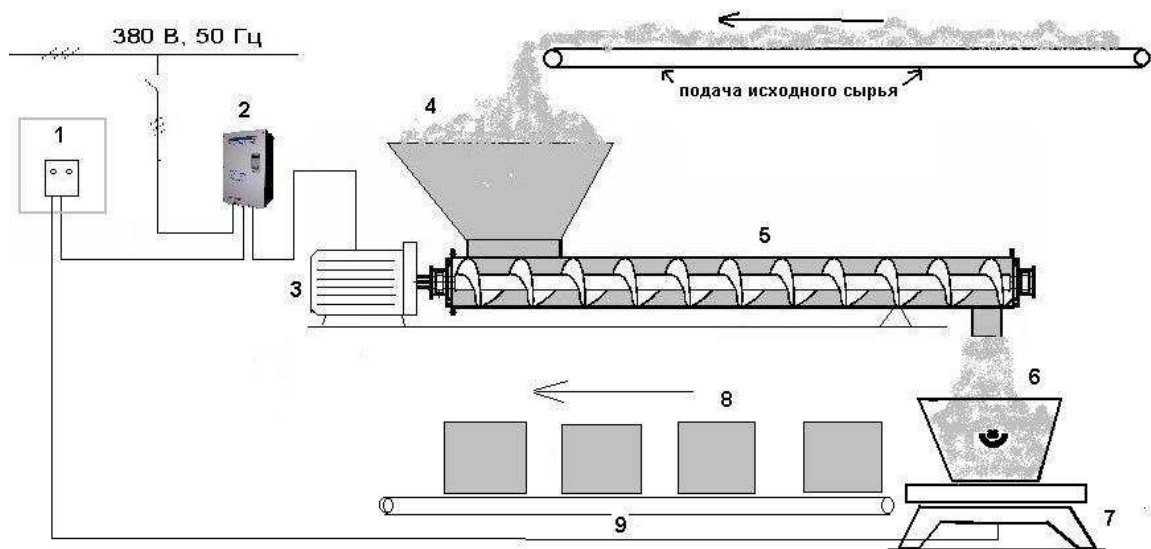
Применение ЧРП кроме того обеспечивает:

- длительный непрерывный режим работы;
- движение транспортной ленты или другого тягового органа без пробуксовки и рывков при пуске конвейера;
- плавный разгон и останов транспортной ленты;

Как следствие, уменьшается время простоя оборудования, повышается производительность конвейеров и технологических линий, снижаются трудозатраты, упрощается эксплуатация.

3.2. Прямое регулирование скорости вращения дозирующего шнекового питателя

Рассмотрим в качестве примера использование ПЧ для регулирования скорости вращения шнекового питателя, работающего в системе точного дозирования продукта с весами непрерывного действия (взвешивания). А вообще шнековые питатели с ПЧ используются для загрузки различных печей, для подачи исходных компонентов в мельницы, дробилки, смесители и т.д.



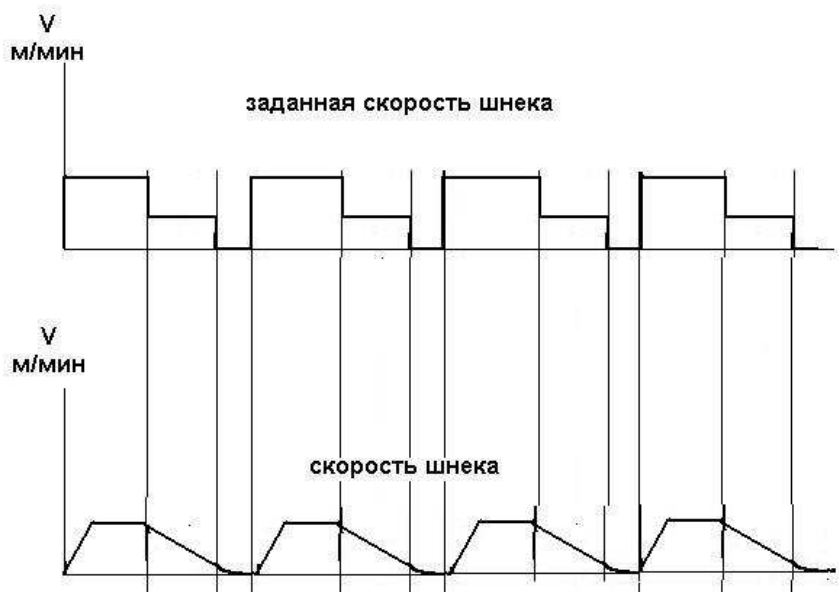
Система точного дозирования включает: весы непрерывного взвешивания 7, шнековый питатель 5, транспортер подачи исходного взвешиваемого продукта, транспортер для перемещения фасованного продукта 9. Шнек питателя приводится в движение от электродвигателя 3. Скорость вращения электродвигателя регулируется ПЧ 2. Заданная скорость шнека устанавливается с компьютера 1 (на рисунке просто пультик, но в кино надо изобразить именно компьютер). Причем величина заданной скорости меняется компьютером по мере наполнения чаши весов 6. Наполнение начинается на большой скорости, затем при первой пороговой величине веса скорость несколько снижается, при достижении второй пороговой величины скорость становится небольшой – тем самым достигается высокая точность взвешивания. При заполнении чаши до требуемого веса компьютер выдает сигнал на останов привода. Чаша весов опрокидывается, и ее содержимое насыпается в мешок 8. Мешки по транспортеру подаются на склад или на погрузку в транспорт.

Решаемая задача: регулирование скорости вращения шнека питателя для обеспечения точного взвешивания исходного продукта.

Параметры: скорость вращения шнека об/мин, заданная скорость вращения шнека об/мин.

Применение ПЧ для регулирования скорости шнека питателя обеспечивает:

- высокую точность взвешивания продукта
- повышение производительности технологической линии
- упрощение технической эксплуатации и снижение трудозатрат



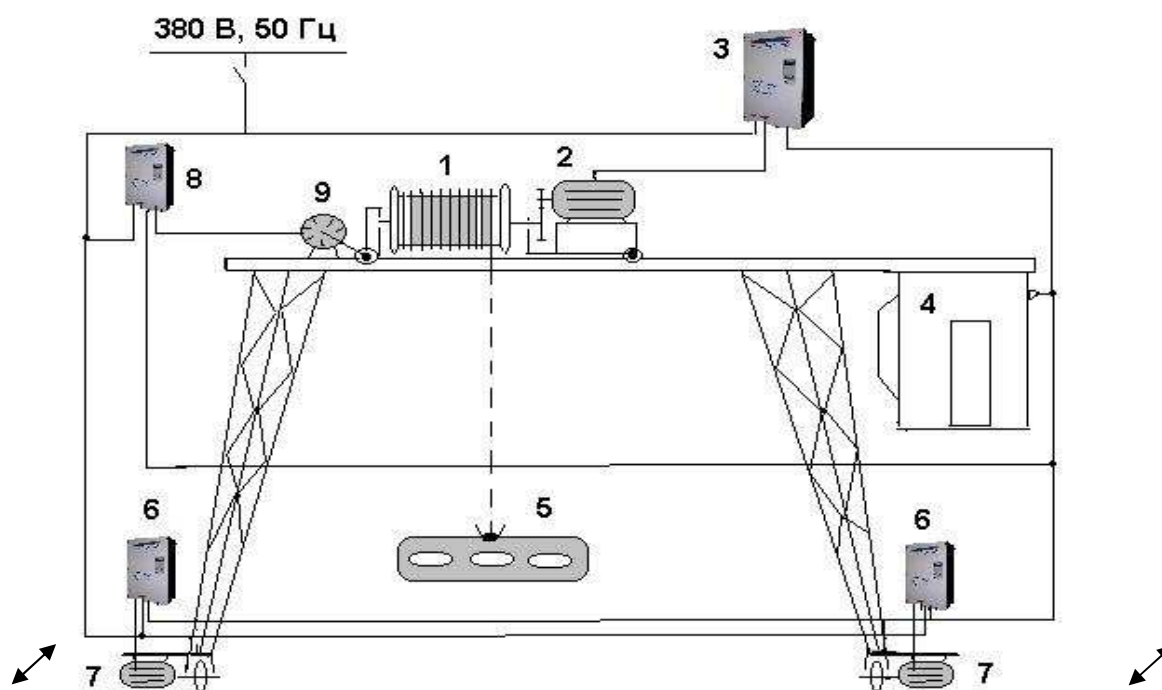
4. Управление механизмами подъемных кранов и подъемных механизмов

4.1. Регулирование скоростей движения механизмов мостового крана

Электрические краны различных конструкций используются почти во всех отраслях промышленности. Наибольшее распространение в машиностроение получили мостовые краны. Для управления электроприводами механизмов крана мы предлагаем систему на основе преобразователей частоты.

Система управления включает в свой состав:

- ЧРП механизма главного подъема – преобразователь частоты 3, электродвигатель 2,
- ЧРП механизма передвижения крана – преобразователи частоты 6, электродвигатели 7,
- ЧРП механизма передвижения грузовой тележки – преобразователь частоты 8, электродвигатель 9.



Все электроприводы выполнены по схожим схемам: преобразователь частоты, электродвигатель, исполнительный орган. Управление электроприводами подъема и передвижения осуществляется из кабины оператора 4.

Работа: Двигатели 7 перемещают весь кран по направлению двойных стрелок. Двигатель 9 перемещает грузовую тележку влево вправо. Двигатель 2 вращает барабан 1 и поднимает груз 5 вверх вниз.

Главная цель применения преобразователя частоты: ограничение моментов и ускорений при пусках и торможениях электропривода, безударный плавный подъем и опускание груза.

Применение ЧРП кроме того обеспечивает:

- работу крана в широком диапазоне изменения скоростей подъема и опускания грузов различной массы с использованием обратной связи по скорости,

- исключение перекосов и раскачивания груза при движении крана,
- точную установку груза при его спуске.

Система управления крановыми электроприводами на основе преобразователей частоты в целом позволяет увеличить производительность крана, повысить безопасность работы, увеличить срок службы оборудования и межремонтные сроки, облегчить работу оператора.

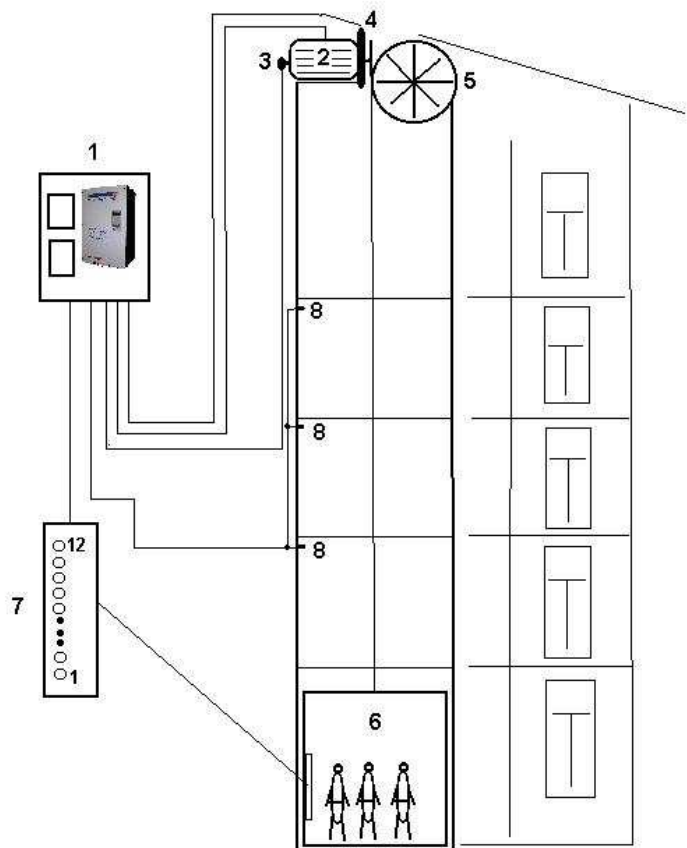
4.2. Управление движением пассажирского лифта

Следует лишь отметить, что в традиционном электроприводе лифта (без ПЧ) используются в основном двухскоростные электродвигатели. Они имеют «быструю» и «медленную» скорость. На «медленной» скорости лифт трогается, разгоняется, затормаживает, останавливается. На «быстрой» скорости лифт перемещается на основном участке пути между этажами. Но даже на «медленной» скорости невозможно обеспечить плавное трогание и плавный останов кабины.

Основным преимуществом регулируемого электропривода лифта с ПЧ является возможность формирования любых требуемых пуско-тормозных режимов и возможность их настройки (корректировки) под любые индивидуальные свойства лифта, а также точное поддержание заданной скорости движения

Схема системы управления лифтом с ПЧ включает:

- лифтовую станцию 1, в которой размещены преобразователь частоты, устройства коммутации и защиты, система автоматики
- электродвигатель 2, с датчиком скорости 3 и электромеханическим тормозом 4
- лебедку 5
- концевые выключатели на каждом этаже 8 (минимум два выключателя на этаж, один срабатывает при подходе лифта к этажу, другой – при точном расположении кабины на этаже)
- пульт управления (выбора этажа) 7 в кабине лифта 6



Система управления работает по схеме с обратной связью по скорости. Причем заданных скоростей движения кабины несколько: при перемещении между соседними этажами лифт движется с малой скоростью, при перемещении более двух этажей лифт движется с большой, так называемой, крейсерской скоростью. Анализ ситуации выполняет электронная система (в лифтовой станции управления), которая выдает команды на преобразователь частоты.

При подходе лифта к требуемому этажу срабатывает концевой выключатель 8, и скорость кабины снижается, при точном расположении кабины на этаже срабатывает

второй концевой выключатель – кабина останавливается и подается питание на электромеханический тормоз.

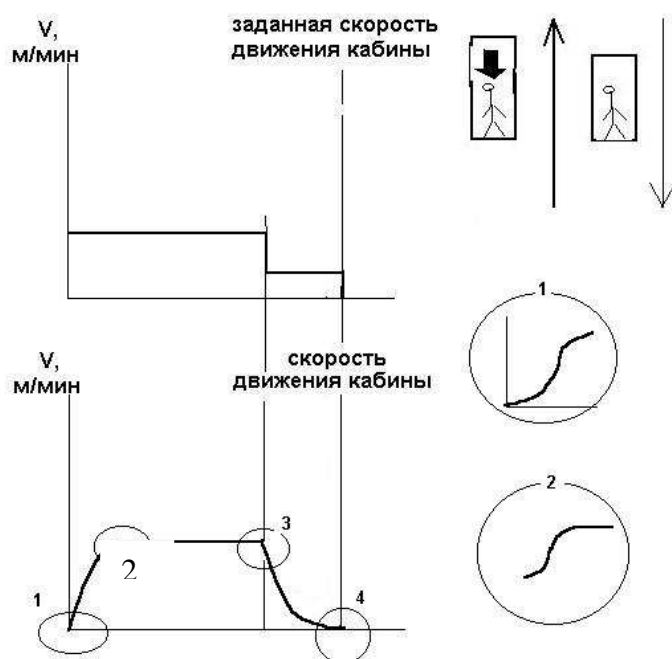
Решаемая задача: плавное трогание и останов кабины лифта, поддержание заданной скорости движения кабины в процессе движения.

Параметры: скорость движения кабины м/мин, заданная скорость движения м/мин.

При трогании лифта с ускорением на людей, находящихся в лифте действуют «сжимающие или растягивающие силы». При применении ПЧ параметры ускорения настраиваются таким образом, что человек не чувствует перегрузок. Скорость изменяется по закону «S – кривой» преобразователя частоты.

Применение ПЧ для управления движением лифта обеспечивает:

- комфортность для пассажиров за счет плавности хода от момента трогания до полного останова кабины
- продление ресурса оборудования за счет исключения резких динамических нагрузок
- повышенную точность останова кабины
- повышение надежности и снижение вероятности возникновения аварийных ситуаций

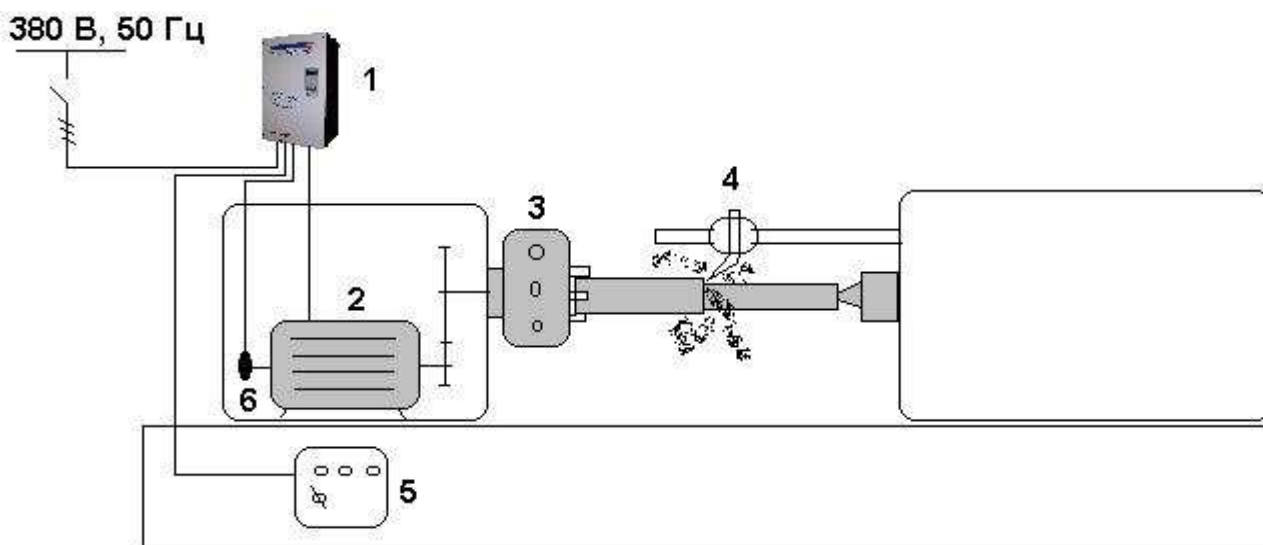


5. Управление приводом обрабатывающих станков

5.1. Управление скоростью шпинделя токарного станка

Преобразователи частоты компании управляют электроприводом в сотнях обрабатывающих станков различных типов. Основные технологические процессы, в которых используются эти станки:

- металлообработка;
- обработка природных и искусственных камней;
- деревообработка;
- обработка стекла и полимеров;
- и т.п.



Работа: Преобразователь частоты 1 регулирует скорость вращения асинхронного двигателя 2 главного привода шпинделя 3. Система работает по замкнутой схеме с обратной связью по скорости вращения. Скорость вращения измеряется импульсным датчиком 6. Режим работы ЧРП задается с пульта управления 5. Резец 4 плавно перемещается справа налево вдоль вращающейся детали.

До внедрения ЧРП скорость вращения двигателя была неизменной, а скорость шпинделя можно было изменять только дискретно с помощью коробки передач.

Оснащение обрабатывающих станков частотно регулируемым электроприводом позволяет удовлетворить самые жесткие и противоречивые требования, предъявляемые технологией обработки разных материалов. Использование ЧРП позволяет облегчить управление станком за счёт возможности плавного изменения числа оборотов шпинделя без его останова, расширить диапазон числа оборотов. Использование коробки передач и ЧРП позволяет оптимально устанавливать число оборотов шпинделя и получить максимальный крутящий момент при малых оборотах.

Главная цель применения преобразователя частоты: увеличение диапазона регулирования скорости вращения шпинделя до значений 1:100 и более и расширение за счет этого возможностей станка по обработке деталей из различных материалов.

Применение ЧРП, кроме того обеспечивает:

- повышение качества обработки деталей и снижение количества поломок режущего инструмента за счет точного поддержания скорости вращения шпинделя,
- уменьшение количества поломок оборудования за счет снижения ударных нагрузок на электропривод и механическую передачу при пуске и останове.

5.2. Регулирование скорости вращения фрезы деревообрабатывающего станка

Решаемая задача: прямое регулирование скорости вращения фрезы для обеспечения высокого качества обработки изделия.

Параметры: скорость вращения фрезы об/мин, несоответствие скорости вращения фрезы приводит к нарушению качества фрезерования. Нарушается гладкость поверхности, «рвется» древесина.

Регулирование скорости вращения фрезы с помощью преобразователя частоты позволяет:

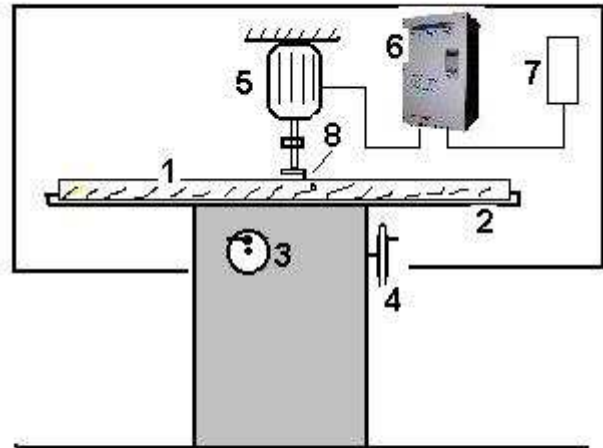
- расширить возможности станка по использованию фрез с различным числом режущих кромок (При работе фрезами с одной режущей кромкой возможна низкая скорость вращения. Как правило, они используются для черновых работ, так как результатом более низкой скорости фрезерования является менее гладкая поверхность. Фрезы с двумя режущими кромками, применяемые при большинстве работ по деревообработке, имеют удвоенную скорость фрезерования).
- расширить возможности станка по обработке различных пород древесины
- подобрать оптимальную скорость вращения фрезы для повышения качества обработки поверхности древесины

Схема станка и его работа очень проста.

Обрабатываемая деталь 1 закрепляется горизонтально на рабочем столе 2. Рабочий стол перемещается относительно вращающейся фрезы с помощью ручек 3 и 4. Фреза 8 вращается высокоскоростным

электродвигателем 5 с требуемой для данной породы древесины скоростью.

Регулирование скорости вращения достигается использованием преобразователя частоты 6. Заданная требуемая скорость устанавливается с пульта управления 7.



5.3. Регулирование скорости вращения шлифовального круга

Решаемая задача: прямое регулирование скорости вращения шлифовального круга для обеспечения требуемого качества шлифования различных материалов.

Параметры: скорость вращения круга об/мин., несоответствие скорости вращения круга приводит к нарушению качества шлифования. Например, шлифование мягких материалов на большой скорости приводит к «подгоранию» поверхности, а пластик плавится.

Регулирование скорости вращения круга с помощью преобразователя частоты позволяет:

- расширить возможности станка по обработке различных исходных материалов
- подобрать оптимальную скорость вращения круга для повышения качества обработки каждого материала

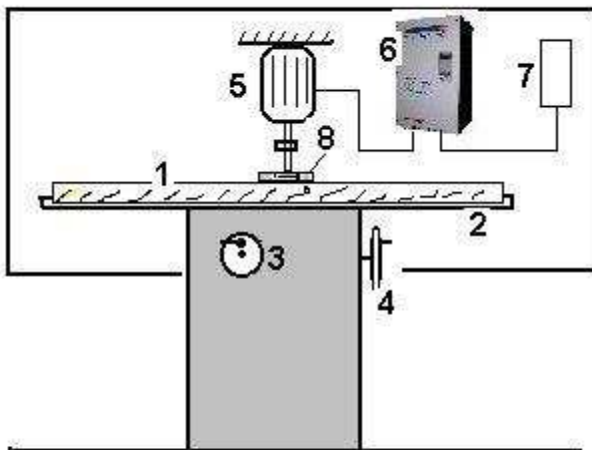


Схема станка полностью аналогична фрезерному станку.

Обрабатываемая деталь 1 закрепляется горизонтально на рабочем столе 2. Рабочий стол перемещается относительно вращающегося круга с помощью ручек 3 и 4. Шлифовальный круг 8 вращается высокоскоростным электродвигателем 5 с требуемой для данного материала скоростью.

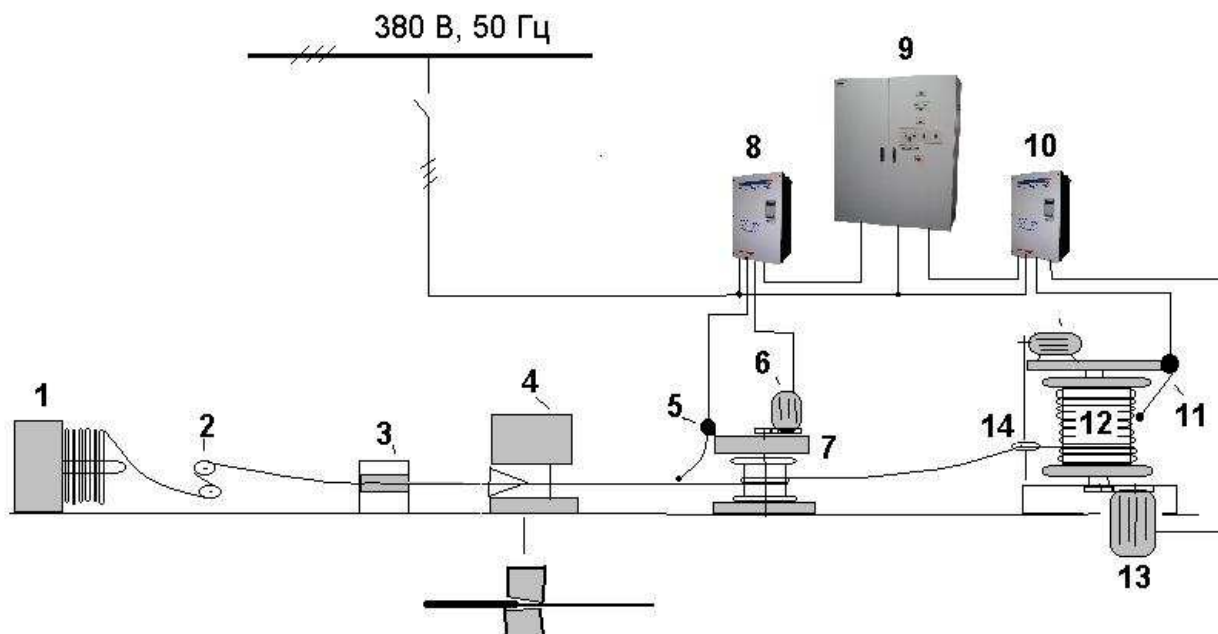
Регулирование скорости вращения достигается использованием преобразователя частоты 6. Заданная требуемая скорость устанавливается с пульта управления 7.



6. Управление тяговыми органами и механизмами волочильных и наматывающих машин

6.1. Линия волочения

Для производства пруткового металла, проволоки, труб и других металлоизделий постоянного сечения широкое применение получило волочение. Это непрерывный процесс деформирования металла протягиванием заготовок через одно или несколько калиброванных отверстий (волоков) на волочильных станах.



Работа: Исходный моток проволоки располагается на разматывающем устройстве 1. Через вращающиеся ролики 2, называемые окалиноломатель, проволока подается в установку для нанесения смазки 3. Далее проволока протягивается через волок 4 сужающегося сечения (показано ниже по стрелке). На приводном барабане волочильной машины 7 укладывается три-четыре витка проволоки. Привод барабана осуществляется от асинхронного двигателя 6, которым управляет преобразователь частоты 8. Сила натяжения проволоки (момент на валу барабана) измеряется датчиком натяжения 5. Сигнал обратной связи с датчика натяжения подается на вход преобразователя частоты. Таким образом, строится замкнутая схема регулирования момента на валу тянущего барабана. Заданный момент на валу устанавливается на передней панели шкафа управления 9. В этом случае на установившемся режиме работы волочильного стана линейная скорость проволоки на выходе из волока поддерживается постоянной. С выхода волочильной машины через укладчик 14 проволока подается на приемную катушку 12 наматывающей машины. Укладчик совершает возвратно-поступательные движения, и обеспечивает равномерную укладку проволоки. Скорость вращения приводного двигателя 13 наматывающей катушки регулируется преобразователем частоты 10, таким образом, что с увеличением диаметра намотки скорость снижается. Диаметр намотки определяется датчиком обратной связи 11. Датчик обратной связи представляет собой переменный резистор, сопротивление которого изменяется пропорционально углу поворота прижимного ролика.

Главная цель применения преобразователя частоты: расширение возможностей волочильного стана по переработке металла различной прочности (твердого и малопластичного, трудно деформируемого, малопрочного) и большого диапазона сечений. Это достигается за счет плавного регулирования скорости волочения в диапазоне 1:1000 и более.

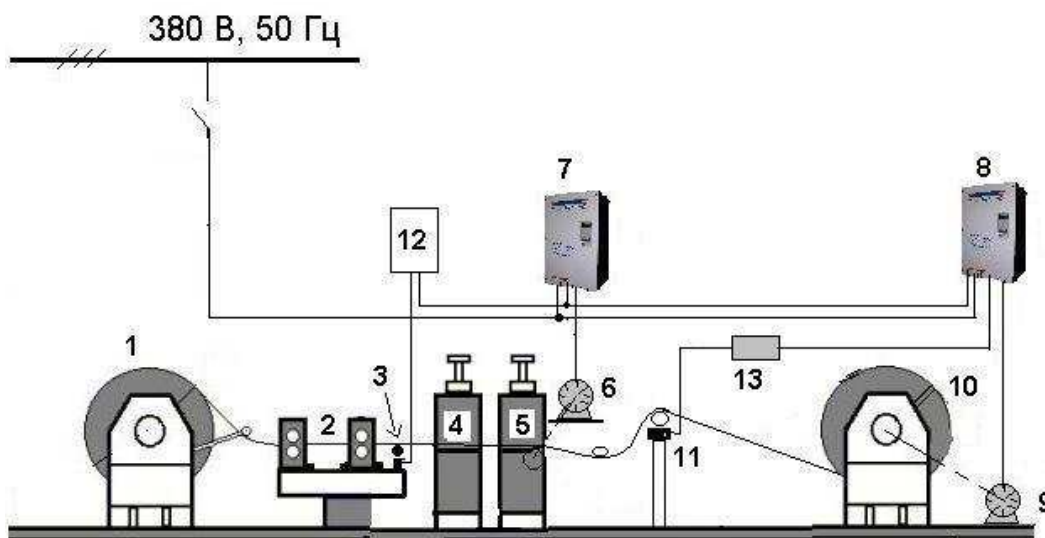
Применение ЧРП, кроме того обеспечивает:

- автоматизацию работы волочильного стана при переменной нагрузке за счет согласованного регулирования приводных электродвигателей,
- исключение порывов проволоки за счет плавного пуска и торможения барабана волочильной машины,
- повышение качества готовой продукции за счет точного поддержания скорости волочения

6.2. Пакетоделательная машина (линия по изготовлению полиэтиленовых пакетов)

Машина предназначена для производства фасовочных пакетов в рулоне, разделенных перфорацией. Состав машины:

- разматывающее устройство 1, на котором расположен свободно вращающийся рулон полиэтиленового рукава,
- направляющие ролики 2,
- фотосенсорный датчик наличия пленки 3,
- устройство для нанесения рисунка 4 – вращающийся барабан с цветным клише,
- устройство для высечки перфорации 5,
- электродвигатель подачи 6 с преобразователем частоты 7,
- контроллер 12, координирующий работу машины,
- датчик натяжения пленки 11 – в опорах подшипников вмонтированы тензометрические датчики, преобразующие силу давления на опоры в электрический сигнал,
- преобразователь сигнала 13,
- наматывающее устройство 10 с приводом от электродвигателя 9 и преобразователем частоты 8.



Работа машины подобна линии резки металла или волочильной машине (подчеркиваю подобна).

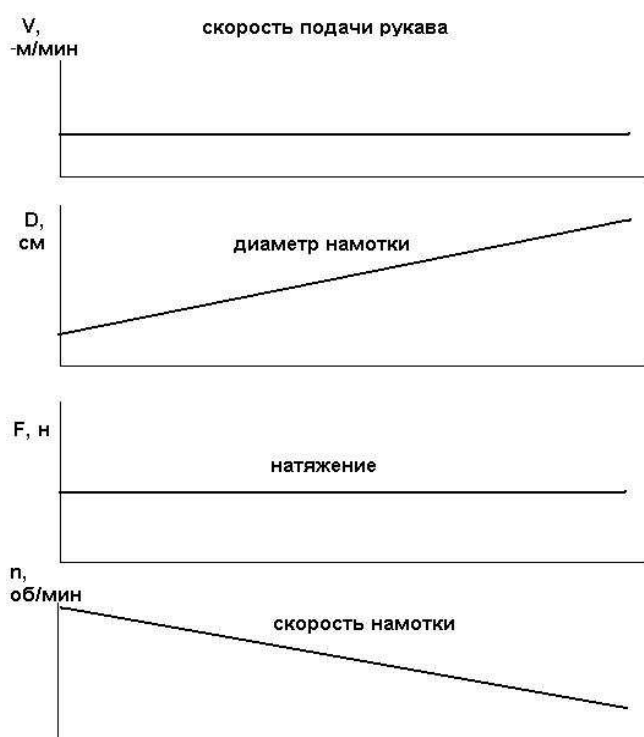
Рулон разматывается, наносится рисунок, делается просечка (перфорация) и с заданным натяжением пакеты наматываются в рулон.

Решаемая задача: прямое управление скоростью подачи рукава (двигатель 6, ПЧ 7), управление скоростью наматывающего устройства (двигатель 9, ПЧ 10).

Параметры: скорость подачи [м/мин], натяжение рукава [Н], скорость намотки [м/мин]. При отклонении скорости намотки от заданной может произойти разрыв рукава.

Использование преобразователей частоты обеспечивает:

- расширение возможностей машины по переработке пленок различной толщины
- высокую производительность работы машины и снижение себестоимости продукции
- простоту управления и обслуживания машины

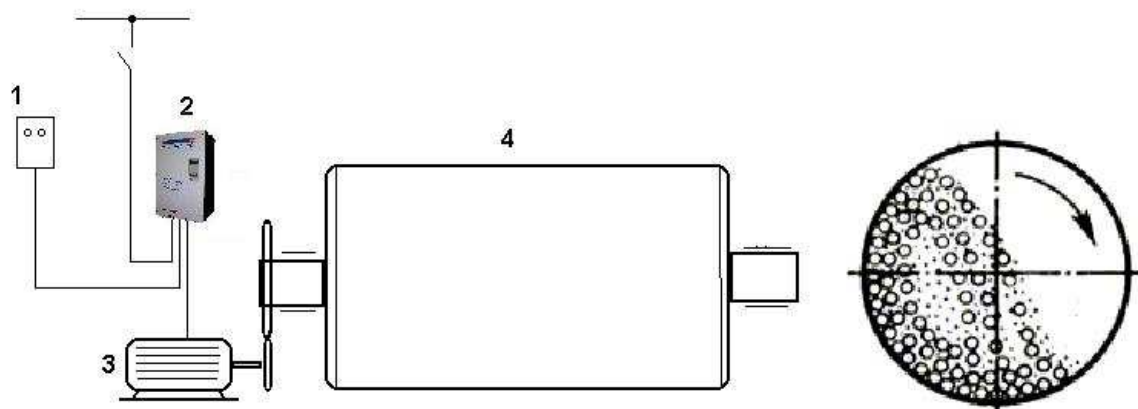


7. Управление скоростью рабочих механизмов мельничных, дробильных и экструзионных машин

7.1. Регулирование скорости вращения барабана мельницы

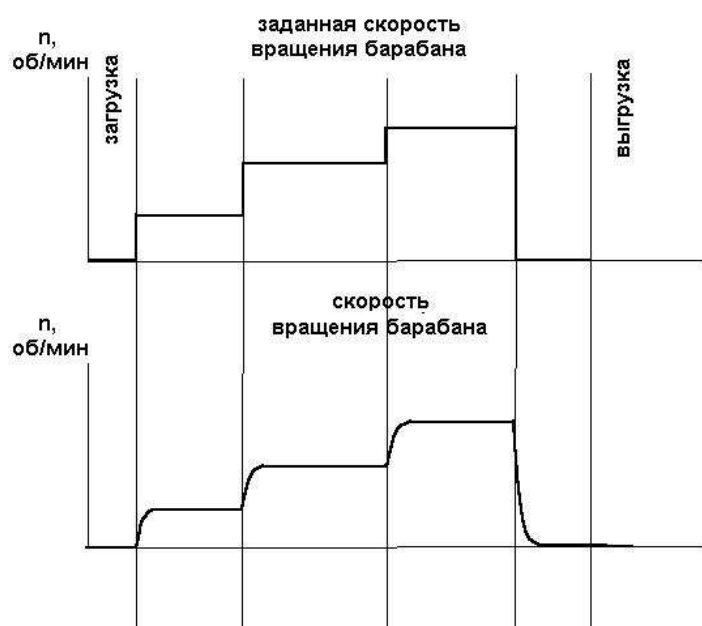
Барабанные мельницы широко применяются при обогащении полезных ископаемых, в производстве цемента, для приготовления каменноугольного пылевидного топлива, для приготовления исходных компонентов красок и в т.п. процессах.

Основу мельницы составляет цилиндрический или цилиндроконический барабан 4, заполненный наполовину объема мелющими телами. Исходный материал загружается в одном конце барабана, а продукт измельчения разгружается в другом обычно через полые цапфы в торцевых крышках барабана. Барабан вращается вокруг своей горизонтальной оси с помощью электродвигателя 3.



Скорость вращения электродвигателя непосредственно регулируется преобразователем частоты 2. Система работает по разомкнутой схеме без обратной связи по скорости. Требуемое значение скорости вращения двигателя и барабана задается с пульта дистанционного управления 1.

При вращении барабана свободно движущиеся мелющие тела измельчают материал ударом, истиранием и раздавливанием. Мелющие тела — чугунные и стальные шары диаметром 150—30 мм.



Барабан мельницы вращается со скоростью 60—95% от так называемой «критической скорости вращения». При значительном превышении скорости вращения, мелющие тела центробежной силой прижимаются к барабану, и измельчение прекращается (критическая скорость). После загрузки барабана вращение начинается с малой скорости, а затем по мере измельчения продукта скорость увеличивают.

Кроме того, заданная скорость вращения барабана зависит от необходимого размера частиц измельченного продукта.

Решаемая задача: прямое регулирование скорости вращения барабана мельницы для поддержания заданных параметров процесса помола в соответствии с технологической картой.

Параметры: скорость вращения барабана об/мин, заданная скорость вращения барабана об/мин, барабан в разрезе (для яркости и наглядности).

Регулирование скорости вращения барабана с помощью преобразователя частоты позволяет:

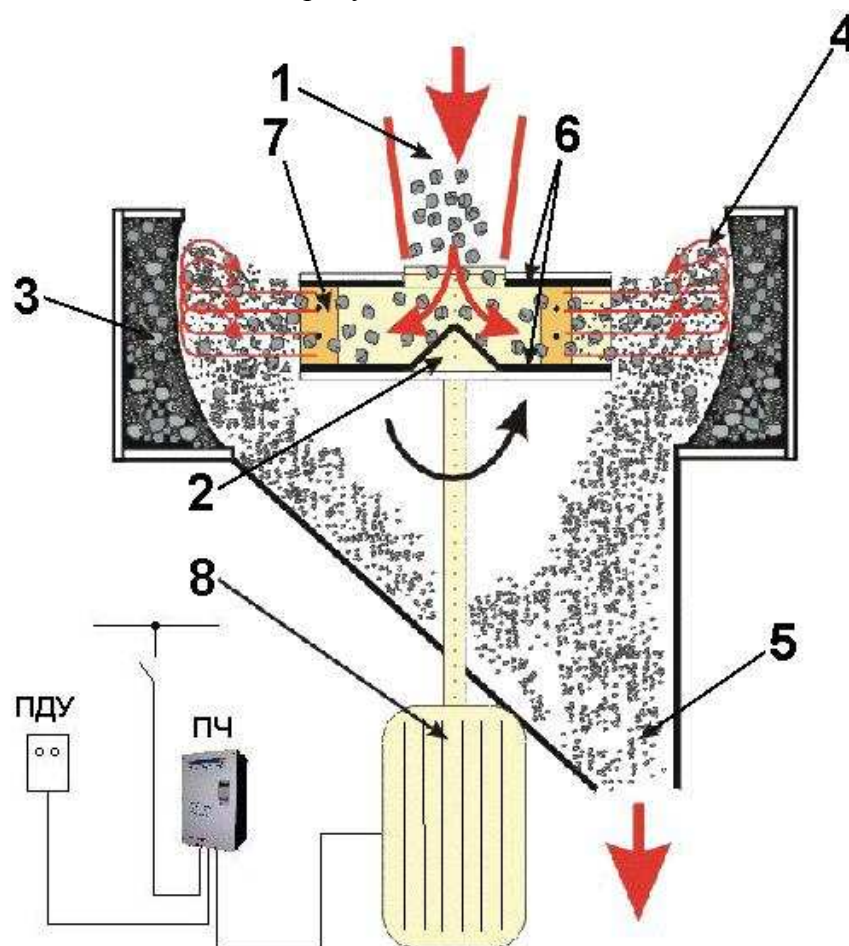
- подобрать оптимальные параметры работы мельницы для измельчения любых материалов и достижения требуемых размеров частиц;
- упростить технологическую схему;
- снизить расход энергии;

7.2. Регулирование скорости вращения ускорителя дробилки

Дробилки используются как для дробления различных «естественных» исходных материалов: камня, горной породы, угля, так и для переработки вторсырья: асфальта, бетона, пластмассы и т.д.

Существуют несколько типов дробилок: щёковые, роторные, ударные, молотковые, центробежные, конусные. В названии фигурирует принцип дробления или рабочий орган дробилки.

Одна из возможных схем на рисунке.



По принципу действия это конусная центробежная дробилка.

Исходный материал (1) подается питателем из загрузочного бункера в загрузочную воронку. При попадании из загрузочной воронки в ускоритель (2) материал меняет направление с вертикального на горизонтальное, и начинается процесс движения материала по направляющей ускорителя. Этот процесс занимает доли секунды (0,01), но нагрузки на кусок значительны в связи с большим ускорением разгона, и кусок начинает истираться и раскалываться на соизмеримые составляющие.

После вылета из ускорителя кусок попадает в камеру дробления (4), где сталкивается с материалом (3), лежащим в карманах камеры, а также с кусками, которые вылетели из ускорителя ранее и находятся в камере в процессе вращательного движения в карманах, а также хаотичного столкновения друг с другом. Происходит несколько десятков столкновений (при мелкой фракции в питании и глубоком кармане - до сотни), прежде чем кусок покинет камеру дробления. При этом энергия столкновений расходуется на дополнительное разрушение кусков.

После потери скорости в результате неупругих столкновений друг с другом, а также под воздействием силы тяжести дроблёные куски падают вниз и попадают в "разгрузочные штаны" (5) дробилки, по которым стекают в бункер готового продукта или на отводящий конвейер, который направляет их на классификацию для выделения недодробленных кусков и возврата их обратно в дробилку.

ПЧ, как и во всех примерах, регулирует скорость вращения электродвигателя 8. Заданное значение этой скорости устанавливается с пульта дистанционного управления ПДУ. Величина заданной скорости зависит от исходного материала и от требуемого размера «камней» на выходе дробилки.

Решаемая задача: прямое регулирование скорости вращения ускорителя дробилки для поддержания заданных параметров процесса дробления в соответствии с технологической картой.

Параметры: скорость вращения ускорителя об/мин, заданная скорость вращения ускорителя об/мин.

Регулирование скорости вращения ускорителя с помощью преобразователя частоты позволяет:

- подобрать оптимальные параметры дробления и измельчения любых материалов
- снизить энергозатраты на дробление продукции
- продлить ресурс оборудования



7.3. Регулирование скорости вращения шнека экструдера

Экструдеры предназначены для переработки гранул, дробленки, агломерата термопластичных материалов в однородный расплав и выдавливания (экструзии) его через формующий инструмент.

Экструдеры имеют оптимальную компоновку: на единой раме смонтированы специальный вертикальный редуктор со встроенным упорным подшипником и асинхронный электродвигатель, расположенный под цилиндром и соединенный с редуктором упругой муфтой. Шнек вставляется непосредственно в выходной вал редуктора.

Электрошкаф с системой тепловой автоматики, приборами управления всей линией и пультом оператора на выносной поворотной стойке прикреплен также к единой раме.

Экструдеры могут комплектоваться шнеками различной конфигурации в зависимости от перерабатываемого материала.

Экструдеры комплектуются частотными преобразователями, позволяющими бесступенчато регулировать частоту вращения шнека и, соответственно, производительность по расплаву.

На схеме изображен экструдер для производства комбикормов.

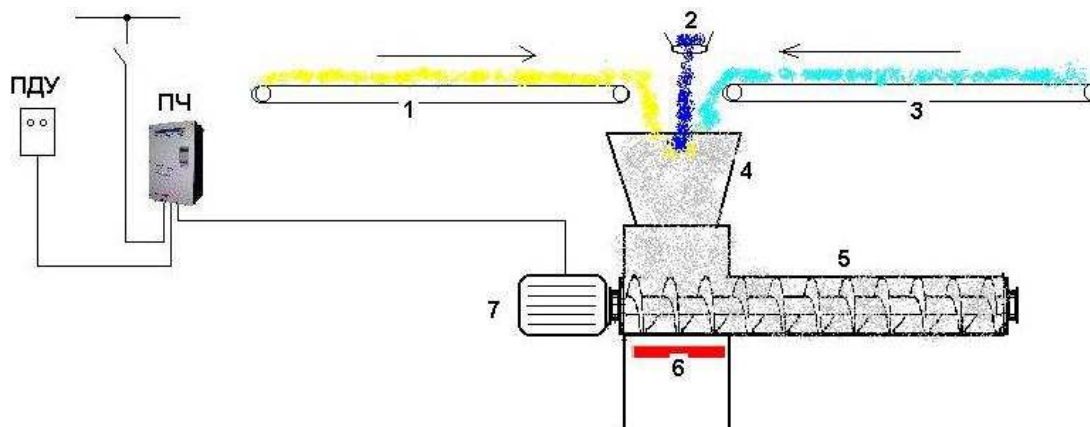
Экструдированные корма обладают рядом преимуществ, которые необходимы для ведения современного животноводства.

В основе экструдирования лежат три процесса: температурная обработка кормового средства под давлением; механохимическое деформирование продукта: «взрыв» продукта во фронте ударного разряжения.

После тепловой обработки улучшаются вкусовые качества кормовых средств, так как образуются различные ароматические вещества и т.д., значительно возрастает активность ферментов в перевариваемости кормов, а также нейтрализация некоторых токсинов и гибель их продуцентов.

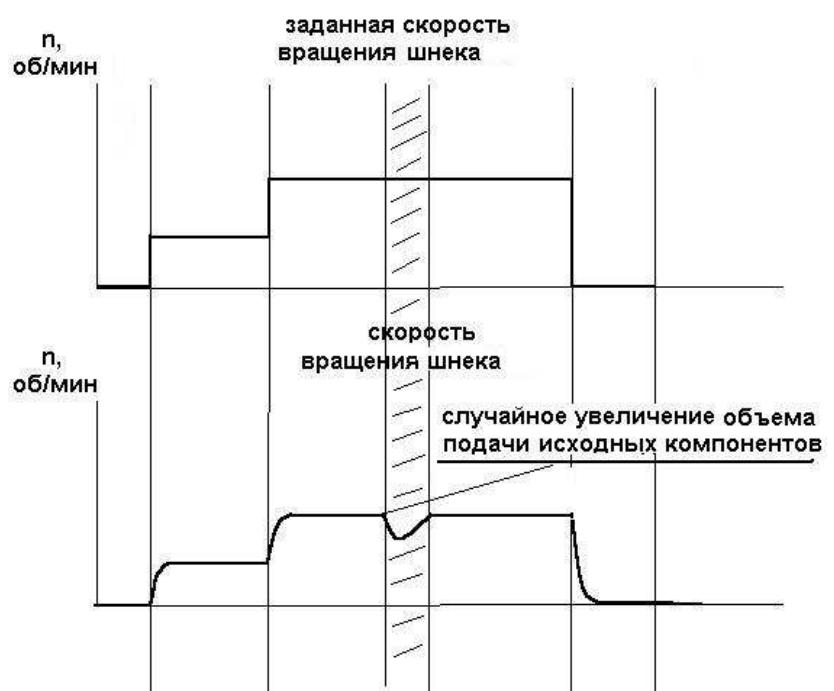
Зерно обрабатывают в пресс – экструдере при давлении до 40 атмосфер и температуре до 200 градусов С. После этого из экструдера выходит вспученный, пористый продукт в виде жгута (стренг) диаметром 20-30 мм, с объемной массой 100-120 г/см³ и влажностью около 7-9 %.

Наряду с термической обработкой происходят глубокие деструктивные изменения в питательных веществах. Так крахмал расщепляется до декстринов и сахаров, протеины подвергаются денатурации.



На схеме: 1, 2, 3 – подающие транспортеры с исходными компонентами. 4 – приемный бункер, 5 – шнек, 6 – нагревательный элемент, 7 – электродвигатель.

Решаемая задача: прямое регулирование скорости вращения шнека экструдера для получения комбикормов с заданными питательными свойствами. (При точном поддержании заданной технологии вдвое увеличивается питательная



ценность исходного зерна – экспериментально доказано).

Параметры: скорость вращения шнека об/мин, заданная скорость вращения шнека об/мин.

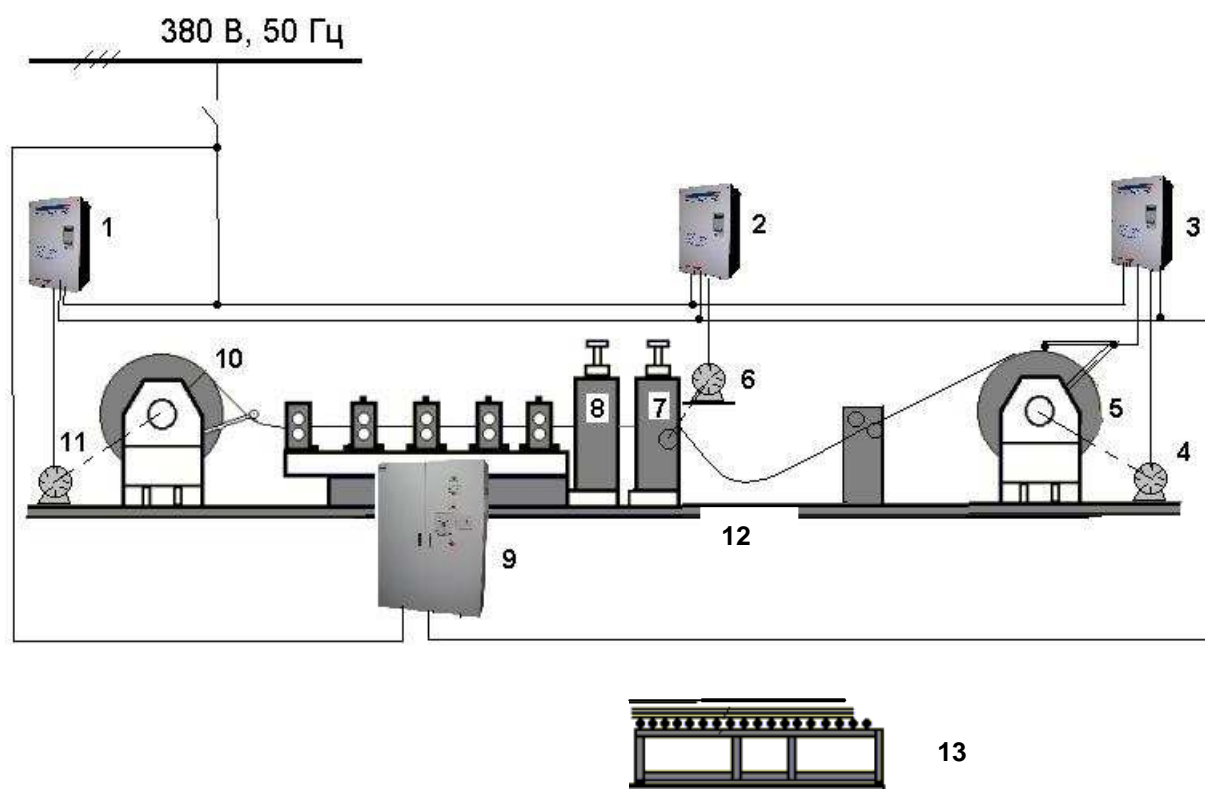
Регулирование скорости вращения шнека с помощью преобразователя частоты позволяет:

- расширить ассортимент перерабатываемых исходных компонентов
- обеспечить требуемый размер и плотность гранул комбикорма
- снизить энергопотребление и продлить ресурс оборудования

8. Управление технологическими линиями

8.1. Линия продольной и поперечной резки листового металла

Применение автоматизированных линий резки становится необходимым практически всегда, когда ведется работа с листовым металлом: изготовление металлоконструкций, металлического профиля, кузовных деталей и т. п. Частотные преобразователи входят в состав систем управления таких линий.



В типовой линии резки может быть установлено несколько преобразователей: один из них 1 управляет электроприводом 11 разматывающего устройства 10, другой 2 – электроприводом 6 протяжки листа, третий 3 – электроприводом 4 наматывающего устройства 5. Общее управление осуществляется с панели шкафа управления 9. Для резки металла используются дисковые ножницы 8 и ножницы поперечного реза 7.

В линиях продольной резки электропривод с преобразователем частоты обеспечивает протяжку полосы, плавный пуск/торможение. Скорость движения полосы поддерживается автоматически за счет изменения петли в петлевой яме 12 с помощью датчиков скорости.

В линиях поперечной резки (отсутствует наматывающее устройство и преобразователь 3, на месте петлевой ямы установлен приемный стол 13) электропривод с

преобразователем частоты и импульсным датчиком обеспечивает протяжку полосы, плавный пуск/торможение и точный останов полосы в момент резки.

Главная цель применения преобразователя частоты: точный останов полосы в момент реза в линиях поперечной резки и поддержание заданной скорости полосы в линиях продольной резки.

Применение ЧРП кроме того обеспечивает:

- обеспечивает высокую производительность линий резки металла,
- снижение трудозатрат и уменьшение отходов металла.

Управление процессом резки осуществляется централизованно со шкафа управления. Оператор на панели управления устанавливает количество и длину изготавливаемых полос и листов.

Для примера: Базовая комплектация

1. Разматыватель
2. Ножницы дисковые
3. Ножницы поперечного реза
4. Стол приемный
5. Натяжное устройство
6. Наматыватель
7. Система управления

Дополнительные опции

- 8. Тележка загрузочная
- 9. Правильная машина
- 10. Наматыватель кромки



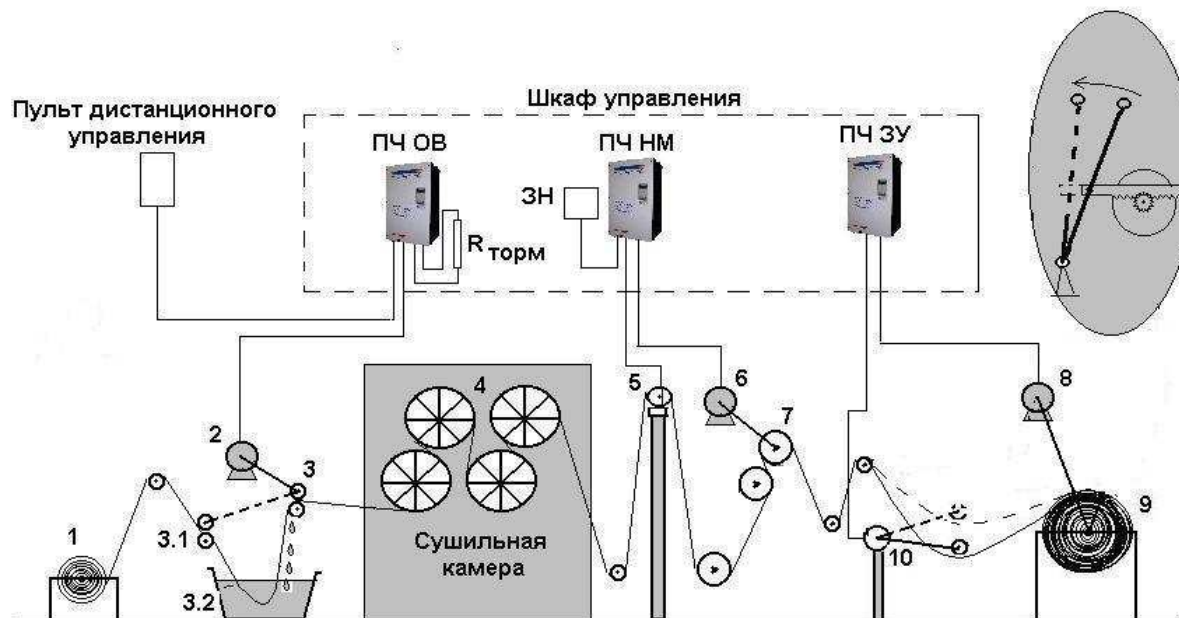
8.2. Линия пропитки тканей

Линия предназначена для пропитки технических тканей специальными химическими составами. Пропитанные ткани в дальнейшем используются как основа для изготовления металлокордного полотна, обрезиненных лент и листов и других подобных резинотехнических изделий.

Решаемая задача: автоматическое поддержание линейной скорости движения пропитываемой ткани в требуемом диапазоне, обеспечение постоянства натяжения ткани любого типа.

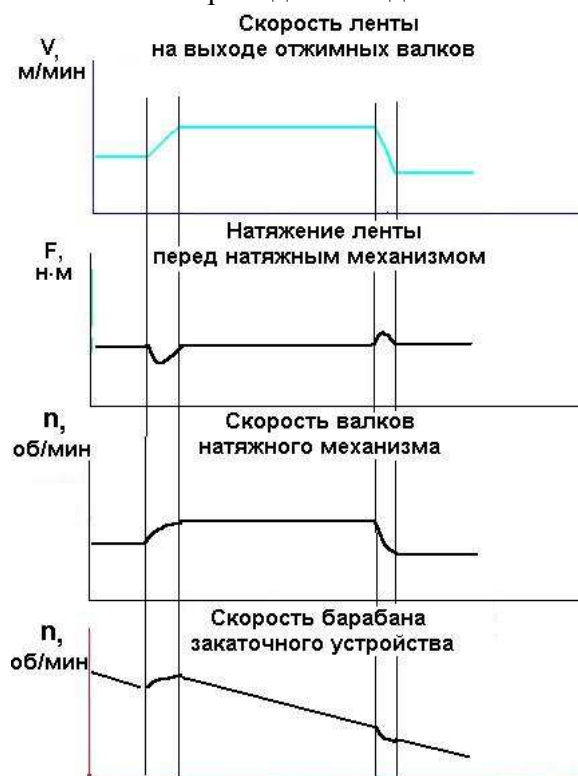
Параметры: линейная скорость ткани, натяжение ткани, скорость вращения валков натяжного механизма, скорость вращения барабана закаточного устройства.

Упрощенная схема типовой линии пропитки изображена на рисунке.



Исходный рулон ткани располагается на размоточном устройстве 1, свободно вращающемся вокруг оси.

Ткань приводится в движение отжимными валками (ОВ) 3. Отжимные валки 3 механически (пунктирная линия) связаны с валками 3.1. Механическая связь организована так, что при вращении валков ткань имеет постоянное провисание. Провисающая петля ткани находится в ванне 3.2 с пропитывающим составом. Таким образом, при движении с заданной скоростью через ванну ткань пропитывается химическим составом. Излишки пропитки спадают с отжимных валков в ванну. Поддержание заданной скорости движения ткани обеспечивается ПЧ ОВ посредством регулирования скорости вращения приводного электродвигателя 2. Для каждого типа ткани скорость движения известна и она устанавливается оператором на пульте дистанционного управления.



Далее ткань поступает в сушильную камеру, температура в которой поддерживается на уровне 200 градусов. Барабаны сушильной камеры 4 вращаются

свободно под действием движущейся ткани.

Требуемое натяжение ткани на выходе из сушильной камеры поддерживается натяжным механизмом (НМ) 7, который приводится в движение электродвигателем 6. Натяжение ткани измеряется датчиком натяжения 5. Сигнал с датчика 5 подается на ПЧ НМ и сравнивается с заданным значением натяжения, величина которого устанавливается на задатчике натяжения ЗН. Задатчик натяжения расположен на дверце шкафа управления. Если заданное натяжение отличается от измеренного, ПЧ НМ выдает управление на двигатель 5, изменяется скорость вращения двигателя и валков НМ, рассогласование ликвидируется.

Пропитанная сухая ткань наматывается в рулоны закаточным устройством (ЗУ) 9. Барабан ЗУ приводится в движение электродвигателем 8, скорость вращения которого регулируется ПЧ ЗУ. Натяжение ткани между валками НМ и барабаном ЗУ также поддерживается на требуемом уровне. Измерение натяжения осуществляется датчиком натяжения 10 в виде отклоняющегося рычага с роликом. Рычаг через зубчатую рейку вращает ползунок переменного резистора (см. вставку в верхней части рисунка). Заданное натяжение устанавливается на пульте ПЧ ЗУ. Работа системы регулирования натяжения аналогична предыдущей.

Использование преобразователей частоты обеспечивает:

- равномерную качественную пропитку различных типов тканей,
- повышение производительности линии пропитки,
- упрощение технической эксплуатации и снижение энергозатрат.

8.3. Линия изоляции труб

Линия предназначена для предварительной сушки труб, удаления снега, наледи и воды нагревом, очистки круглыми металлическими щетками от грязи, ржавчины и рыхлой окалины с наружных поверхностей стальных труб и нанесения на них защитных покрытий из липких полимерных лент. Основное назначение линии - для обустройства нефтяных и газовых промыслов, а также при прокладке трубопроводов в промышленном и гражданском строительстве.

Для управления сложным технологическим процессом используется группа ПЧ со станцией управления. Комплект станции управления и количество ПЧ могут быть различными. На рисунке изображена схема одной из спроектированных систем. Она включает станцию управления, состоящую из двух шкафов, 7 преобразователей частоты и несколько пультов дистанционного управления.

Решаемая задача: автоматическое согласование поступательной скорости движения трубы со скоростью вращения шпули, наносящей изоляционное покрытие.

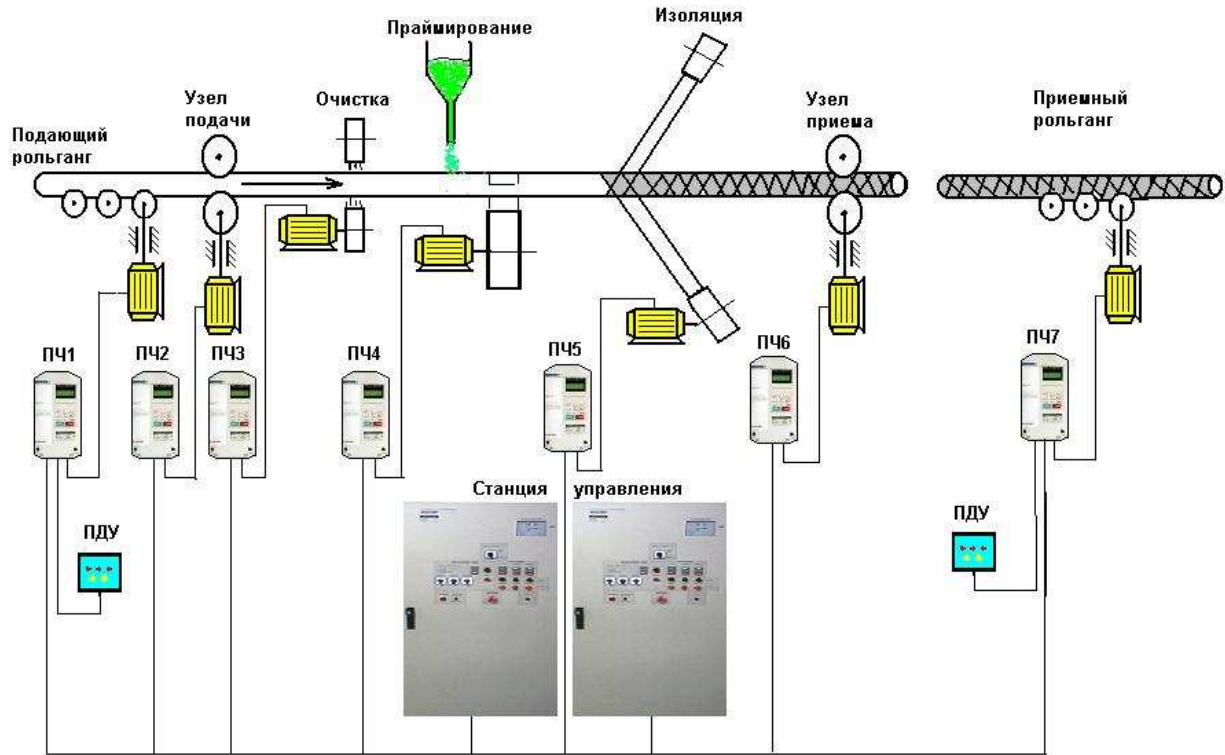
Параметры: поступательная скорость трубы, скорость вращения шпули с изоляционным покрытием.

Грязная и обледенелая труба кладется на подающий рольганг и через определенное время на приемном рольганге оказывается чистая, сухая, покрытая изоляцией та же самая, но красивая, готовая к использованию труба – вот и вся работа.

А между подающим и приемным рольгангом: нагрев трубы газовой горелкой, очистка трубы механическими щетками, праймирование (грунтовка) путем полива трубы раствором и растиранием полотенцами, нанесение изоляции вращающимися вокруг трубы шпулями.

В процессе работы линии используется прямое разомкнутое управление электродвигателями. Всем процессом управляет оператор, визуально контролируя порядок работы.

Преобразователь частоты ПЧ5 привода шпулей выступает в роли ведущего, преобразователи ПЧ2 и ПЧ6 – в роли ведомых. Поэтому всякое изменение скорости шпулей приводит к автоматическому (заранее запрограммированному) изменению скорости вращения рольгангов таким образом, что изоляция равномерно без пропусков и сборок покрывает трубу. Скорость вращения подающего и приемного рольгангов подстраивается под процесс вручную оператором с ПДУ.



Использование частотно-регулируемого привода позволяет:

- увеличить производительность линии,
- повысить качество обработки труб,
- уменьшить энергопотребление и эксплуатационные затраты.

8.4. Линия фасовки и укупорки

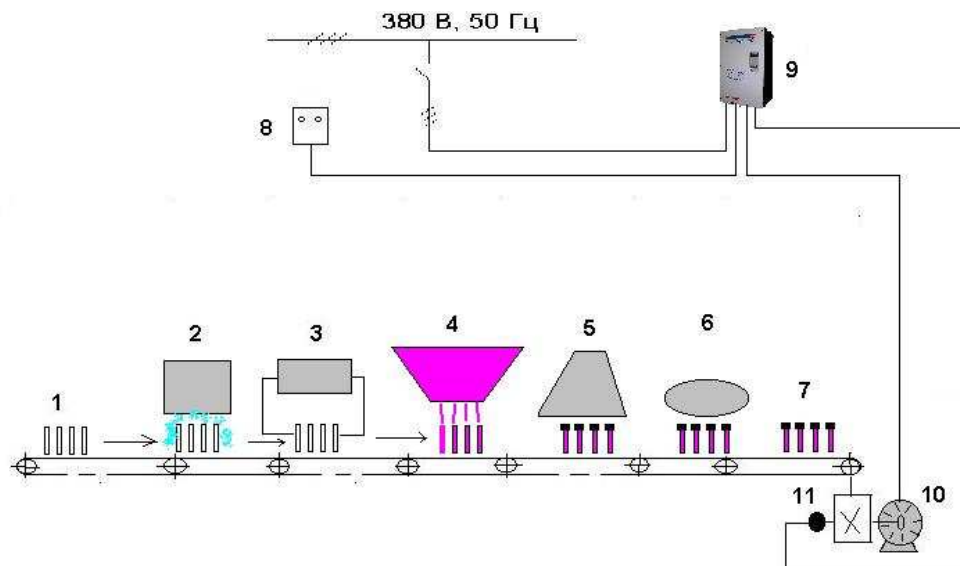
Назначение понятно, работа линии, на мой взгляд, также не вызывает вопросов (по сути это конвейер или транспортер). В качестве примера: линия наполнения и укупорки бутылок (молоко, газвода, и т.п.), линия наполнения пластиковых стаканчиков или др.

Процесс сложный, многосвязный. Необходимо согласовать работу всех элементов линии. Но ПЧ управляет лишь скоростью перемещения «посуды». Это обеспечивает согласованную работу линии.

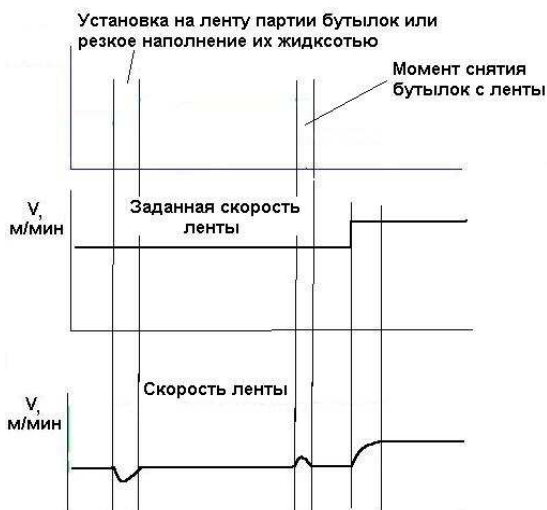
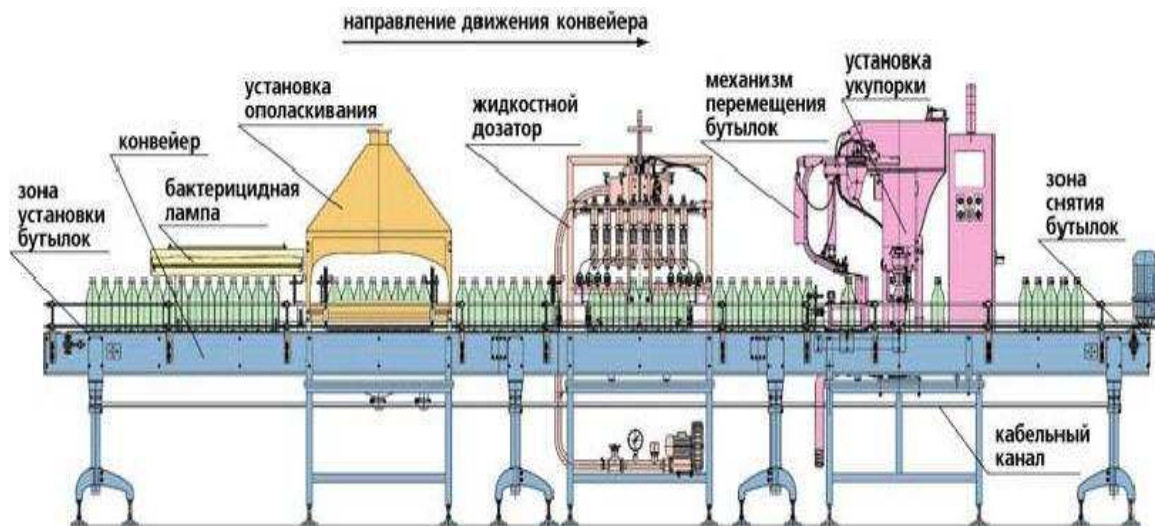
Решаемая задача: автоматическое поддержание скорости движения ленты транспортера на заданном уровне. Кроме того, очень важен плавный пуск и останов привода. При резком ускорении бутылки падают.

Параметры: скорость движения транспортера, заданная скорость.

Элементы схемы: 1 – исходная пустая тара (посуда), 2 – устройство для мытья, ополаскивания (может отсутствовать), 3 – устройство для опрокидывания бутылок и слива воды, 4 – дозатор с продукцией, 5 – установщик крышек, 6 – узел закручивания (зааклейки) крышек, 7 – готовая продукция, 8 – пульт дистанционного управления, 9 – ПЧ, 10 – электродвигатель, 11 – датчик обратной связи по скорости.



Для примера - «живая» линия.



Возмущениями для поддержания скорости могут быть установка/снятие партии бутылок (коробок) с ленты, резкое наполнение партии бутылок жидкостью, изменение заданного уровня скорости.

КАК ПРАВИЛЬНО ВЫБИРАТЬ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЧАСТОТЫ КОМПАНИИ «ВЕСПЕР»

Введение

Предлагаемые Вашему вниманию рекомендации по выбору преобразователей частоты (ПЧ) для управления электроприводом не претендуют на абсолютную универсальность и оригинальность.

Мы лишь сделали попытку разработать примерный типовой подход для выбора преобразователя, ориентированный на Вас – наших настоящих и потенциальных партнеров, коллег и друзей.

В основе рекомендаций лежит многолетний практический опыт нашей компании по разработке, проектированию, производству преобразователей, а также их адаптации в конкретных технологических процессах.

На сегодняшний день в России работают десятки тысяч преобразователей с фирменным знаком «Веспер». Области применения наших частотников постоянно расширяются.

При выборе преобразователя частоты перед потребителем встает целый ряд вопросов.

Какой тип преобразователя предпочтительнее для решения той или иной задачи? Каким образом согласовать характеристики преобразователя и производственного механизма? Как интегрировать несколько приводов в единый технологический процесс? Каким образом оптимизировать главный критерий выбора – цена/качество? и другие.

Если наши рекомендации помогут Вам ответить лишь на часть из этих вопросов, сэкономить время и затраты, то мы будем считать, что достигли поставленной цели.

Естественно, что порядок выбора преобразователя в каждом конкретном случае зависит от уровня квалификации специалиста. Для инженера, который впервые выбирает преобразователь, потребуется больше времени; другому может быть достаточно лишь рассмотреть работу промышленного механизма; а третьему – только взглянуть на щиток электродвигателя. В любом случае основные положения методики, на наш взгляд, могут быть полезны всем.

Общие рекомендации

Рассмотреть всё существующее множество общепромышленных механизмов, применяемых сегодня на фабриках, в заводских цехах, на электростанциях и других предприятиях и написать отдельную методику выбора ЧП для каждого из этого множества в одном методическом пособии невозможно.

Однако многие из этих механизмов имеют аналогичные виды движений рабочих органов, схожие характеры моментов и сил сопротивления, режимы работы и другие характеристики рабочих процессов. Приведем несколько примеров. Для подъемно-транспортных работ во всех отраслях используются краны, тельферы, лебедки, лифты; перекачка жидкостей и газов, вентиляция, снабжение сжатым воздухом производятся с помощью насосов, вентиляторов, компрессоров; конвейеры, транспортеры, эскалаторы, нории – механизмы для транспортировки грузов и продукции...

Можно и далее приводить примеры однотипных механизмов, но вывод от этого не изменится – механизмы в зависимости от места использования будут отличаться лишь мощностью и индивидуальными особенностями технологического процесса.

Поэтому на первом этапе мы рекомендуем выбирать преобразователь для электропривода, относящегося к группе типовых промышленных механизмов. Задача выбора упрощается тем, что каждая выпускаемая компанией «Веспер» типовая серия преобразователей частоты ориентирована на свою основную область применения.

На втором этапе, после выбора типа преобразователя, необходимо выбрать конкретную модель этого типа – то есть определить выходную мощность и выходной ток преобразователя.

1. Выбор типа преобразователя частоты

В настоящее время компания «Веспер» производит и предлагает заказчикам несколько серий универсальных и специализированных преобразователей частоты для асинхронных двигателей. Наше предприятие изготавливает как низковольтные, так и высоковольтные преобразователи. Диапазон мощностей выпускаемых преобразователей составляет от 0,2 кВт до 1800 кВт.

Краткая характеристика преобразователей частоты «Веспер»:

- Преобразователи частоты малой мощности E2-MINI. Простая в эксплуатации модель для маломощных приводов, не требующих сложного управления.
- Компактные преобразователи частоты для общепромышленного применения E3-8100. Это третье поколение преобразователей 8000-ой серии. Серия включает модель E3-8100 для маломощных приводов и ее бюджетную версию E3-8100K.
- Малогабаритные преобразователи E2-8300. Преобразователи частоты с векторным алгоритмом управления для широкого спектра применений. E2-8300 имеют встроенные PLC контроллер, ПИД регулятор, ЭМИ фильтр.
- Преобразователи общепромышленного применения EI-7011. Универсальная серия - широко используется в производственных линиях, технологическом оборудовании, легко адаптируется к разным видам нагрузки.
- Насосные преобразователи EI-P7012. Основная область использования - разнообразные приводы промышленных механизмов с “вентиляторной нагрузкой”.
- Многофункциональные векторные преобразователи частоты E3-9100. Компактный и недорогой преобразователь для управления приводами большинства промышленных механизмов.
- Преобразователи векторного типа EI-9011. Рекомендуются для механизмов с динамично меняющимися характеристиками и тяжелыми условиями пуска, а также в механизмах с прямым управлением моментом.
- Преобразователи частоты повышенной мощности EI-9013 и EI-9063. EI-9013 и EI-9063 предназначены для работы с мощными двигателями на 0,4 кВ или на 0,66 кВ, а также в составе высоковольтных двухтрансформаторных преобразователей для работы с двигателями на 3 (6, 10) кВ.
- Преобразователи серии E6 для высоковольтных асинхронных двигателей приводов центробежных насосов. Преобразователи построены по двухтрансформаторной схеме.

1.1. Преобразователи частоты малой мощности E2-MINI

Преобразователи E2-MINI представляют собой новое поколение популярного преобразователя серии MINI. В отличие от предшествующей модели преобразователь

выполнен в компактном корпусе со встроенным пультом управления, ЭМИ фильтром и расширенным набором функций.

Корпус преобразователя имеет два типоразмера по степени защиты IP20 и IP65. Преобразователь в исполнении IP65 оснащен встроенным выключателем питания, переключателем «пуск-стоп» с функцией реверс, потенциометром для управления скоростью двигателя.

Модели преобразователей в исполнении IP65 предназначены для использования в химической, горнорудной, металлургической, пищевой, перерабатывающей промышленности и в других отраслях. Преобразователи частоты в исполнении IP65 полностью защищены от проникновения пыли и от струй воды, падающих на корпус под любым углом.

E2-MINI рекомендуются для управления электроприводом насосов, вентиляторов, лентопротяжных машин, фасовочно-упаковочных аппаратов, швейных машин, намоточно-размоточных узлов, транспортеров, навивочных машин, миксеров и т.д.

Отличительными особенностями преобразователя являются:

- возможность настройки на требуемые режимы работы электропривода для большинства типов машин и механизмов при небольшом количестве констант, простоте и удобстве программирования;
- эффективная встроенная защита и развитая система диагностики неисправностей, как следствие надежная и безопасная работа;
- два типоразмера со встроенным ЭМИ фильтром, что значительно расширяет границы использования преобразователя;

В качестве опций предлагаются тормозной резистор и устройство для крепления преобразователя на DIN-рейку.

В табл. 1. представлены спецификации преобразователей и их типовое применение для разных мощностей двигателей.

Таблица 1

Модель E2-MINI-	Вход 1 ф.220 В	SP25L	SP5L	S1L	S2L	S3L
	Вход 3 ф.380 В	-	-	001H	002H	003H
Мощность подключаемого электродвигателя, кВт	Вход 1 ф.220 В	0,2	0,4	0,75	1,5	2,2
	Вход 3 ф.380 В	-	-	0,75	1,5	2,2
Полная мощность преобразователя, кВА	Вход 1 ф.220 В	0,25	0,5	1,0	2,0	3,0
	Вход 3 ф.380 В	-	-	1,0	2,0	3,0
Номинальный выходной ток, А	Вход 1 ф.220 В	1,4	2,3	4,2	7,5	10,5
	Вход 3 ф.380 В	-	-	2,3	3,8	5,2

1.2. Компактные преобразователи частоты для общепромышленного применения E3-8100

Преобразователи частоты E3-8100 представляют третье поколение популярной 8000-ой серии. Они могут использоваться для управления приводами в большинстве общепромышленных механизмов.

Серия E3-8100 включает две модели: модель E3-8100 для маломощных приводов и ее бюджетную версию E3-8100K.

Основные особенности преобразователей этой серии:

- компактность и многофункциональность при минимальной стоимости;
- улучшенный алгоритм управления U/f, обеспечивающий низкий шум двигателя и высокий пусковой момент;
- оптимальное управление моментом двигателя для любых нагрузок;
- программирование группы преобразователей с помощью выносного пульта управления;
- мониторинг и управление по RS-422/RS485 (MODBUS) с возможностью подключения до 32 преобразователей в локальную сеть.

В табл. 2. представлены спецификация преобразователей и их типовое применение для разных мощностей двигателей.

Таблица 2

Класс напряжения		1ф 220 В				3ф 380 В						
Модель E3-8100-		-	-	-	-	-	001H	002H	003H	005H	007H	010H
Модель E3-8100K-		SP25L	SP5L	S1L	S2L	0P5H	001H	002H	-	-	-	-
Мощность применяемого двигателя, кВт		0,2	0,4	0,75	1,5	0,4	0,75	1,5	2,2	3,7	5,5	7,5
Выходные характеристики	Номинальный выходной ток (А)	1,6	3	5	8	1,8	2,5	4	6	8	15	18
	Макс. выходное напряжение (В)	3-фазное 220В (пропорционально входному напряжению)				3-фазное 380В (пропорционально входному напряжению)						
	Макс. выходная частота (Гц)	400 Гц (программируемая)										
Источник питания	Номинальное входное напряжение и частота	1-фазное 200~240В 50/60 Гц				3-фазное 380~460В 50/60 Гц						
	Допустимое отклонение напряжения	-15 ~ +10%										
	Допустимое отклонение частоты	±5%										

1.3. Малогабаритные преобразователи частоты E2-8300

Малогабаритные преобразователи E2-8300 имеют разомкнутый векторный алгоритм управления. Он может работать как в режиме векторного, так и в режиме скалярного управления. Скалярный режим является основным и применяется для управления скоростью электродвигателя в большинстве применений. Векторный режим необходим в случае повышенных требований к точности поддержания скорости вращения электродвигателя.

E2-8300 рекомендуются для управления приводами с постоянной, быстроменяющейся, а также вентиляторной нагрузкой: подъемно-транспортное

оборудование, транспортеры, конвейеры, экструдеры, куттера, упаковочные и дозирующие машины, сушильные агрегаты, сепараторы, мельницы, дробилки, вентиляторы, насосы, компрессоры и т.д.

Главной отличительной особенностью этой серии является наличие встроенного промышленного PLC контроллера.

С помощью контроллера потребитель может легко создавать программы лестничного типа для вспомогательных систем автоматики на персональном компьютере (на основе Windows) или на карманном переносном компьютере (на основе Win CE) и записывать их в преобразователь через COM порт и шнур с конвертором 232/485. Это позволяет в ряде случаев отказаться от использования дополнительных контроллеров, тем самым, упростив монтаж и сэкономив значительные средства.

Преобразователь имеет встроенный ЭМИ фильтр класса А и встроенный ПИД-регулятор.

В качестве дополнительного оборудования к преобразователю предлагается модуль копирования программ. Использование модуля копирования позволяет программировать группу однотипных преобразователей, что сокращает время и затраты при настройке.

В табл.3. представлены спецификация преобразователей E2-8300 и их типовое применение для двигателей различной мощности.

Таблица 3

E2-8300-	SP5L	S1L	S2L	S3L	001H	002H	003H	005H	007H	010H	015H	020H	025H	030H	040H	050H	060H	075H	
Мощность применяемого двигателя, кВт	0,4	0,75	1,5	2,2	0,75	1,5	2,2	3,7	5,5	7,5	11	15	18,5	22	30	37	45	55	
Полная мощность преобразователя, кВт	0,5	1,0	2	3	1,0	2	3	5	7,5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	
Напряжение питания	Однофазное: 200-240В +10%-15%, 50-60Гц±5%				Трехфазное: 380-480В +10%-15%, 50-60Гц±5%														
Номинальный выходной ток, А	3,1	4,5	7,5	10,5	2,3	3,8	5,2	8,8	13,0	17,5	25	32	40	48	64	80	96	128	
Выходное напряжение	Трехфазное: от 0 до Упит.				Трехфазное: от 0 до Упитания														

1.4. Преобразователи общепромышленного применения EI-7011

Преобразователи EI-7011 рекомендуются для использования в различном технологическом оборудовании, где применяется управляемый электропривод.

Главной отличительной особенностью и несомненным достоинством этой серии преобразователей является возможность их настройки на работу практически с любым видом механической нагрузки на валу электрического двигателя.

Настройку на требуемый вид нагрузки Вы можете сделать оперативно путем изменения соотношений напряжения питания к частоте питающего напряжения. В преобразователе реализован алгоритм скалярного управления с числом программируемых соотношений U/f равным пятнадцати.

Многие промышленные механизмы работают в повторно-кратковременных и циклических режимах с высокими скоростями разгона и торможения с изменением направления движения, поэтому требуют эффективного торможения.

Для быстрого торможения приводов таких механизмов преобразователи данной серии обеспечивают создание тормозного крутящего момента до 100% от номинального момента.

Преобразователи обеспечивают повышенную перегрузочную способность по моменту в пределах 50% - 60%.

Для упрощения задачи выбора преобразователя EI-7011 объединим объекты, на которые они могут устанавливаться в несколько групп:

1. Механизмы непрерывного транспорта – конвейеры, транспортеры, эскалаторы и т.п. Для большинства этих механизмов характерны продолжительные режимы работы с постоянной заданной скоростью, плавные пуск и останов. Лишь отдельные типы конвейеров, такие как рольганги прокатного производства, требуют высокие скорости разгона и торможения, реверсирование.
2. Насосы и компрессоры поршневого типа, осевые вентиляторы и компрессоры, нагрузка которых отлична от вентиляторной. Механизмы отличаются тяжелыми пусковыми режимами, сильно изменяющаяся нагрузка на валу, необходимость поддержания заданной скорости вращения.
3. Центрифуги, мельницы, дробилки, диссольтеры, мешалки, сепараторы и т.п. Устройства этой группы обладают большими инерционными массами, повышенными пусковыми моментами, требуют управления скоростью вращения.
4. Фасовочно-упаковочное оборудование – упаковочные машины, мешконаполнители, штаблеры, маркировщики. Непрерывный режим работы, управление скоростью и поддержание заданной скорости в зависимости от технологического процесса.

EI-7011 имеют два типоразмера IP20 и IP54.

Спецификация преобразователей серии EI-7011 и их типовое применение для двигателей различной мощности представлены в табл.4.

Таблица 4

Модель EI – 7011 -		001H	002H	003H	005H	007H	010H	015H	020H	025H	030H	040H	050H	060H	075H	100H	125H	150H	175H	200H	250H	300H	400H
Максимальная выходная мощность (мощность применяемого электродвигателя), кВт		0,75	1,5	2,2	3,7	5,5	7,5	11	15	18,5	22	30	37	45	55	75	93	110	132	160	185	220	315
Выходные характеристики	Полная мощность преобразователя, кВА	1	2	3	5	7,5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	100	125	150	175	200	250	300	400
	Номинальный выходной ток, А	3,4	4,8	6,2	7,5	11,5	18	25	31	40	44	60	75	90	110	150	180	220	260	300	340	450	605
	Максимальное выходное напряжение	Трехфазное 380...460 В (пропорционально входному напряжению)																					
	Номинальная выходная частота	Вплоть до 400 Гц (достигается посредством программирования)																					

1.5. Насосные преобразователи EI-P7012

Специализированная серия преобразователей разработана нами для управления механизмами, предназначенными для транспортировки жидкостей и газов. Эти механизмы подразделяются на три группы:

- насосы;
- вентиляторы;
- компрессоры.

Преобразователи серии EI-P7012 ориентированы на наиболее распространенную в настоящее время группу насосов, вентиляторов и компрессоров центробежного типа, которые имеют так называемую вентиляторную нагрузку.

Отличительными особенностями преобразователей этой серии, которые обусловлены типом нагрузки, являются:

- скалярное управление с фиксированным соотношением между напряжением питания и частотой питающего напряжения (U/f);
- отсутствие встроенных и дополнительных тормозных устройств;
- пониженная перегрузочная способность по моменту в пределах 15% - 20%.

Некоторое упрощение функций преобразователя позволило снизить стоимость, упростить обслуживание и предложить его для массового внедрения на многих объектах в различных отраслях.

Преобразователи серии EI-P7012 мы рекомендуем использовать для регулирования подачи и поддержания заданного напора жидкости, давления или разряжения газа, температуры газа и т.п. на нефте- и газоперекачивающих станциях, насосных водопроводных станциях, в котельных, на станциях водоочистки, в центральных тепловых пунктах, в установках главного проветривания шахт и т.п. Применение EI-P7012 позволит Вам существенно уменьшить потребление электроэнергии и энергоресурсов, продлить срок службы оборудования, упростить техническое обслуживание, снизить число аварийных ситуаций.

При решении перечисленных задач преобразователь может работать как в ручном, так и в автоматическом режиме. В обоих режимах предусмотрено местное или дистанционное управление.

В ручном режиме управление осуществляется оператором с местного или дистанционного пульта без обратной связи. Для удобства пользователя в преобразователе имеется возможность подключения внешнего задающего аналогового устройства – потенциометра. Наблюдение за параметрами рабочего процесса (подача, напор, давление, разряжение ...) производится оператором по измерительным приборам. Точность поддержания скорости в ручном режиме составляет $\pm 2\%$ - 3% . Диапазон управления скоростью равен 1: 20.

Предпочтительнее с точки зрения качества управления параметрами рабочего процесса использовать автоматический режим с обратной связью по регулируемому параметру. Для измерения параметров процесса Вы можете использовать все известные датчики физических величин аналогового типа. Выходной токовый сигнал датчика может быть от 4 мА до 20 мА, сигнал по напряжению - от 0 В до 10 В. При совместной договоренности преобразователи могут поставляться компанией в комплекте с датчиками.

В автоматическом режиме с обратной связью в преобразователе реализуется ПИД-закон регулирования. Для оперативной настройки параметров регулятора под требуемый технологический процесс Вы имеете возможность управлять коэффициентами обратной связи. Использование ПИД-регулятора позволяет поддерживать заданные параметры практически без ошибки.

При выборе ЧП для мощных вентиляторов, дымососов, компрессоров с большими инерционными массами необходимо обратить внимание на возможность ограничения

пусковых токов. Ограничение пусковых токов требуется также для исключения гидроударов в трубопроводах.

В рекомендуемом преобразователе для исключения ударных нагрузок на двигатель и механическую часть привода имеется функция плавного пуска. Вы можете выставить время разгона или торможения электродвигателя независимо друг от друга в пределах от 0,1 с до 3600 с.

Немаловажное значение для электропривода в целом имеет тип защиты от аварийных режимов. Преобразователь EI-P7012 обеспечивает полную защиту электродвигателя.

EI-P7012 имеют два типоразмера - IP20 и IP54.

В таблице 5 представлена спецификация преобразователей серии EI-P7002 и их типовое применение для двигателей различной мощности.

Таблица 5.

Модель EI – P7012 -		010H	150H	020H	025H	030H	040H	050H	060H	075H	100H	125H	150H	175H	200H	275H	300H	350H	450H
Максимальная выходная мощность (мощность применяемого электродвигателя насоса), кВт		7,5	11	15	18,5	22	30	37	45	55	75	93	110	132	160	200	220	250	370
Выходные характеристики	Полная мощность преобразователя, кВт	10	15	20	25	30	40	50	60	75	100	125	150	175	200	275	300	350	450
	Номинальный выходной ток, А	16	21	31	39	48	60	76	93	112	149	192	227	261	315	352	397	525	706
	Максимальное выходное напряжение	Трехфазное 380 В																	
	Номинальная выходная частота	50 Гц																	

1.6. Многофункциональные векторные преобразователи частоты E3-9100

Векторный преобразователь частоты без датчика обратной связи по скорости E3-9100 может использоваться для управления приводом в большинстве существующих промышленных механизмов. В диапазоне мощностей от 0,75 до 15 кВт при решении многих задач он призван заменить более дорогие серии преобразователей EI-7011 и EI-9011.

E3-9100 обеспечивает точность регулирования 0,2 % и максимальный стартовый момент 200 % на частоте 1 Гц, как при решении сложных задач (управление подъемными кранами, волочильными машинами, многомоторными установками, экструдерами и т. п.), так и при простых применениях (управление насосами, вентиляторами, транспортерами и т. п.).

Преобразователь частоты E3-9100 выгодно отличают:

- низкая цена при эффективном векторном управлении,
- режим автоматической настройки на двигатель без вращения,
- функция перераспределения механической нагрузки между двигателями в многодвигательных приводах, работающих от нескольких преобразователей,
- функция определения короткого замыкания на выходе перед пуском двигателя.

Режимы работы преобразователя: скалярный (постоянный/переменный момент); векторное управление (без датчика обратной связи); толчковый режим (ручной и автоматический); автоматический подъем момента при увеличении нагрузки; режим энергосбережения; динамическое управление энергосбережением.

Для построения систем управления с обратной связью в преобразователе имеется встроенный ПИД-регулятор. Для оперативной настройки параметров регулятора под требуемый технологический процесс Вы имеете возможность управлять коэффициентами обратной связи. Использование ПИД-регулятора позволяет поддерживать заданные параметры практически без ошибки.

Встроенная линия связи RS-485 (протокол MODBUS) позволяет встраивать преобразователь в АСУ ТП.

E3-9100 обеспечивает полную защиту электродвигателя.

В таблице 6 представлена спецификация преобразователей серии E3-9100 и их типовое применение для двигателей различной мощности.

Таблица 6

Модель E3-9100-	001H	002H	003H	005H	007H	010H	015H	020H
Макс. выходная мощность двигателя, кВт	0,75	1,5	2,2	3,7	5,5	7,5	11	15
Номинальный выходной ток (А)	2.5	4	6	8	15	18	28	33
Макс. выходное напряжение (В)	3-фазное 380...480 В (пропорционально входному напряжению)							
Макс. выходная частота (Гц)	500 Гц (программируемая)							
Напряжение и частота электропитания (входное напряжение)	3-фазное 380...480 В (-15 % ... +10 %) 50/60 Гц (± 5 %)							

1.7. Преобразователи векторного типа EI-9011

Полный векторный преобразователь частоты с возможностью подключения импульсного датчика скорости. Преобразователь может управлять как скоростью двигателя, так и моментом вращения на валу. Преобразователь предназначен для управления приводами с динамичным и контролируемым изменением скорости, а также с прямым управлением моментом.

К этой группе механизмов относятся:

1. Подъемно-транспортное оборудование – лифты, краны, лебедки, подъемники... Механизмы характеризуются полным моментом при пуске и малых скоростях, требуют подъема и опускания груза без рывков, точного поддержания заданной скорости движения на установившихся режимах, мягкого останова.
2. Прокатные и полосовые станы, волочильные станки, устройства намотки/размотки... Механизмы отличаются значительным моментом нагрузки, динамичным и контролируемым изменением скорости при ускорении и замедлении, требуют точного управления натяжением рабочего материала.
3. Металлообрабатывающие станки. В процессе работы требуются большие моменты при ускорении и замедлении, точное позиционирование, высокие динамические характеристики.
4. Экструдеры, дозаторы, шнековые механизмы... Устройства отличают большие пусковые моменты, постоянная мощность на определенных скоростях, необходимость управления моментом при изменении скорости.

Для эффективного и точного управления механизмами этой группы мы рекомендуем Вам использовать частотные преобразователи векторного типа EI-9011.

Они обеспечивают высокие динамические и статические характеристики привода на переходных и установившихся режимах при использовании импульсного датчика скорости вращения и без него.

При использовании импульсного датчика скорости вращения:

- точность регулирования скорости равна $\pm 0,02\%$;
- диапазон управления скоростью вращения составляет 1 : 1000;
- точность поддержания момента - $\pm 5\%$;
- крутящий момент при нулевой скорости вращения равен 150% от номинального момента.

Без импульсного датчика скорости вращения диапазон управления скоростью вращения составляет 1 : 100, точность регулирования скорости равна $\pm 0,2\%$.

Преобразователи EI-9011 имеют максимум функциональных и сервисных возможностей из всех рассмотренных до этого серий преобразователей.

EI-9011 имеют два типоразмера IP20 и IP54.

Спецификация преобразователей серии EI-9011 и их типовое применение для двигателей различной мощности представлены в табл. 7.

Таблица 7

Модель EI – 9011 -		001H	002H	003H	005H	007H	010H	015H	020H	025H	030H	040H	050H	060H	075H	100H	125H	150H	175H	200H	250H	300H	400H	500H	600H
Максимальная мощность применяемого двигателя, кВт		0,75	1,5	2,2	3,7	5,5	7,5	11	15	18,5	22	30	37	45	55	75	93	110	132	160	185	220	315	400	500
Выходные характеристики	Полная мощность преобразователя, кВА	1	2	3	5	7,5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	100	125	150	175	200	250	300	400	500	600
	Номинальный выходной ток, А	3,4	4,8	6,2	7,5	11,5	18	25	31	40	44	60	75	90	110	150	180	220	260	300	340	450	605	800	900
	Максимальное выходное напряжение	Трехфазное 380/400/415/440/460 В (пропорционально входному напряжению)																							
	Номинальная выходная частота	Вплоть до 400 Гц (достигается посредством программирования)																							

1.8. Преобразователи частоты повышенной мощности EI-9013, EI-9063

EI-9013 изготавливается в диапазоне мощностей 160 кВт – 1000 кВт на напряжение питания 380...460 В, частотой 50 Гц.

EI-9063 изготавливается в диапазоне мощностей 315 кВт – 1800 кВт на напряжение питания 660...690 В, частотой 50 Гц.

Нагрузкой электродвигателя могут служить как насосы, вентиляторы, так и приводы различных механизмов с постоянным и переменным моментом.

Преобразователи обеспечивают плавный разгон (торможение) за заданное время и непрерывную работу привода на постоянной скорости в рабочем диапазоне скоростей вращения. Рабочий диапазон выходной частоты преобразователя – до 400 Гц.

Основные особенности преобразователей – полная заводская готовность для установки на объекте заказчика и шкафное исполнение со степенью защиты IP21. В шкафу устанавливается преобразователь частоты и в зависимости от применения – входные/выходные фильтры, ЭМИ фильтр, синусоидальный фильтр, защитный автоматический выключатель.

1.9. Преобразователи серии Еб для высоковольтных асинхронных двигателей приводов центробежных насосов

Преобразователи предназначены для регулирования скорости высоковольтных асинхронных электродвигателей мощностью до 1800 кВт приводов центробежных насосов.

Преобразователи обеспечивает непрерывную длительную работу привода насоса в рабочем диапазоне частот вращения, плавный разгон (торможение) и автоматическое регулирование производительности насоса при поддержании заданного давления или расхода.

Преобразователи серии Еб построены по двухтрансформаторной схеме и имеют в своем составе два трансформатора (понижающий и повышающий) и низковольтный ПЧ модели EI-9013 с синусоидальным фильтром. Для защиты низковольтного ПЧ используется автоматический выключатель.

В таблице 9 представлена краткая спецификация преобразователей серии Еб.

Таблица 9

Мощность высоковольтного (3, 6, 10 кВ) электродвигателя	Максимальный ток высоковольтного электродвигателя, А			Преобразователь частоты (0,4 кВ) со встроенным синус-фильтром	Автоматический выключатель (0,4 кВ), А	Трансформаторы, мощность, кВА			
	3 кВ	6 кВ	10 кВ			Понижающий 3 (6, 10) / 0,4 кВ		Повышающий 0,4/ 3 (6, 10) кВ	
						Сухой*	Масляный*	Сухой*	Масляный*
160 кВт	35	17,5	10,5	EI-9013-200H 160 кВт	320	240	250	230	250
185 кВт	46	23	13,5	EI-9013-250H 185 кВт	400	280	400	270	400
250 кВт	60	30	18	EI-9013-300H 250 кВт	500	370	400	360	400
320 кВт	80	40	24	EI-9013-400H 320 кВт	630	470	630	450	630
400 кВт	100	50	30	EI-9013-500H 400 кВт	800	590	630	570	630
500 кВт	120	60	36	EI-9013-600H 500 кВт	1000	740	1000	730	1000
630 кВт	146	73	43,5	EI-9013-800H 630 кВт	1250	940	1000	870	1000
800 кВт	192	96	57,5	EI-9013-1000H 800 кВт	1600	1200	1250	1150	1250
1000 кВт	240	120	72	EI-9013-1200H 1000 кВт	2000	1500	1600	1400	1600

* Для сухих трансформаторов приведены минимально необходимые значения мощности.

** Для масляных трансформаторов приведены минимально необходимые стандартные значения.

2. Выбор модели преобразователя

При выборе модели преобразователя частоты необходимо определить его выходную мощность и выходной ток.

В самом простом случае выходную мощность и выходной ток преобразователя можно определить, зная параметры приводного электродвигателя. Параметры двигателя для номинального режима указываются на его щитке (шильдике). Для примера на рис.1. изображен шильдик серийного асинхронного двигателя.

⊗ Двигатель асинхронный ⊗			
Тип АИР 56В2У3		IP 44S	
3Ф	50 Hz	0.25 кВт	cos φ = 0.79
2730 об/мин	Статор Δ / Y		220 / 380 V
1.21 / 0.7 А		К.П.Л. 69 %	
ГОСТ 183-74	Кл.изол В	Реж. S1	
⊗ Сделано в России ⊗			

Рис. 1.

Основные выходные характеристики преобразователя, как известно, определяют:

- мощность электрического двигателя (в приведенном примере она равна 0,25 кВт),
- потребляемый электрический ток (равен 1,21/0,7 А в зависимости от схемы соединения обмоток статора),
- коэффициент мощности двигателя ($\cos\varphi = 0,79$),
- коэффициент полезного действия (к.п.д. = 69%).

На первом шаге при самостоятельном выборе модели известного типа частотного преобразователя мы рекомендуем поступать следующим образом:

1. Определить номинальный выходной ток преобразователя, который необходимо выбирать равным номинальному току электродвигателя.
2. Определить полную выходную мощность преобразователя, ориентируясь на номинальную мощность электродвигателя.

Внимание!

! В общем случае после первого шага может сложиться ситуация, когда не удастся выбрать преобразователь из предлагаемого ряда мощностей, поскольку полученным значениям потребной мощности и выходного тока одновременно не отвечает ни один преобразователь.

! Поэтому мы акцентируем Ваше внимание на том, что главным параметром при выборе преобразователя является потребляемый электрический ток двигателя, поскольку он определяет режим работы выходных силовых транзисторов.

! Полная выходная мощность преобразователя в этом случае может отличаться от номинальной мощности двигателя.

Данная ситуация не является исключительной, так как в настоящее время в эксплуатации находится огромное количество асинхронных электродвигателей самых различных серий и типоразмеров, многие из которых работают уже не одно десятилетие. Преобразователи же проектируются для общепринятого стандартизированного ряда мощностей.

Следует также отметить, что нередко встречаются случаи, когда щиток на электродвигателе либо оторван, либо некоторые параметры на нем не читаются. Естественно возникают трудности при определении параметров преобразователя для такого двигателя.

В этом случае мы рекомендуем Вам использовать для вычисления неизвестных величин две простые формулы, которые связывают все основные параметры электродвигателя в номинальном режиме:

1. Уравнение номинальной мощности

$$P_n = 10^{-3} \sqrt{3} U_n I_n \eta_n \cos \varphi .$$

2. Уравнение номинального момента вращения

$$M_n = (9565 P_n) / n_n ,$$

где мощность выражена в кВт, момент вращения в Нм, U_n – линейное напряжение.

Если есть возможность, то потребляемый номинальный ток электродвигателя желательно измерить.

Таким образом, при простом выборе частотного преобразователя известного Вам типа достаточно определить потребный выходной ток и проверить соответствие мощности выбранного преобразователя мощности электродвигателя.

Заключение

При выборе преобразователя частоты даже для известного типового механизма и конструкции электрического двигателя на практике возникает много дополнительных, индивидуальных вопросов. В этих случаях специалисты компании готовы оказать квалифицированную консультацию по любой проблеме.

При заказе нестандартного оборудования компания «Веспер», если это необходимо, проводит изменения в серийных моделях под конкретные технические задания заказчиков. При этом возможны расширение стандартного набора функций, изменения в математических моделях управления и различные типы исполнения.

КРАТКАЯ МЕТОДИКА ВЫБОРА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ КОМПАНИИ «ВЕСПЕР»

Выбор преобразователя частоты компании «Веспер» мы рекомендуем разбить на два шага:

- 1 шаг - выбор типа ПЧ;
- 2 шаг - выбор модели ПЧ.

1. Выбор типа ПЧ

Для выбора типа ПЧ воспользуйтесь таблицей 1.

В верхней строке таблицы расположены типы ПЧ компании «Веспер», в левой колонке размещены типовые исполнительные механизмы.

На пересечении строки с группой механизмов и столбца с типом преобразователя Вы увидите рекомендации по использованию данного типа ПЧ для данной группы механизмов.

Обращаем Ваше внимание на то, что для некоторых механизмов возможно использование нескольких типов ПЧ компании.

Пример: Для управления приводом «экструдеров, дозаторов, куттеров, грануляторов» возможно использование ПЧ компании «Веспер» типов E2-8300, EI-7011, EI-9011. В этом случае требуется более детально описать характер нагрузки и технологический процесс и принять во внимание: точность поддержания частоты вращения, диапазон регулирования, необходимость управления моментом на валу и т.п.

Эти характеристики преобразователей частоты представлены в таблице 2.

Если Вы испытываете затруднения с выбором типа преобразователя, то обратитесь к специалистам компании. Они помогут Вам в любой самой сложной ситуации.

	E2-MINI	E2-8300	E3-8100	EI-P7012	EI-7011	E3-9100	EI-9011	EI-7013	EI-9013, EI-9063	E6
Насосы, вентиляторы, компрессоры с «вентиляторной нагрузкой»	возможно	целесообразно до мощности 11 кВт (EI-8001) 55 кВт (E2-8300)	целесообразно до мощности 7,5 кВт	целесообразно при мощности свыше 7,5 кВт	возможно	возможно	возможно, но нецелесообразно	возможно	возможно, но нецелесообразно	Предназначены для регулирования высоковольтных асинхронных двигателей приводов центробежных насосов
Насосы и компрессоры поршневого типа,	невозможно	возможно	невозможно	возможно	целесообразно	возможно	возможно, но нецелесообразно	целесообразно	возможно, но нецелесообразно	
Погружные насосы	возможно	возможно	возможно	возможно	целесообразно	возможно	возможно, но нецелесообразно	целесообразно	возможно, но нецелесообразно	
Конвейеры, транспортеры, эскалаторы	невозможно	возможно	возможно	невозможно	целесообразно	возможно	возможно	целесообразно	возможно	
Упаковочные машины, штабелеры, мешконаполнители	возможно	возможно	возможно	невозможно	возможно	возможно	возможно, но нецелесообразно	возможно	возможно, но нецелесообразно	
Швейные, прядильные, машины, типографское оборудование	возможно	возможно	возможно	невозможно	возможно	возможно	возможно, но нецелесообразно	возможно	возможно, но нецелесообразно	
Центрифуги, мельницы, дробилки, мешалки, сепараторы	невозможно	возможно	невозможно	невозможно	возможно	возможно	возможно	возможно	возможно	
Лифты, краны, лебедки	невозможно	невозможно	невозможно	невозможно	невозможно	возможно	целесообразно	невозможно	целесообразно	
Прокатные, полосовые, волочильные станы наматывающие устройства	невозможно	возможно	невозможно	невозможно	возможно	возможно	возможно	возможно	возможно	
Металлообрабатывающие станки	невозможно	возможно	невозможно	невозможно	возможно	возможно	возможно	возможно	возможно	
Экструдеры, дозаторы, куттеры, грануляторы	невозможно	возможно	возможно	невозможно	возможно	возможно	возможно	возможно	возможно	

Таблица 2

	SP25L	SP5L	S1L	S2L	S3L	LP4	LP7	FP7	F1P5	OP5H	001H	002H	003H	005H	007H	010H	015H	020H	025H	030H	040H	050H	060H	075H	100H	125H	150H	175H	200H	250H	275H	300H	350H	400H	450H	500H	600H	800H	1000H	1200H																																			
Номинальная выходная мощность, кВт	0,2	0,4	0,75	1,5	2,2	0,4	0,75	0,75	1,5	0,4	0,75	1,5	2,2	3,7	5,5	7,5	11	15	18,5	22	30	37	45	55	75	93	110	132	160	185	200	220	250	315	370	400	500	630	800	1000																																			
Номинальный ток модели, А	EI-MINI-	-	-	-	-	2,4	4	2,4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																		
	E2-MINI-	1,4	2,3	4,2	7,5	10,5	-	-	-	-	2,3	3,8	5,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																	
	E2-8300-	-	3,1	4,5	7,5	10,5	-	-	-	-	2,3	3,8	5,2	8,8	13,0	17,5	25	32	40	48	64	80	96	128	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																
	E3-9100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,5	4	6	8	15	18	28	33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																	
	E3-8100-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,5	4	6	8	15	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																	
	E3-8100K-	1,6	3	5	8	-	-	-	-	-	1,8	2,5	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																	
	EI-7011-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,4	4,8	6,2	8	14	18	27	34	41	48	65	80	96	128	150	195	224	270	302	340	-	450	-	605	-	-	-	-	-	-																																		
	EI-P7002-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28	38	42	57	71	88	108	145	175	210	250	296	330	-	450	-	605	-	-	-	-	-	-	-																																		
	EI-P7012-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	21	31	39	48	60	76	93	112	149	192	227	261	315	-	352	397	525	-	706	-	-	-	-	-	-																																		
	EI-9011-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,4	4,8	6,2	8	14	18	27	34	41	48	65	80	96	128	150	195	224	270	302	340	-	450	-	605	-	800	900	-	-	-	-																																		
EI-9013-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	302	340	-	450	-	605	-	800	900	1200	1600	1800	-	-																																		
Входное напряжение	Однофазное ~200...240 В (-15 %...+10 %) 50 Гц (± 5 %)					Трехфазное ~380... 460 В (- 15 %...+ 10 %) 50 Гц (± 5 %) (EI-MINI - ~380... 440 В, E3-9100 - ~380...480 В)																																																																					
Выходное напряжение	Трехфазное от 0 до ~200...240 В,					Трехфазное от 0 до ~380...460 В, (EI-MINI - от 0 до ~380... 440 В, E3-9100 - от 0 до ~380...480 В)																																																																					
Диапазон выходной частоты, Гц	1...200 (E2-MINI) 1...650 (E2-8300) 1,2...400 (E3)					6...120					1,2...400 (EI-7011, EI-P7012, E3-8100, E3-8100K), 1...650 (E2-8300) 1...200 (E2-MINI), 0,1...400 (EI-9011, EI-9013) 1,2...50 (EI-P7002) 0,5...500 (E3-9100)																																																																
Внешний сигнал задания частоты	0...10 В, 4...20 мА (EI-P7002, EI-P7012, EI-7011, EI-9011, EI-9013), -10...+10 (EI-9011, EI-9013) 0...10 В, 4...20 мА, 0...20 мА (E3-8100, E3-8100K, E3-9100) 0...20 мА, 4...20 мА, 0...10 В (E2-MINI), 0...5 В, 0...20 мА, 0...10 В (EI-MINI), 0...5 В, 0...10 В, 4...20 мА, 5...0 В, 10...0 В, 20...4 мА (E2-8300)																																																																										
Перегрузочная способность	150 % Iном в течение 1 мин					150 % Iном в течение 1 мин (E2-MINI, E2-8300, EI-7011, EI-9011, EI-9013, E3-8100, E3-8100K, E3-9100) 120 % Iном в течение 1 мин (EI-P7012), 110 % Iном в течение 1 мин EI-P7002)																																																																					
Время разгона (торможения), с	0,1...3600 (E2-MINI, E3 – 0,1...999)					0,5...130					0,1...999 (E3-8100, E3-8100K), 0,1...3600 (EI-7011, EI-P7012, EI-P7002), 0,01...6000 (EI-9011, EI-9013), 0,1...3200 (E3-9100)																																																																
Рабочая температура	минус 10...+40°C (E2-8300, E3 - минус 10...+50°C)					0...+50°C																																			минус 10...+40°C (E2-8300, E3-8100, E3-8100K, E3-9100 - минус 10...+50°C)																																		

2. Выбор модели ПЧ компании «Веспер»

При выборе модели преобразователя частоты необходимо определить выходную мощность и выходной ток ПЧ. Порядок выбора указан в таблице 3.

Таблица 3

Условие выбора модели преобразователя частоты	Расчетная формула	Рекомендации по выбору модели
1. Выходная мощность ПЧ больше или равна номинальной мощности электрического двигателя. 2. Выходной ток ПЧ больше или равен номинальному току электрического двигателя.	$P_{Эд} \leq P_{ПЧ}$ $I_{Эд} \leq I_{ПЧ}$	Для стандартных асинхронных электродвигателей серий А2, АО2, АИ, АИР, 4А, 5А, 6А и т.д., которые работают с полной номинальной нагрузкой и имеют коэффициент мощности – 0,8 – 0,9.*
1. Выходной ток ПЧ больше или равен номинальному выходному току электрического двигателя. Выходная мощность ПЧ может быть меньше мощности электродвигателя	$I_{Эд} \leq I_{ПЧ}$	1. Для электродвигателей, которые работают с неполной номинальной нагрузкой (переразмерены для исполнительного механизма).** 2. Для электродвигателей с малыми значениями коэффициента мощности.**

Обозначения и символы

$$P_{Эд} = 10^{-3} \sqrt{3} U_{Эд} I_{Эд} \eta \cos \varphi -$$

номинальная мощность электродвигателя

$I_{Эд}$ - ток двигателя, А

$U_{Эд}$ - напряжение питания двигателя, В

η - К.П.Д. двигателя

$\cos \varphi$ - коэффициент

мощности двигателя

* номинальную мощность и потребляемый ток двигателя достаточно взять с шильдика двигателя

** потребляемый ток двигателя целесообразно (мы рекомендуем) измерить
Для выбора модели ПЧ компании «Веспер» воспользуйтесь таблицей 2.

Пример.

Выбрать преобразователь частоты для привода лебедки.

Тип электрического двигателя привода – низковольтный трехфазный асинхронный с к.з. ротором, напряжение питания 380 В. В процессе работы лебедки двигатель работает с полной номинальной нагрузкой.

Мощность электрического двигателя привода – 30 кВт.

Потребляемый ток электродвигателя – 58 А.

Коэффициент мощности двигателя – 0,75.

Порядок выбора:

1. Выбор типа ПЧ.

В таблице 1 находим ячейку «лифты, краны, лебедки». Для этой группы механизмов целесообразно использование ПЧ компании «Веспер» типа EI-9011.

2. Выбор модели ПЧ.

Двигатель работает с полной номинальной нагрузкой, коэффициент мощности двигателя в рамках стандартного ряда. Поэтому при выборе модели необходимо соблюсти два неравенства из таблицы 3.

$$30 \text{ кВт} \leq P_{ПЧ}$$

$$58 \text{ А} \leq I_{ПЧ}$$

В таблице 2 находим, что данным неравенствам удовлетворяет ближайшая сверху по мощности и току модель выбранного типа EI-9011-040Н.