

4. Трехдвигательная система перемотки является самой сложной из рассматриваемых, но в ней мощностью размотки можно управлять за счет дополнительной мощности промежуточного барабана, причем мощность размотки и натяжения размотки могут быть больше мощности намотки и натяжения намотки. Мощность, потребляемая из сети, уменьшена за счет рекуперации энергии двигателем МЗ.

5. На основе энергетической теории дополнительно можно выполнить анализ поведения усилий натяжения, моментов и потребляемых токов для приведенных типов перемоточных устройств.

### ***Список литературы***

1. Селиванов И.А., Омельченко Е.Я. Электромеханические свойства асинхронных двигателей // Вестник. Магнитогорск: МГТУ.- 2011.- №3(35). -С. 35-38.

2. Омельченко Е.Я., Моисеев В.О. Исследование характеристик электропривода намоточного устройства агрегата бронзирования стальной проволоки: ФГБОУ ВПО «Магнитогорск. гос. техн. ун-т». – Магнитогорск, 2012. 8 с. – Деп. в ВИНТИ 21.03.2012, № 98-В2012.

3. Радионов А.А. Автоматизированный электропривод станков для производства стальной проволоки. – Магнитогорск ГОУ ВПО «МГТУ», 2007.-311 с.

УДК 621.3

## **РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ПО СИСТЕМЕ ПЧ-АД ДЛЯ СТАНОВ ТОНКОГО ВОЛОЧЕНИЯ СТАЛЬНОЙ ПРОВОЛОКИ**

***Е.Я.Омельченко, В.А.Бондаренко***

*ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Россия, г. Магнитогорск  
momentum2@yandex.ru, vva.bonda@gmail.com*

### ***Аннотация***

При реконструкции группового электропривода стана тонкого волочения UDZWGT 160/21 на индивидуальный электропривод по системе ПЧ-АД главного электропривода и намоточного устройства рассмотрены комплексные вопросы проектирования силовой электрической схемы, локальной сети и алгоритмов управления в зависимости от технологических требований к электроприводам.

***Ключевые слова:*** стан тонкого волочения, индивидуальный электро-

привод, преобразователь частоты, силовая схема, локальная схема, алгоритм управления.

## **ENGINEERING OF ELECTRIC DRIVES ON SYSTEM FREQUENCY CONVERTER - INDUCTION MOTOR FOR FINE DRAWING MACHINE**

*E.I.Omelchenko, V.A.Bondarenko*

*Nosov Magnitogorsk State Technical University*

*Russia, Magnitogorsk*

*momentum2@yandex.ru, bva.bonda@gmail.com*

### **Abstract**

During the reconstruction of the group electric drives fine drawing machine UDZWGT 160/21 on an individual electric drive system on the main frequency converter - induction motor and coiler considered complex design issues of power circuitry, network and control algorithms depending on the technological requirements of the electric drives.

**Key words:** fine drawing machine, individual electric drive, frequency converter, power circuitry, network, control algorithm.

### **Актуальность работы**

Проволочно-волочильные станы UDZWGT 160/21 разработаны и изготовлены фирмой «SKET» (г. Грюна, Германия) до 1990 г. и представляют собой станок для многократного волочения, работающий по принципу скольжения, с горизонтально-расположенными волочильными конусами и с охлаждением проволоки способом погружения. Волочильный стан (BC) приводится во вращение трехфазным асинхронным двигателем 37 кВт, 380 В с фазным ротором и реостатным регулированием скорости. Кинематическая схема стана выполнена по принципу группового электропривода. Намоточное устройство (НУ) приводится во вращение от основного двигателя через редуктор с регулируемым передаточным отношением. Привод укладчика вращается также от основного двигателя. Краткая характеристика оборудования волочильного стана 160/21 приведена в табл. 1.

*Таблица 1*

*Краткая характеристика волочильного стана UDZWGT 160/21*

<b>Наименование параметра</b>	<b>Волочильный стан UDZWGT 160/21</b>
Максимальный диаметр проволоки, мм	2,0

*Окончание табл. 1*

Диаметр готовой проволоки, мм	0,25-0,50
Скорость волочения, м/мин	450, 630, 900
Число волок	21
Номинальный диаметр приемной катушки, мм	160, 165, 190, 195, 200
Размеры катушки: диаметр флянца катушки; диаметр сердечника катушки; ширина намотки	160 мм; 63 мм; 95 мм
Номинальная мощность двигателя, кВт	37
Диаметр вытяжного барабана, мм	200
Вместимость ванны для эмульсии, л	700

Длительная эксплуатация подобных станов приводит к износу сложного механического оборудования, повышенному расходу электроэнергии, удорожанию ремонтов и снижению надежности работы агрегата в целом. Замена группового электропривода на индивидуальный по системе ПЧ-АД является актуальной научно-технической задачей, т.к. это приведет к снижению электрических потерь и отходов производства, повышению производительности и надежности работы агрегата в целом.

#### ***Основные проблемы и решения***

Работниками кафедры АЭПиМ МГТУ совместно с работниками ЗАО «Уралкорд» (г. Магнитогорск) выполнена реконструкция электрооборудования стана UDZWGT 160/21, в результате которой была проведена замена группового электропривода с реостатным регулированием на индивидуальные электроприводы по системе «преобразователь частоты – асинхронный двигатель».

Основной двигатель с фазным ротором 37 кВт заменен на асинхронный двигатель с к.з.р. 30 кВт. Он приводит во вращение тяговые шайбы и питается от преобразователя частоты с микропроцессорным управлением Commander SK-4401 37 кВт (Control Techniques, Англия).

Для наматывания готовой проволоки применено намоточное устройство SM 250, вращающееся от электродвигателя 4 кВт с питанием от преобразователя частоты Commander SKC-3400400 4 кВт. Кроме того, стан снабжен электроприводом укладчика мощностью 1,5 кВт.

В табл. 2 представлена краткая характеристика намоточного аппарата SM250.

Таблица 2

## Краткая характеристика намоточного аппарата SM250

Наименование параметра	Намоточный аппарат SM250
Диаметр наматываемой проволоки	0,25-0,5 мм
Раскладка проволоки	Ленточная
Шаг раскладки	0-2,5 мм/об, бесступенчатая
Скорость намотки	15 м/с
Максимальное число оборотов катушки	6000 об/мин
Привод раскладки проволоки	клиноременная передача

К автоматизированному электроприводу станов тонкого волочения предъявляются следующие требования [1]:

1. Точность поддержания заданной линейной скорости волочения в статических и динамических режимах с ошибкой не более 5 %.

2. Диапазон регулирования угловой скорости в направлении «Вперед» не менее 20:1.

3. Обеспечение линейного разгона и торможения с ограничением рывка.

4. Обеспечение скорости толчкового режима «вперед» до 30 % от номинальной.

5. Обеспечение рабочего торможения при снижении задания на скорость, при отключении кнопкой «стоп», при отключении датчиком «заданная длина намотки».

6. Обеспечение аварийного торможения с использованием разрядного сопротивления в цепи постоянного тока инвертора ВС.

7. Обеспечение раздельной и совместной работы с НУ.

8. Демпфирование упругих колебаний стальной проволоки в промежутке между ВС и НУ.

9. Формирование команды «Пуск» при совместном управлении после запуска насоса охлаждающей эмульсии, закрытия всех ограждений и создания натяжения проволоки НУ.

К автоматизированному электроприводу намоточных устройств стальной проволоки станов тонкого волочения предъявляются требования:

1. Точность поддержания натяжения (режим стабилизации момента) в установившихся и пуско-тормозных режимах не менее  $\pm 15$  % от заданного с использованием динамической компенсации натяжения.

2. Диапазон регулирования скорости (режим стабилизации скорости) с учетом 2 зоны регулирования не менее 40:1.

3. Обеспечение совместной и раздельной работы с ВС. При раз-

дельной работе - в режиме стабилизации угловой скорости. При совместной работе - в режиме стабилизации момента.

4. Обеспечение скорости толчкового режима «Вперед» до 30 % от номинальной при раздельном управлении.

5. Обеспечение режимов рабочего торможения за счет использования разрядного сопротивления в цепи постоянного тока инвертора НУ.

6. Обеспечение режимов аварийного торможения с наложением механического тормоза.

7. Обеспечение эффективного демпфирования упругих колебаний проволоки в промежутке между ВС и НУ.

8. Формирование команды «Пуск» при совместном управлении после запуска насоса охлаждающей эмульсии и закрытия всех ограждений.

При разработке индивидуальных электроприводов комплексно решались с учетом требований к электроприводу следующие задачи:

- разработка силовой электрической схемы с учетом минимальной стоимости;

- разработка локальной вычислительной сети для совместного управления главным электроприводом и намоточным устройством; - разработка алгоритмов управления электроприводов.

Силовая электрическая схема (рис. 1) включает в себя вводной автоматический выключатель QF1, трехфазные быстродействующие предохранители FU1 и FU2, токоограничивающие реакторы LR1 и LR2, два преобразователя частоты UF1 и UF2 типа Commander SK, включающие в себя диодные выпрямительные мосты UD и транзисторные инверторы напряжения UT, электродвигатель стана M1 и электродвигатель намоточного устройства M2. Для взаимной рекуперации энергии звенья постоянного напряжения преобразователей связаны предохранителями FU3 и FU4.

Преобразователи частоты Commander SK поддерживают последовательную связь по сети Profibus или по 2-проводному стандарту RS485 с разъемом RJ45 [2].

Для организации связи по Profibus в приводах Control Techniques необходимо наличие дополнительных модулей SM-Profibus. В SM-PROFIBUS-DP стоит 16-битный процессор, который поддерживает промышленную сетевую систему, заменяющую обычные системы проводной разводки, используя последовательную передачу данных до 64 величин (32 входных и 32 выходных циклических слов данных) со скоростью передачи от 9,6 кбит/с до 12 Мбит/с. Для надежной и безошибочной работы необходимо наличие нагрузочных резисторов на крайних элементах сети (рис. 2).

Необходимое слово управления формируется в контроллере и передается по PZD1-out (Pr. 6.42) в привод. Реакция привода отслеживается по слову состояния STW PZD1-in (Pr. 10.40), таким образом, формируется и контролируется логика управления.

Дополнительно канал последовательной связи позволяет использовать один или несколько приводов в системе, управляемой ведущим регулятором, например, программируемым логическим контроллером или компьютером. 2-х проводной канал последовательной связи в качестве аппаратного стандарта использует стандарт EIA485, также называемый RS485. Привод Commander SK оснащен отдельным стандартным полудуплексным интерфейсом EIA485, который позволяет по мере необходимости выполнять все операции по настройке, эксплуатации и контролю привода. Поэтому всей работой привода можно управлять только по интерфейсу EIA485 и не нужно прокладывать никаких других кабелей управления.

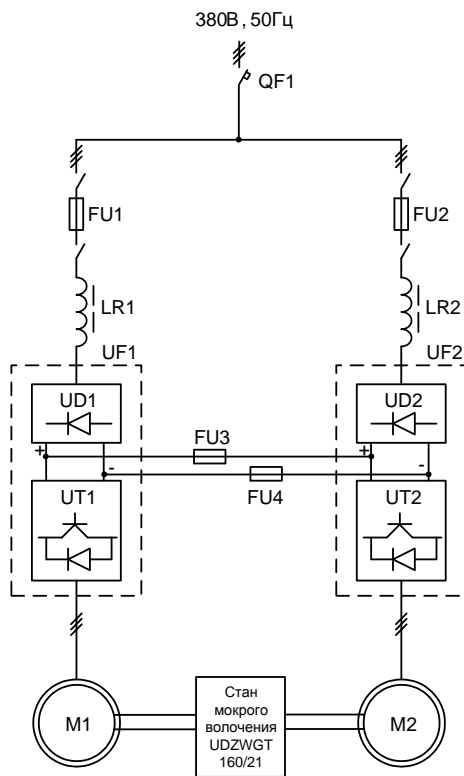


Рис. 1. Однолинейная электрическая схема электроприводов

Каждый приемопередатчик представляет для линии EIA485 две единичные нагрузки. Это означает, что к одному линейному буферу можно подключить группу из 16 приводов. Если использовать дополнительные линейные буферы, то ведущий регулятор может управлять работой до 124 приводов. Сеть должна иметь конфигурацию гирлянды, а не конфигурацию звезды.

Элементы управления волоочильным станом подключаются к входным/выходным клеммам периферийных ячеек программируемого логического контроллера. К входным клеммам преобразователей частоты достаточно подключить цепь управления тормозом НУ и термосопротивления  $t_1$  и  $t_2$ . Такое решение сокращает количество проводов, увеличивает надежность работы цепей управления, приводящее к снижению колебаний натяжения в электромеханической системе «волоочильный стан – намоточное устройство» за счет использования дополнительных программных средств, и улучшает общую диагностику электроприводов.

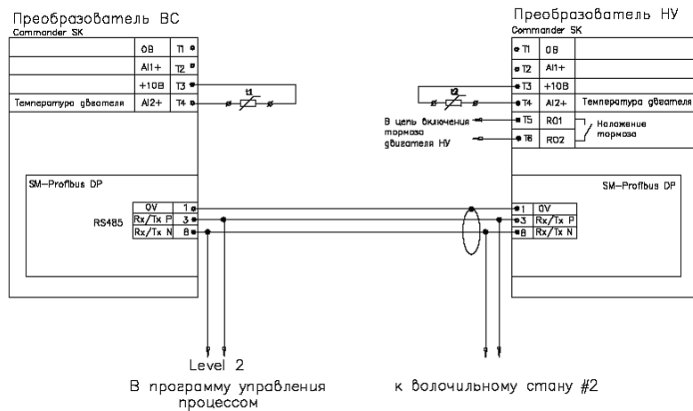


Рис.2 Принципиальная электрическая схема цепей управления преобразователей частоты Commander SK

Система регулирования НУ включает в себя датчик натяжения в виде маятника с противовесом и проволоочным потенциометром [3]. Алгоритм управления представлен в виде структурной схемы ПИД-регулятора (рис. 3), на входы которого поступают сигналы задания скорости главного привода  $U_{3C1}$ , задания положения маятника  $U_{3f}$  и сигнала положения маятника от потенциометра. На выходе ПИД-регулятора рассчитывается скорость задания НУ, которая связана с линейной скоростью катушки без учета динамической ошибки

работы НУ соотношением

$$U_{32} = \frac{V_3(t)i_H}{R_H(t)} K_{OC}.$$

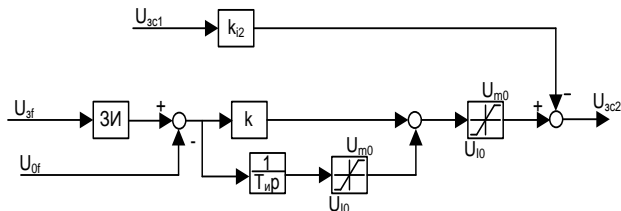


Рис. 3. Структура ПИД регулятора катушки с ограничением рабочей скорости

Приведенная структурная схема обеспечивает ограничение линейной скорости НУ при обрыве проволоки на уровне линейной скорости вытяжного барабана главного привода. Для этого ограничение интегральной составляющей регулятора настраивается на значения  $U_{m0}$  и  $U_{i0}$  (рис. 4), а ограниченные значения  $U_{3c2}$  лежат в пределах

$$U_{mm} = U_{m0} + U_{3c1} K_{12} \geq U_{3m},$$

$$U_{im} = U_{i0} + U_{3c1} K_{12} \leq U_{3i},$$

где  $U_{3m} = \frac{V_{3m} i_H}{R_{Hi}} K_{OC}$ ;  $U_{3i} = \frac{V_{3m} i_H}{R_{Hm}} K_{OC}$ .

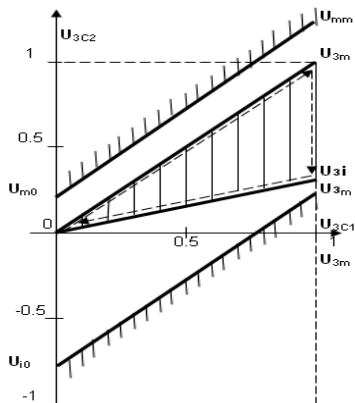


Рис. 4. Диаграмма настройки ограничений ПИД-регулятора



Пунктирной линией со стрелкой на рис. 4 показано изменение сигнала  $U_{3C2}$  в процессе работы НУ.

### **Выводы**

1. Силовая электрическая схема обеспечивает рекуперацию энергии для намоточного устройства в режиме интенсивного торможения.
2. Применение локальной вычислительной сети значительно упрощает цепи управления и повышает надежность работы системы электропривода.
3. Алгоритм работы ПИД-регулятора с учетом ограничений обеспечивает эффективное ограничение скорости вращения НУ при обрыве проволоки.

### **Список литературы**

1. Омельченко Е.Я., Радионов А.А., Бондаренко В.В. Намоточный аппарат стальной проволоки как объект регулирования // Электромеханика. Новочеркасск. – 2011.- № 4. С. 58-64.
2. Омельченко Е.Я., Моисеев В.О., Тележкин О.А. Тенденции развития автоматизированных электроприводов // Электротехнические системы и комплексы: Межвузовский сб. науч. тр. Вып. 20. Магнитогорск: ФГБОУ ВПО МГТУ. –2012. – С. 71-79.
3. Омельченко Е.Я., Радионов А.А., Бондаренко В.В. Исследование электромеханической системы намоточного аппарата проволоочно-волоочильного стана // Электротехнические системы и комплексы: Межвузовский сб. науч. тр. Вып. 18. Магнитогорск: ГОУ ВПО МГТУ. – 2010. – С. 9-27.

УДК 621.316.717

## **ВЫБОР ВРЕМЕНИ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ПРИ РЕАКТОРНОМ ПУСКЕ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ С ВЕНТИЛЯТОРНОЙ НАГРУЗКОЙ**

***М.В. Вечеркин, А.С. Сарваров, Е.В. Макарьева***

*ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический  
университет им. Г.И. Носова», Россия, г. Магнитогорск  
vecherkin@inbox.ru, anvar@magtu.ru, cojens@mail.ru*

### **Аннотация**

При реакторном пуске асинхронных двигателей выбор времени переключения на сеть во многом определяет степень снижения колеба-