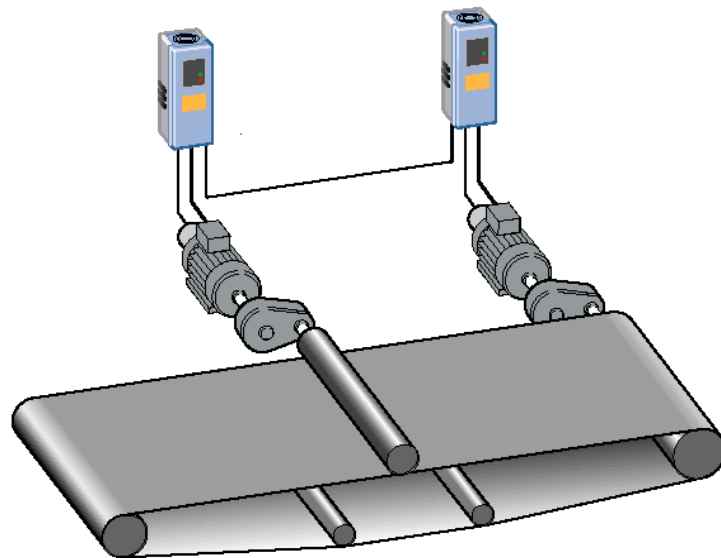


*Информация для партнеров Vacon*

## **ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЧАСТОТЫ VACON NX ДЛЯ ПРИВОДА КОНВЕЙЕРОВ**



*Обзор технических решений*

## Содержание

1. Введение.....	3
2. Преимущества, обеспечиваемые установкой преобразователей частоты на двигатели конвейеров .....	3
3. Классификация возможных технических решений в зависимости от типа конвейера.....	4
3.1. Один двигатель на одном конвейере.....	4
3.2. Два двигателя на одном конвейере.....	4
3.3. Более двух двигателей на одном конвейере.....	5
3.4. Согласованная работа нескольких конвейеров.....	5
4. Задачи позиционирования.....	6
4.1. Общие сведения .....	6
4.2. Макропрограмма «Position control» («Управление положением») .....	6
4.3. Макропрограмма «3-speed positioning» («3-скоростное позиционирование»).....	8
5. Задачи в 2-х двигательном приводе конвейера .....	9
5.1. Классификация задач .....	9
5.2. Аппаратная реализация системы управления.....	10
5.3. Макропрограмма «Shaft Synchronization» («Синхронизация Валов»).....	10
5.4. Макропрограмма «Master-Follower» («Ведущий-ведомый»).....	11
5.5. Макропрограмма «System interface» («Системный интерфейс»).....	13
5.6. Макропрограмма «Advanced» («Передовая»).....	14
6. Задачи согласованной работы нескольких конвейеров.....	15
6.1. Классификация задач .....	15
6.2. Аппаратная реализация системы управления.....	15
6.3. Макропрограмма «Easy Synchronization» («Простая синхронизация»).....	16
7. Аппаратная реализация силовой части преобразователей частоты.....	17

## 1. Введение

Конвейеры применяются в различных отраслях промышленности, в частности, в пищевой промышленности, на кондитерских и хлебопекарных предприятиях, на предприятиях агропромышленного комплекса, в мебельной, химической промышленности (бытовая химия, минеральные удобрения и т.п.), в стекольной, пивоваренной, текстильной, печатной, машиностроительной промышленности, предприятиях нефтехимического комплекса, на угольных карьерах, в металлургической промышленности и многих других отраслях.

Установка преобразователей частоты на конвейеры обеспечивает целый ряд преимуществ.

## 2. Преимущества, обеспечиваемые установкой преобразователей частоты на двигатели конвейеров

- **Повышение управляемости процесса**  
Когда требуется, система автоматического управления частотно-регулируемого электропривода обеспечивает поддержание постоянной погонной нагрузки конвейера, или постоянную скорость, независимо от нагрузки. Система управления конвейером может быть интегрирована в систему АСУП. Преобразователи Vacon NX имеют возможность связи с системами автоматизации верхнего уровня по Fieldbus, аналоговым и цифровым входам, протоколу RS232.
- **Энергосбережение**  
Например, электропривод ленточных конвейеров угольных шахт и горно-обогатительных комбинатов работает с переменной нагрузкой, изменения которой достаточно трудно предсказуемы из-за случайного характера грузопотока. При этом, время работы на холостом ходу или близком к нему может достигать 20-40% от времени работы конвейера. Потребляемая конвейерным транспортом электроэнергия может составлять до 15% от общей потребляемой энергии предприятия. Применение частотно-регулируемого электропривода конвейера обеспечивающего плавное регулирование скорости ленты, позволяет получить максимальную экономию электроэнергии при переменном грузопотоке, независимо от закона распределения грузопотока.
- **Высокий пусковой момент**  
Преобразователь частоты обеспечивает высокий пусковой момент. В случае аварийной остановки лента конвейера может не разгружаться - высокий пусковой момент позволяет запустить даже полностью загруженный конвейер. Если требуется, может обеспечиваться номинальный момент на нулевой скорости. Преобразователи Vacon NX обеспечивают момент до 200% от номинального значения.
- **Меньшее изнашивающее воздействие на механические части и коммутационную аппаратуру при пуске**  
Плавное увеличение скорости при пуске защищает механические части конвейера от износа, продлевая срок службы. Плавный пуск также благоприятен для силового коммутационного оборудования и питающей сети.
- **Увеличение скорости конвейера**  
Установка преобразователя частоты позволяет конвейеру работать на скоростях выше номинальной, если этого требует технологический процесс.
- **Выравнивание нагрузки на двигателях, синхронизация валов**  
В случае, если конвейер приводится двумя или более двигателями, актуальна задача равномерного распределения нагрузки между двигателями или синхронизации их валов. Преобразователи частоты Vacon NX имеют программное обеспечение, позволяющее реализовать данные функции.

□ **Использование существующих двигателей**

При модернизации конвейера преобразователи частоты могут устанавливаться на существующие двигатели (с существующими редукторами). Тем самым, затраты на модернизацию – минимальны.

### 3. Классификация возможных технических решений в зависимости от типа конвейера

Классификацию решений можно дать исходя из следующих критериев:

- структура привода конвейера (группы конвейеров),
- стоящая задача: распределение нагрузки, синхронизация валов, синхронизация конвейеров, позиционирование.

#### 3.1. Один двигатель на одном конвейере

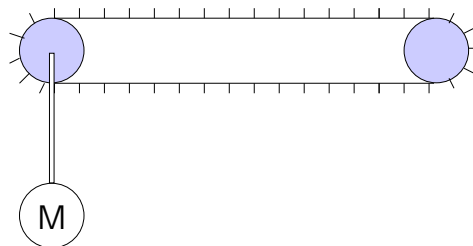


Рис. 1.

Пример задачи, реализуемой с помощью ПЧ Vacon, - использование ПИД-регулятора для поддержания постоянной мощности при работе конвейера (при меньшей нагрузке конвейер движется быстрее).

Наиболее сложная из возможных задач в конвейере с одним двигателем – позиционирование. Данная задача рассматривается в параграфе 4. Примером может служить упаковочная линия.

#### 3.2. Два двигателя на одном конвейере

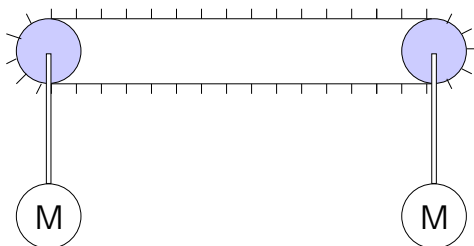


Рис. 2.

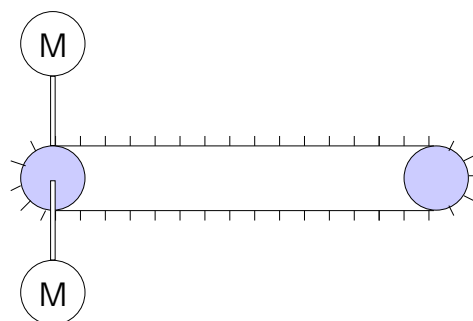


Рис. 3.

Возможные проблемы: проскальзывание ленты (на ленточных конвейерах с возможным проскальзыванием), неравномерная нагрузка.

Существуют следующие варианты конфигурации:

Жесткое соединение валов (пластинчатые, скребковые, цепные конвейеры)

- ❑ построение системы с энкодерами на валах двигателей,
- ❑ построение системы без энкодеров.

Нежесткое соединение валов (ленточные конвейеры)

- ❑ построение системы с энкодерами на валах двигателей,
- ❑ построение системы без энкодеров.

Данные задачи рассматриваются в параграфе 5.

### 3.3. Более двух двигателей на одном конвейере

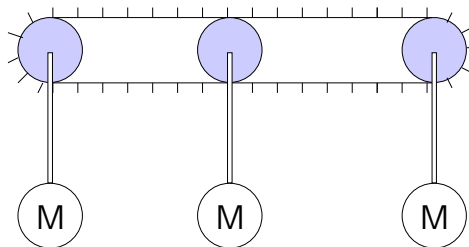


Рис. 4.

Примерами служат прокатные станы, буммашины, чесальные машины и т.п.

### 3.4. Согласованная работа нескольких конвейеров

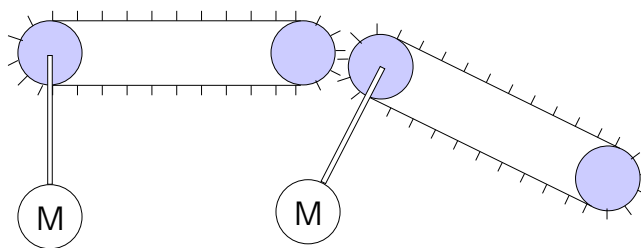


Рис. 5.

Примерами служат различные системы транспортировки с изменением направления, скорости движения.

## 4. Задачи позиционирования

### 4.1. Общие сведения

Задачи позиционирования обычно требуют построения систем с энкодерами (или СКВТ для двигателей с постоянными магнитами) на валах двигателей.

Существуют две макропрограммы, которые требуют различной аппаратной реализации системы.

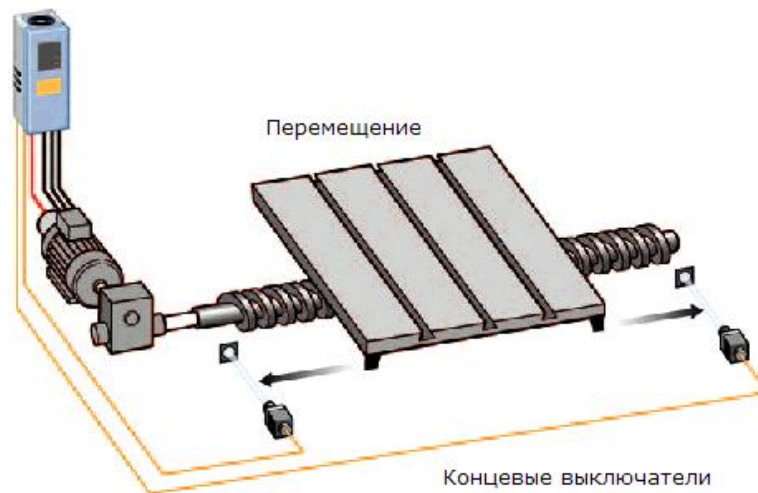


Рис. 6. Пример механизма, в котором требуется позиционирование.

### 4.2. Макропрограмма «Position control» («Управление положением»)

*Для работы с данной макропрограммой требуется лицензия!*

#### Основные функции

- одноосный интерполирующий контроллер положения,
- программируемое расстояние (или число оборотов) в реальных инженерных единицах измерения (например, в метрах),
- использование энкодера двигателя или дополнительного энкодера для работы в замкнутом контуре,
- 9 возможных режима калибровки (ручная, калибровочный датчик, Z-импульс, калибровочный датчик + Z-импульс, с компенсацией люфта или без нее),
- команды позиционирования, шаг, инкрементальный шаг, калибровка, возвращение в исходное положение,
- отслеживание статической и динамической ошибок пройденного расстояния,
- виртуальные (программные) концевые выключатели (диапазон позиционирования),
- реальные концевые выключатели (min, max) – сигнал подается на цифровые входы,
- выбор режима позиционирования с помощью уставки параметра, воздействием на цифровой вход или по полевой шине (переключение между режимами управления скоростью и позиционирования),
- режим «обучения» (указания положений) с панели управления,
- предустановленная скорость или регулируемая от аналогового входа скорость при позиционировании,
- программируемый автоматический цикл до 6 целей,
- Работа с асинхронным двигателем или с синхронным двигателем с постоянными магнитами.

## Аппаратная реализация

### Обязательно (минимальная комплектация):

Двигатель и соответствующий датчик обратной связи:

Асинхронный двигатель с инкрементальным энкодером или  
Синхронный двигатель с постоянными магнитами с СКВТ или энкодером Endat.

Модуль управления – NXP (см. рис. 7) с платами OPT-A1, OPT-A2.

Плата для приема сигнала с датчика обратной связи:

OPT-A4, OPT-A5, OPT-A7 – для асинхронного двигателя с энкодером,  
OPT-BC, OPT-BB – для синхронного двигателя с постоянными магнитами с СКВТ.

### Дополнительно может понадобиться:

Плата OPT-B1 для расширения количества цифровых входов.

Плата fieldbus.

Плата системной шины System Bus (OPT-D1, OPT-D2).

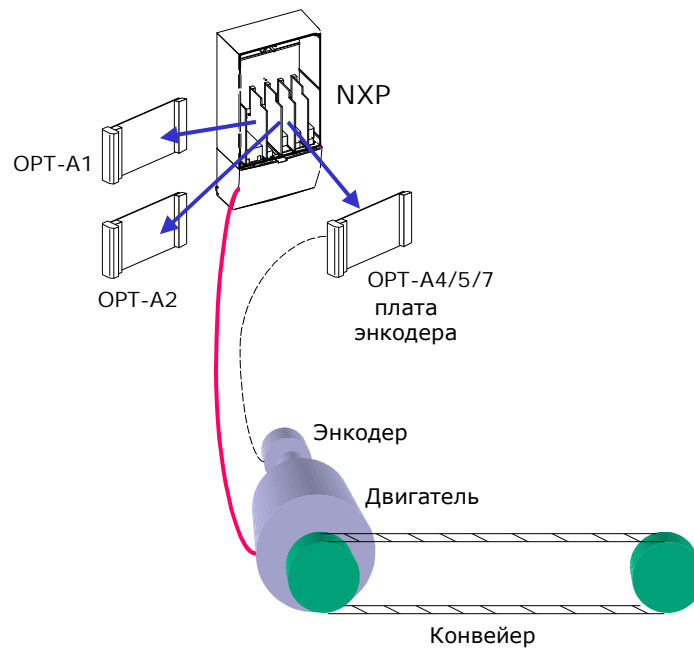


Рис. 7. Аппаратная реализация: минимальная комплектация.



## 4.3. Макропрограмма «3-speed positioning» («3-скоростное позиционирование»)

### Аппаратная реализация системы управления

ПЧ работает как позиционирующий контроллер с помощью инкрементального энкодера и указателя целей. Обязательно должна использоваться энкодерная плата NXOPTA4 (или NXOPTA5). Энкодер может устанавливаться как на валу двигателя так и на валу конвейера (после редуктора, если таковой используется). При установке на валу двигателя информация от энкодера может использоваться как для задач позиционирования, так и для векторного управления (с модулем управления NXP).

Стандартно используется модуль управления NXS.

Конфигурация используемых плат:

Board type	SLOT					I/O- Signals								
	A	B	C	D	E	DI	DO	AI mA/V /+V	AO mA/V	RO NO/NC	+10V Ref.	+24V /ext+ 24V	DI/Enco- der (10- 24V) Out+15/ 24V	DI/Encoder (RS422) Out+5/ 15V
NXOPTA1	>					6	1	2	1		1	2		
NXOPTA2		>								2				
NXOPTA4			>											3+1
NXOPTA5			>										3+1	
NXOPTB1				>		6						1		
NXOPTC2					>	Modbus, SPI- bus								
NXOPTC3					>	Profibus DP, SPI- bus								
NXOPTC7					>	DeviceNet, SPI- bus								

### Функции

Указатель (уставка) цели (положения) может осуществляться тремя способами:

- 1) 32 программируемых цели (положения, позиции, точки) сохраняются в соответствующей группе параметров. Активная точка позиционирования выбирается подачей сигналов (сухой контакт) на 5 цифровых входов ( $2^5=32$  положения). Требуется плата расширения NXOPTB1 (6 дополнительных цифровых входов).
- 2) Задание положения с помощью аналогового сигнала (токовый или потенциальный). При использовании данного метода имеет место погрешность  $\pm 1\%$ .
- 3) Задание положения посредством полевой шины (fieldbus). Должна использоваться соответствующая плата из серии NXOPTC\_.

Позиционирование (перемещение в заданное положение) производится с использованием трех различных скоростей. Самая низкая из них используется для «доводки».



## 5. Задачи в 2-х двигательном приводе конвейера

### 5.1. Классификация задач

Тип задачи может определяться как требованиями технологического процесса, так и наличием необходимой аппаратной части (например, энкодеры на валах двигателей).

Выбор ПО определяется типом связи между валами и наличием датчика обратной связи.

- ❑ Равномерное распределение нагрузки
- ❑ Синхронизация валов
- ❑ Синхронизация скоростей двигателей

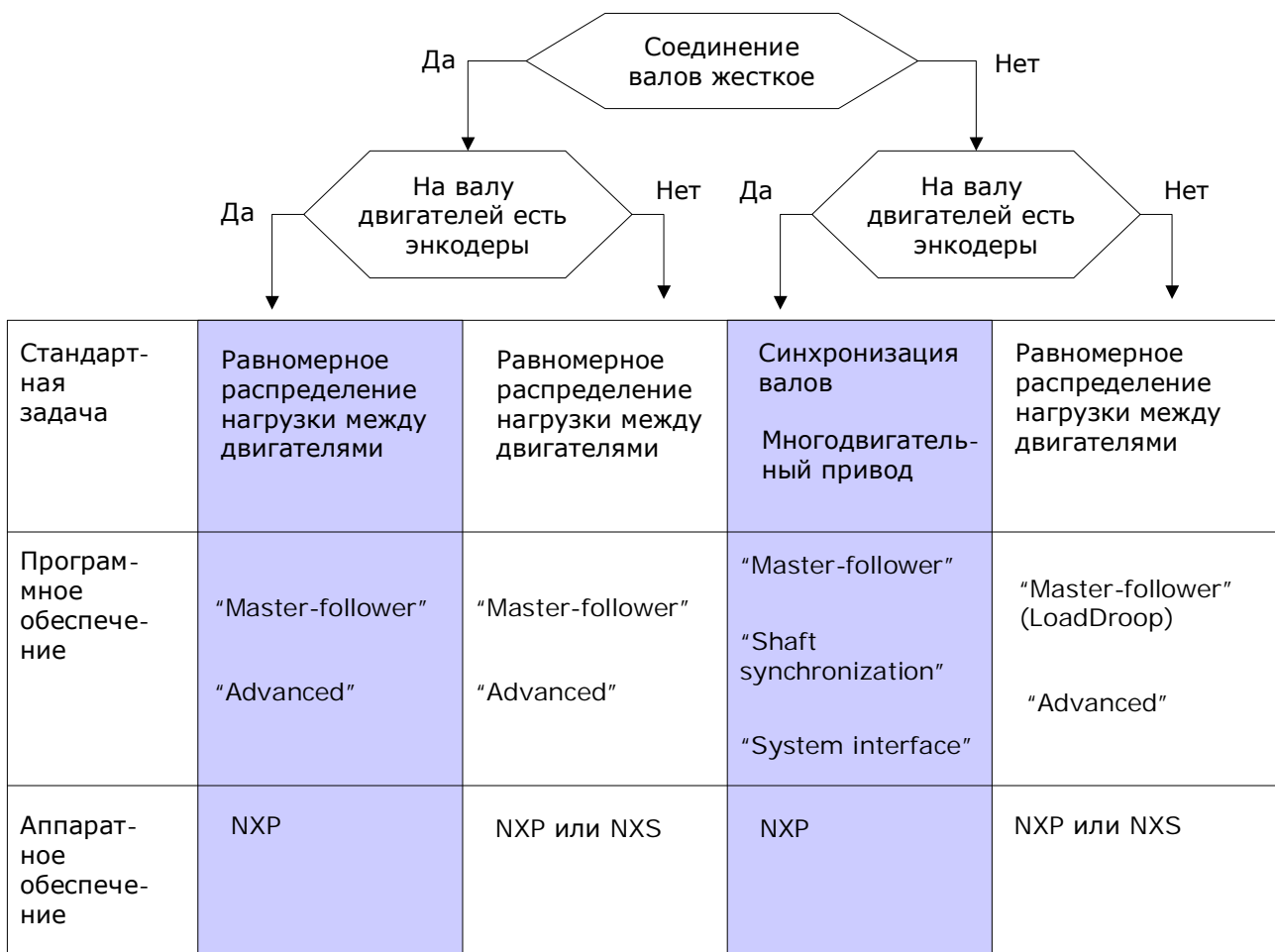


Рис. 8. Диаграмма выбора аппаратной и программной реализации задач.

## 5.2. Аппаратная реализация системы управления

Типовая аппаратная реализация системы представлена на рис. 9. Детали реализации зависят от используемой макропрограммы.

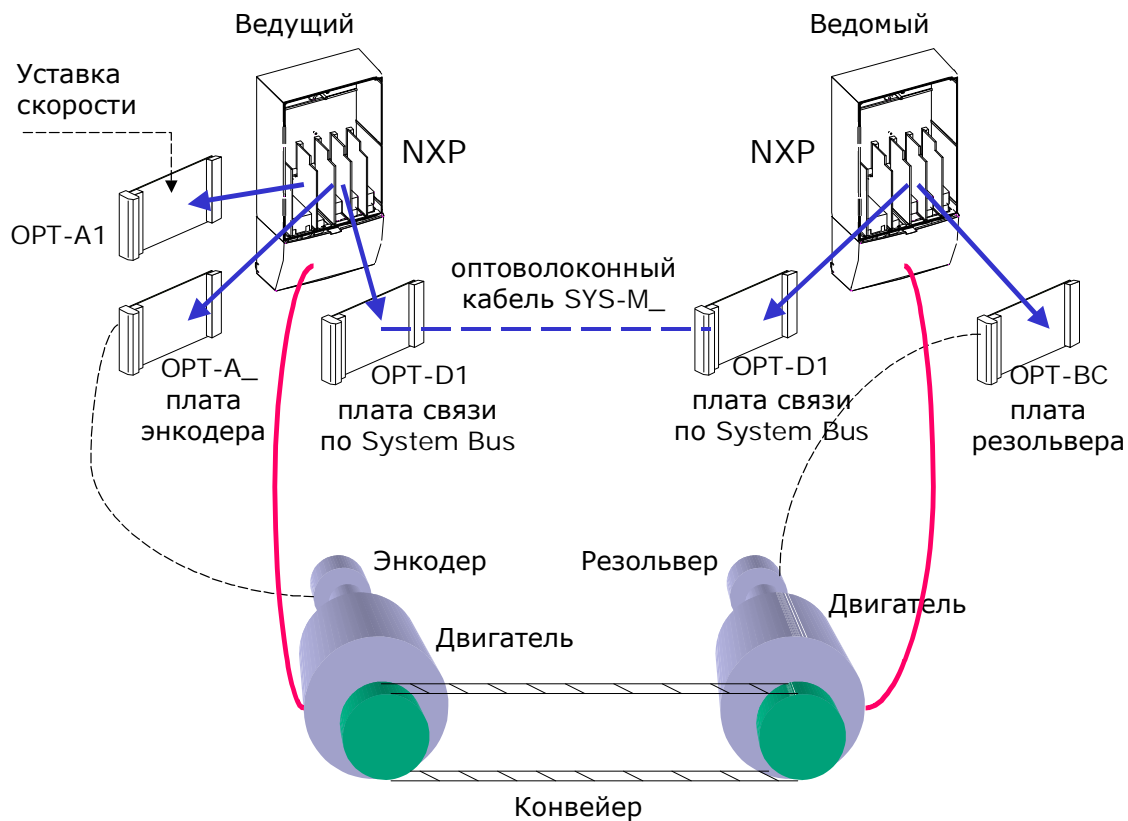


Рис. 9. Аппаратная реализация 2-двигательного привода конвейера (типичная комплектация).

## 5.3. Макропрограмма « Shaft Synchronization » (« Синхронизация Валов »)

*Требуется лицензионный ключ!*

### Общее описание

Макропрограмма «Shaft Synchronization» позволяет контролировать угловое положение вала ведомого привода в соответствии с угловым положением вала ведущего привода. Вал ведомого привода вращается синхронно с валом ведущего или имеет угловую скорость, пропорциональную скорости ведущего. Данная макропрограмма применяется как альтернатива механических связей между валами конвейеров.

Для работы привода требуется обратная связь от энкодера или резольвера (СКВТ).

### Функции

- угловое положение вала ведущего привода определяется с помощью энкодера,
- угловое положение вала ведомого привода определяется с помощью инкрементального энкодера или резольвера,
- регулируемое передаточное число (отношение между скоростями ведущего и ведомого привода),
- подстройка передаточного числа в процессе работы без останова приводов,
- управление по Fieldbus или по дискретным и аналоговым входам.

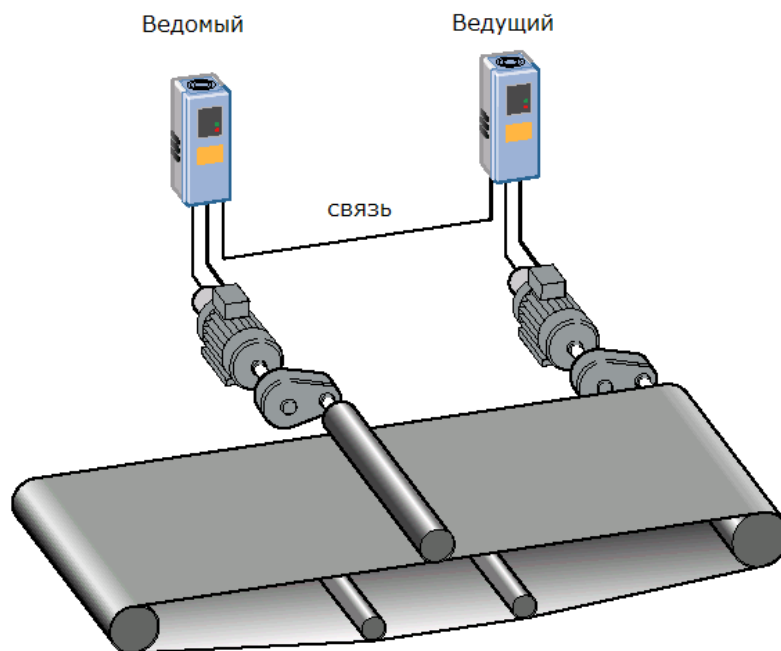


Рис. 10. Пример системы с пропорциональными скоростями вращения валов.

## Аппаратные требования

NXP с платой управления VB00561 (тип "nхр2"), или более новая версия.

Плата для связи с энкодером (если используется асинхронный двигатель) – OPT-A7 или плата для связи с резольвером (если используется синхронный двигатель с постоянными магнитами) - OPT-BC.

Системная программа NXP00002V155 (или NXP00002V160 для поддержки "single phase master pulse reference").

### 5.4. Макропрограмма «Master-Follower» («Ведущий-ведомый»)

#### Общее описание

Приложение «Ведущий-ведомый» разработано для управления несколькими приводами, валы которых соединены механически: муфтой, цепной или ременной передачей и т.п.

Макропрограмма позволяет достигнуть равномерной нагрузки двигателей. Конвейеры являются типичным механизмом где используется приложение «Ведущий-ведомый».

Внешние управляющие сигналы подаются только на Ведущий ПЧ (Master). Ведомые (follower) привода управляются ведущим по внутренней шине System bus (опто-волоконная связь). Обычно Ведущий ПЧ работает в режиме следования заданной скорости, а Ведомые ПЧ получают от него уставку скорости («управление скоростью») или момента («управление моментом»).

Управление моментом (Рис. 11а) используется, если валы ведущего и ведомого приводов жестко соединены (цепная передача, скребковый конвейер) и вращение валов с различной скоростью невозможно. При управлении моментом получается естественное распределение нагрузки.

Управление скоростью (Рис. 116) используется при гибкой связи валов ведущего и ведомого приводов – когда возможно рассогласование скоростей вращения валов. Когда и Ведущий и Ведомый ПЧ работают в режиме управления скоростью часто используется функция LoadDroop (P2.6.14.2)

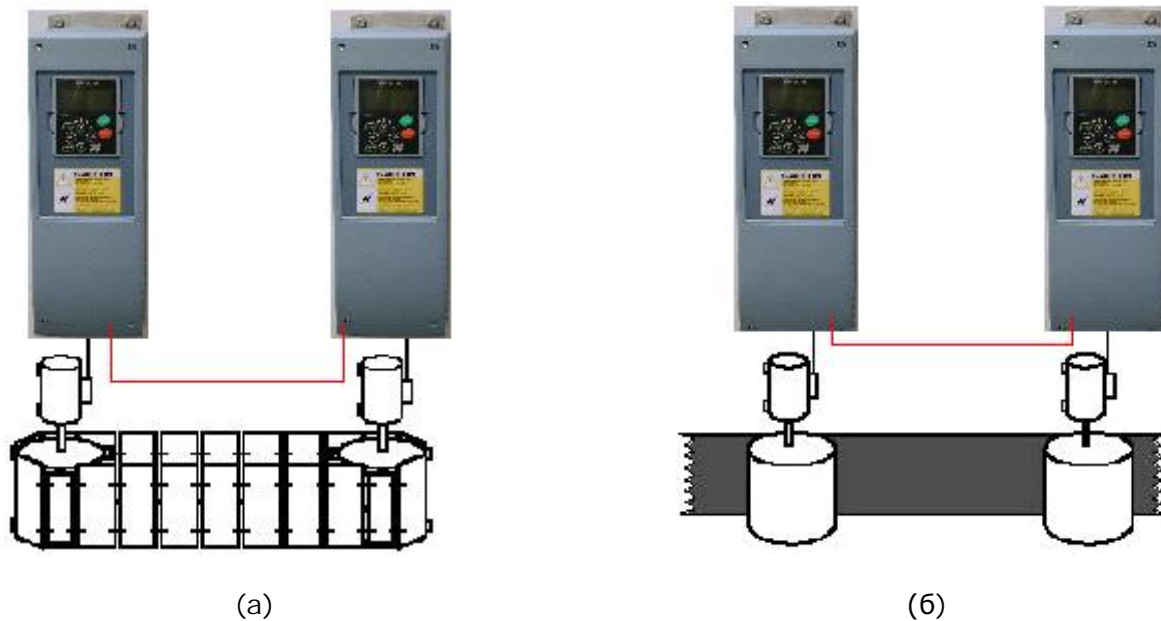


Рис. 11. Система «ведущий-ведомый».

## Аппаратные требования

Модуль управления – NXP.

Связь между ведущим и ведомым инвертором осуществляется по оптоволоконному кабелю SYS-M. Может быть выбрана длина кабеля 1, 2, 5 и 10 метров. Протокол обмена – внутренний (System Bus).

В ведущем и ведомом инверторах устанавливаются адаптеры System Bus – платы OPT-D1.

Для подключения датчиков положения валов двигателей используются специальные энкодерные платы. Тип плат зависит от типа датчика положения (абсолютный или инкрементальный энкодер, резольвер).

- абсолютный энкодер – платы
- инкрементальный энкодер
  - плата OPT-A4: 3 DI (энкодер RS422), Out +5 В /+15 В
  - плата OPT-A5: 3 DI (энкодер 10...24 В), Out +15 В /+24 В
  - плата OPT-A7: Double энкодер
  - плата OPT-AE: 3 DI (энкодер 10...24 В), Out +15 В /+24 В, 2DO (импульс +направление)
  - плата OPT-BB: ENDAT encoder card
- резольвер (СКВТ) – плата OPT-BC

На Рис. 12 показано соединение Ведущего ПЧ (слева) и Ведомых ПЧ по System Bus. Платы связи - OPT-D1 или OPT-D2.

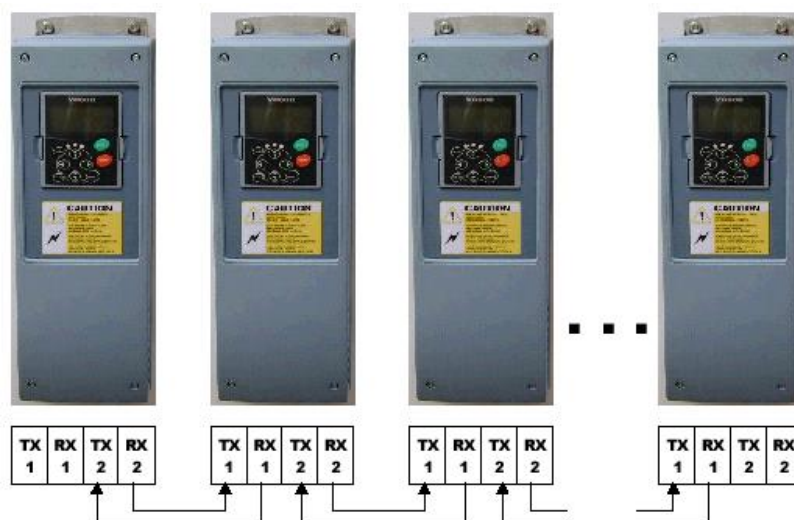


Рис. 12. Система «ведущий-ведомый». Соединение по System Bus.

## Функции

- ❑ Исключение обратного хода на наклонных конвейерах.
- ❑ **Управление моментом с гистерезисом по скорости.** Ведомый инвертор использует уставку момента, передаваемую ведущим инвертором, только в том случае, если скорость ведомого привода находится в заданном пользователем диапазоне («окне»). Таким образом, «окно скорости» является допустимой ошибкой (рассогласованием) между уставкой скорости и действительной скоростью.
- ❑ **Управление моментом с выбором максимальной и минимальной границ уставки момента.** Эта функция может использоваться, например, в наматывающих/ разматывающих устройствах, чтобы предотвратить разгон двигателя при разрыве полотна.

## 5.5. Макропрограмма «System interface» («Системный интерфейс»)

### Общее описание

Макропрограмма System Interface предназначена для высокоточных применений с управлением приводами, работающими согласованно, от контроллеров верхнего уровня. Типичные применения – многодвигательный (групповой) привод прокатных станков, буммашин и т.п.

### Функции

- ❑ Адаптивный контроллер скорости
- ❑ Компенсация инерции и колебаний
- ❑ Высокоскоростная связь между приводами (для функций master-follower)
- ❑ Работа с синхронными двигателями с постоянными магнитами
- ❑ Интегрированное управление механическим тормозом и вентилятором охлаждения двигателя
- ❑ Аварийный останов с программируемым временем торможения.

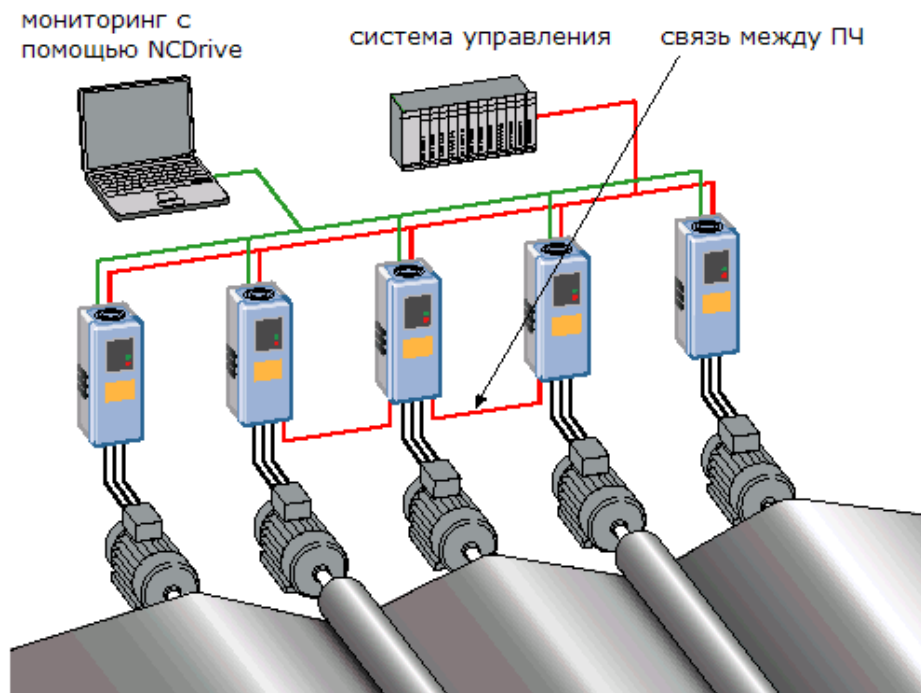


Рис. 13. Система группового привода.

## Аппаратные требования

Аналогично приложению «Ведущий-ведомый».

## 5.6. Макропрограмма «Advanced» («Передовая»)

### Общее описание

Макропрограмма, включающая разнообразные функции, в том числе ряд функций для привода конвейеров.

### Функции

Возможна реализация режима «Ведущий-ведомый»

## Аппаратные требования

Аналогично приложению «Ведущий-ведомый».



## 6. Задачи согласованной работы нескольких конвейеров

### 6.1. Классификация задач

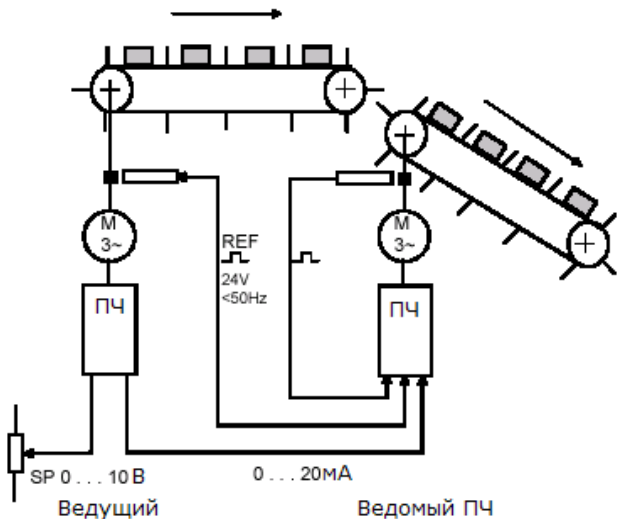


Рис. 14. Синхронизация двух конвейеров.

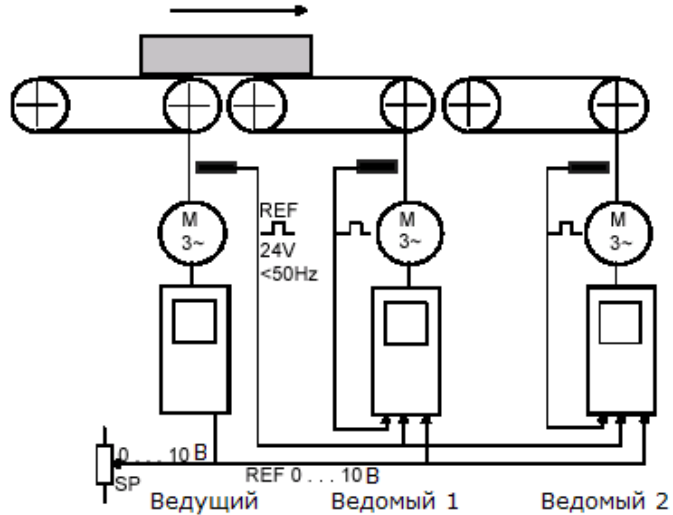


Рис. 15. Синхронизация полотна конвейеров.

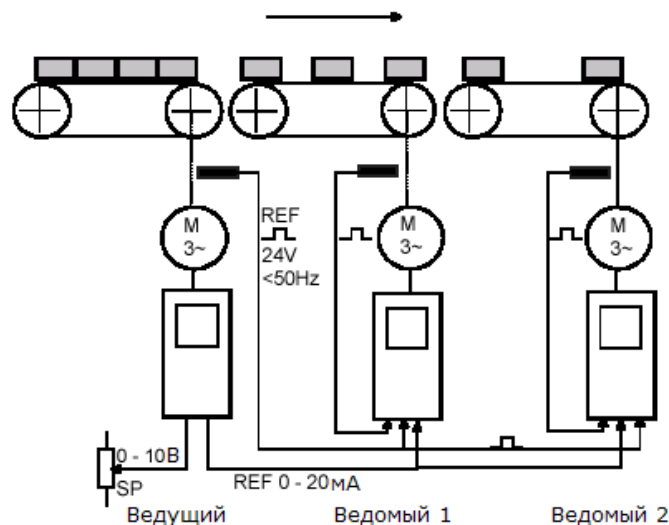


Рис. 16. Электрическая редукция: ленты конвейеров движутся с различными скоростями, соотношение скоростей постоянно.

### 6.2. Аппаратная реализация системы управления

Один из преобразователей частоты является ведущим, остальные – ведомыми. Все ПЧ следуют одной и той же уставке скорости, при этом ведомые ПЧ еще считают импульсы, поступающие от бесконтактных датчиков (датчиков зазора). Частота импульсов не должна превышать 50 Гц. Счет импульсов производится для корректировки скорости ( $\pm x\%$  от уставки частоты). Бесконтактный датчик (рис. 17) генерирует 1 импульс (24 В) на 1 оборот.

Точность работы системы  $\pm 2$  импульса при пуске/останове и  $\pm 1$  импульс при работе.



Тип модуля управления – NXS.

Дополнительные платы не требуются. Сигналы от бесконтактного датчика подаются на дискретные входы (DIN) платы NXOPT-A1.

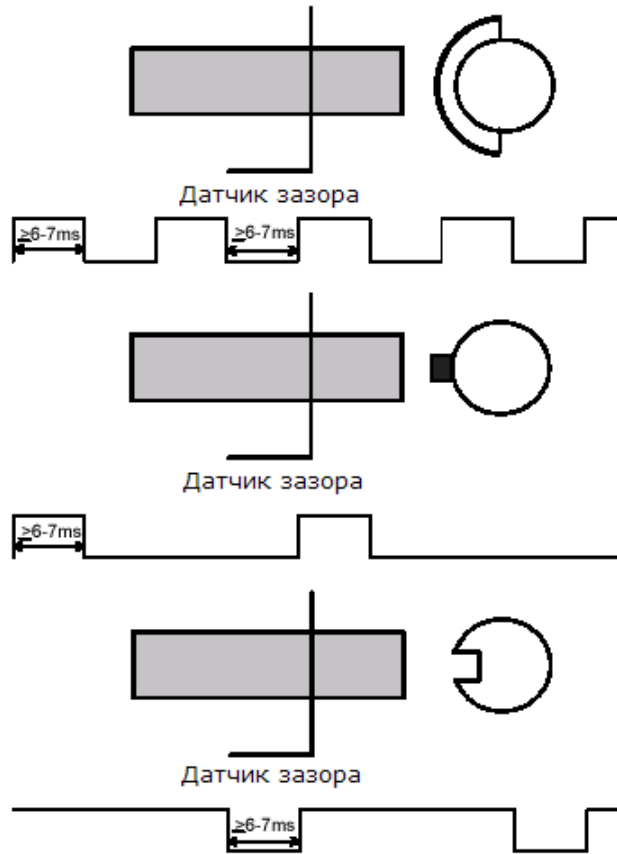


Рис. 17. Типы датчиков зазора и соответствующие сигналы.

### 6.3. Макропрограмма « Easy Synchronization » (« Простая синхронизация »)

Макропрограмма является расширенной версией Стандартной макропрограммы. Она предназначена для согласования движения двух и более конвейеров (Рис. 14, 15, 16).

Дополнительные функции:

- Программируемая логика пуска/останова и реверса
- Масштабирование уставки
- Отслеживание одного предела частоты
- S-образные кривые разгона
- Программируемые функции пуска и останова
- Торможение постоянным током при останове
- Один диапазон запрещенных частот
- Программируемая кривая U/f и частота ШИМ
- Автозапуск
- Температурная защита двигателя и защита от заклинивания.

## 7. Аппаратная реализация силовой части преобразователей частоты

Возможные варианты по типу охлаждения:

- Преобразователи частоты с воздушным охлаждением (NXL, NXS, NXP, NXC)
- Преобразователи частоты с жидкостным охлаждением (NXW)

См. соответствующие каталоги и руководства пользователя.