

# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ РАЗМОТОЧНОГО АППАРАТА СТАНА ПО ПРОИЗВОДСТВУ СТАЛЬНОЙ АРМАТУРЫ

И.Р. Сафин<sup>1</sup>, С.И. Лукьянов<sup>2</sup>, О.С. Логунова<sup>2</sup>, Е.Э. Бодров<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ООО «Объединенная сервисная компания»;

<sup>2</sup> Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск

Одним из резервов повышения качества насечки на стальной арматуре является совершенствование систем управления электроприводами агрегатов стана по ее производству. В результате экспериментальных и теоретических исследований, проведенных на действующем стане ISF 5 ОАО «ММК-МЕТИЗ», установлено, что применяемая на стане система управления электроприводом размоточного аппарата не обеспечивает необходимого качества насечки на арматуре и требует совершенствования. Причиной неудовлетворительной работы существующей на стане ISF 5 системы управления электроприводом размоточного аппарата является ее неспособность стабилизировать натяжение в проволоке между размоточным аппаратом и роликовым правильным устройством при уменьшении радиуса смотки проволоки.

Для технологических условий производства арматуры на стане ISF 5 получено аналитическое выражение для расчета величины натяжения в проволоке между размоточным аппаратом и роликовым правильным устройством. Определены эмпирические и аналитические выражения для исследования влияния радиуса смотки проволоки на составляющие момента электропривода размоточного аппарата и усилий, формирующих натяжение в проволоке. Разработана методика расчета целесообразного изменения момента электродвигателя размоточного аппарата при изменении радиуса заполнения катушки проволоки с целью поддержания натяжения в проволоке между размоточным аппаратом и роликовым правильным устройством на заданном уровне. Разработаны функциональная схема системы управления электроприводом размоточного аппарата и алгоритм расчета задания на момент электродвигателя размоточного аппарата, реализация которых позволит на практике выполнить новые технологические требования к электроприводу размоточного аппарата. Разработанная система управления электроприводом размоточного аппарата позволит обеспечить поддержание натяжения в промежутке размоточный аппарат – роликовое правильное устройство на заданном уровне при изменении радиуса заполнения катушки проволокой, диаметра проволоки и других технологических условий изготовления арматуры и, как следствие, обеспечить требуемое значение глубины насечки арматурной проволоки.

*Ключевые слова:* арматурная проволока, глубина насечки, электропривод размоточного аппарата, система управления, алгоритм.

## Введение

Одним из новейших технологических решений по производству высокопрочной стабилизированной арматуры для железобетонных шпал является совмещение процессов нанесения насечки на проволоку и наноструктурирования поверхности арматурной проволоки на одном стане [1].

Нанесение насечки на проволоку выполняется в неприводной клетке профилирования 3 на участке профилирования стана (рис. 1). Качество глубины насечки прямо зависит от степени реализации технологических требований, предъявляемых к электроприводам размоточного аппарата 1, первого 6 и второго 7 кабестанов стана типа ISF 5, изготовленной итальянской фирмой Mario Frigerio S.p.a. [2].

Функционально электропривод размоточного аппарата в рабочем режиме производства арматуры формирует в проволоке натяжение  $F_p$  в промежутке размоточный аппарат 1 – роликовое правильное устройство 2. Электропривод второго кабестана 7 обеспечивает требуемую по технологии скорость обработки проволоки на стане (для диаметра проволоки  $d_1 = 5$  мм скорость обработки про-

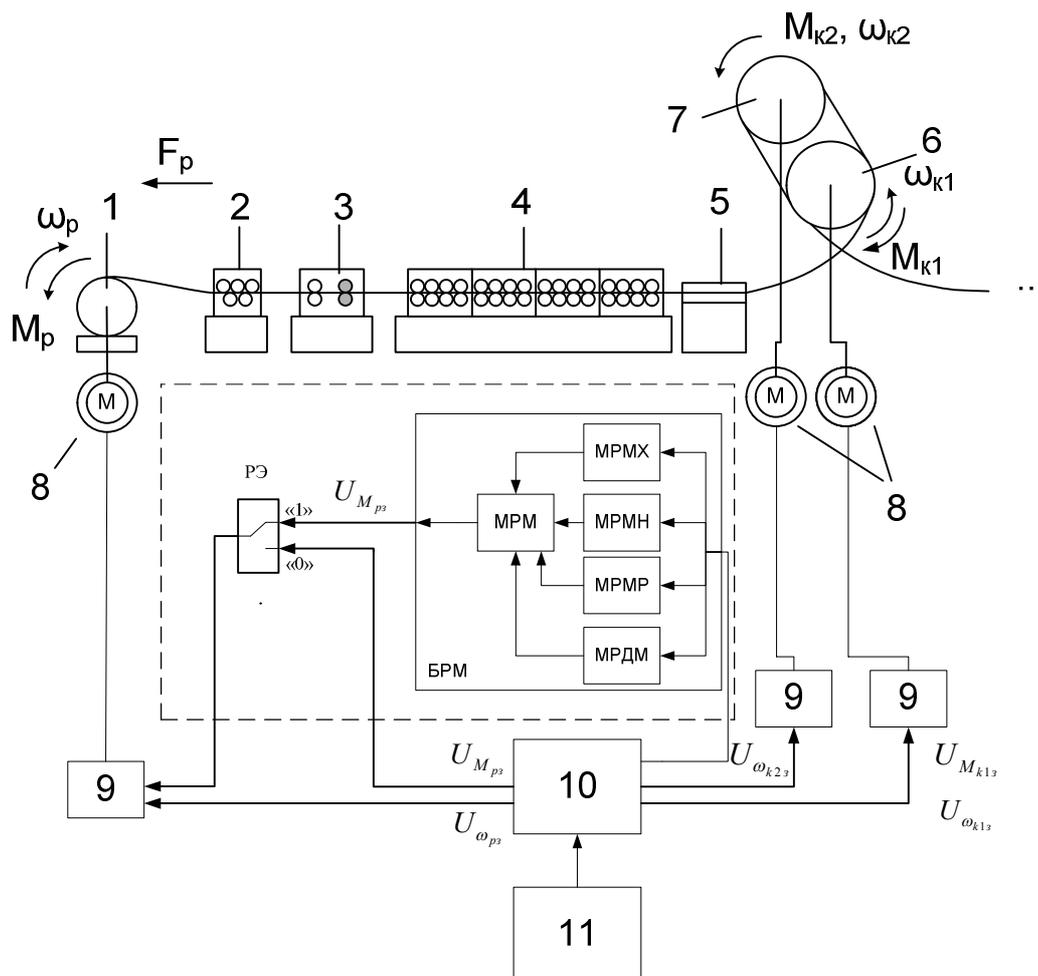
волоки составляет  $V_{l_{d1}} = 200$  м/мин, для  $d_2 = 9,6$  мм –  $V_{l_{d2}} = 70$  м/мин). Электропривод первого кабестана 6 обеспечивает необходимое по технологии натяжение между первым 6 и вторым 7 кабестанами в целях предотвращения проскальзывания проволоки на втором кабестане 7.

В результате экспериментальных и теоретических исследований влияния параметров работы электроприводов участка профилирования стана (см. рис. 1) ISF 5, установленного на ОАО «ММК-МЕТИЗ», на глубину насечки периодического профиля стальной арматуры было установлено:

– применяемая на действующем стане ISF 5 ОАО «ММК-МЕТИЗ» система управления электроприводами участка профилирования не обеспечивает требуемого качества насечки проволоки [4];

– изменение параметров работы электроприводов кабестанов 6, 7 не оказывает значимого влияния на изменение глубины насечки на арматуре;

– изменение величины момента на электродвигателе размоточного аппарата стана значимо влияет на изменение глубины насечки стальной арматуры [5];



**Рис. 1. Структурная схема системы управления электроприводами размоточного аппарата, первого и второго кабестанов стана ISF 5: 1 – размоточный аппарат; 2 – роликковое правильное устройство; 3 – клеть профилирования; 4 – роликковое рихтовальное устройство; 5 – промывочная ванна; 6 – первый кабестан; 7 – второй кабестан; 8 – электродвигатели; 9 – преобразователи частоты; 10 – логический контроллер Simatic S7 315-2DP; 11 – панель управления станом Siemens OP 270**

– в процессе изготовления арматуры происходит произвольное изменение натяжения  $F_p$  проволоки между размоточным аппаратом и роликковым правильным устройством при изменении радиуса  $R_k$  заполнения металлом катушки и диаметра  $d_n$  обрабатываемой проволоки, что приводит к изменению параметров насечки на проволоке [4];

– для технологических условий изготовления арматуры на стане ISF 5 ОАО «ММК-МЕТИЗ» определены интервалы допустимого изменения натяжения  $F_p$  между размоточным аппаратом и роликковым правильным устройством для обеспечения глубины насечки в пределах допусков, а именно: для диаметра  $d_1$  требуется поддерживать натяжение  $F_p$  в пределах от 610 до 720 Н; для диаметра  $d_2$  поддержание  $F_p$  в пределах от 261 до 620 Н [2];

– определены следующие дополнительные технологические требования к электроприводу размоточного аппарата:

1. В системе управления электроприводом размоточного аппарата должна быть предусмотрена возможность расчета величины требуемого по технологии натяжения между размоточным аппаратом и роликковым правильным устройством.

2. В системе управления электроприводом размоточного аппарата должна быть предусмотрена возможность целесообразного изменения момента электродвигателя размоточного аппарата в целях поддержания натяжения в проволоке между размоточным аппаратом и роликковым правильным устройством в пределах допустимых значений [2].

### Актуальность

Практическая реализация указанных новых технологических требований к электроприводу размоточного аппарата позволит улучшить качество насечки стальной арматуры для производства железнодорожных шпал в пределах допусков в

автоматическом режиме непосредственно в процессе ее изготовления.

### Постановка задачи

Поставлена задача разработки методики расчета целесообразного изменения момента электродвигателя размоточного аппарата, функциональной схемы и алгоритма системы управления электроприводом размоточного аппарата с учетом изменения радиуса смотки проволоки с катушки барабана, веса проволоки на катушке и диаметра обрабатываемой проволоки в целях стабилизации натяжения на входе в клеть профилирования.

### Технические и технологические исследования

В общем случае при условии неизменности линейной скорости  $V_l$  обработки проволоки на стане ISF 5 величину натяжения  $F_p$  проволоки между размоточным аппаратом и роликовым правильным устройством можно рассчитать по выражению

$$F_p = \frac{i_p(M_p + M_{xx} + M_g)}{R_k} + F_r, \quad (1)$$

где  $M_p$  – момент электродвигателя размоточного аппарата в рабочем режиме производства арматуры, Н·м;  $M_{xx}$  – момент холостого хода электропривода размоточного аппарата с установленной пустой катушкой, Н·м;  $M_g$  – момент сопротивления, обусловленный действием сил трения в опорах катушки от веса обрабатываемой проволоки, приведенный к валу электродвигателя размоточного аппарата, Н·м;  $F_r$  – усилие сопротивления разгибу проволоки на выходе размоточного аппарата, Н·м;  $i_p$  – эквивалентное передаточное число редуктора размоточного аппарата.

Следует отметить, что в процессе размотки проволоки с катушки происходит уменьшение веса  $P_{пров}$  проволоки и радиуса  $R_k$  заполнения проволокой катушки, что приводит к изменению величин момента  $M_g$  и усилия  $F_r$ . Кроме того, при условии неизменности линейной скорости  $V_l$  обработки проволоки на стане, изменение радиуса  $R_k$  приводит к увеличению угловой скорости вращения элементов электропривода размоточного аппарата и, как следствие, увеличению величины момента холостого хода  $M_{xx}$ .

Таким образом, решение технической задачи поддержания на неизменном уровне величины натяжения  $F_p$  (1) при изменении величины радиуса  $R_k$  заполнения проволокой катушки состоит в целесообразном изменении величины момента  $M_p$  электродвигателя размоточного аппарата в функции радиуса  $R_k$  согласно выражению

$$M_p(R_k) = \frac{(F_p - F_r(R_k))R_k - i_p \cdot M_{xx}(R_k) - i_p \cdot M_g(R_k)}{i_p}. \quad (2)$$

С целью определения значений моментов  $M_{xx}$ ,  $M_g$  и значимости их изменения при изменении угловой скорости вращения катушки размоточного аппарата на стане ISF 5 ОАО «ММК-МЕТИЗ» проведены экспериментальные исследования. В ходе эксперимента в различные интервалы времени с пустой и полной катушкой изменялась величина угловой скорости вращения  $\omega_p$  электродвигателя размоточного аппарата и фиксировались величины момента  $M_p$  электродвигателя на различных уровнях угловой скорости вращения. По данным эксперимента были построены графики (рис. 2).

В результате статистической обработки данных графиков (см. рис. 2) установлено:

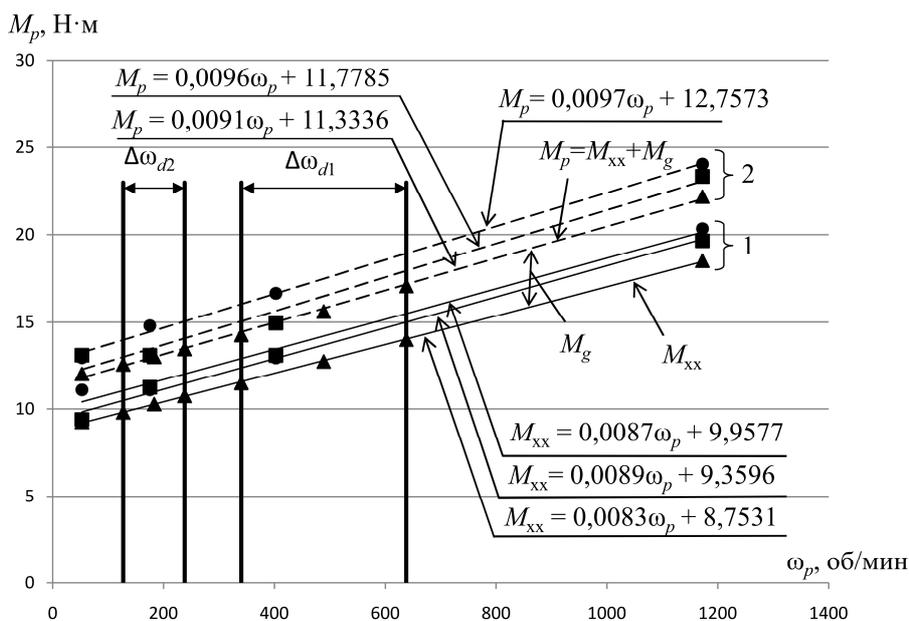


Рис. 2. Графики изменения момента холостого хода  $M_{xx}$  (1) с пустой и момента электродвигателя  $M_p$  (2) с полной катушкой в различные периоды времени:  
▲ – 10.10.2014; ● – 16.01.2014; ■ – 23.08.2014

– изменение моментов  $M_{xx}$  и  $M_p$  при изменении угловой скорости  $\omega_p$  вращения электродвигателя размоточного аппарата соответствует линейному закону изменения;

– графики зависимости  $M_{xx}$  и  $M_p$  в функции угловой скорости  $\omega_p$  электродвигателя размоточного аппарата, измеренные в различные интервалы времени, значимо отличаются между собой;

– в каждой группе графиков  $M_{xx}$  и  $M_p$  графики, измеренные в пределах интервала времени, равного одной неделе, практически совпадают;

– величина момента сопротивления  $M_g$ , рассчитанная по выражению

$$M_{g_i} = M_{p_i} - M_{xx_i}, \quad (3)$$

по данным графиков (см. рис. 2) практически остается неизменной как при изменении угловой скорости  $\omega_p$  электродвигателя размоточного аппарата, так и изменении фактора время, и составляет  $M_g = 2,6 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ;

– величина коэффициента  $A_1$  при переменной  $\omega_p$  в уравнении регрессии практически не изменяется, и составляет  $A_1 = 0,0085 \text{ Н} \cdot \text{м} \cdot \text{мин}/\text{об}$ .

На основании вышесказанного, с целью стабилизации натяжения  $F_p$  в проволоке между размоточным аппаратом и роликовым правильным устройством была разработана следующая методика расчета целесообразного изменения момента  $M_p$  электродвигателя размоточного аппарата при изменении радиуса заполнения катушки  $R_k$ :

1. В соответствии с диаметром  $d_n$  обрабатываемой проволоки в пределах интервалов допустимого изменения натяжения задается величина требуемого натяжения в проволоке между размоточным аппаратом и роликовым правильным устройством  $F_p$  [2].

2. Выполняется расчет величины радиуса заполнения проволокой катушки  $R_k$  по выражению [6]

$$R_k = \sqrt{R_{k_{нач}}^2 - \frac{d_n^3}{4b} \int_0^t V_l(t) dt}, \quad (4)$$

где  $R_{k_{нач}}$  – начальный радиус заполнения катушки проволокой, м;  $b$  – ширина катушки, м.

3. Выполняется расчет величины угловой скорости вращения электродвигателя размоточного аппарата по выражению

$$\omega_p = \frac{i_p V_l}{R_k}. \quad (5)$$

4. В начале каждого межремонтного периода (одна неделя) выполняется измерение момента холостого хода  $M_{xx}$  электропривода размоточного аппарата с пустой катушкой на произвольном уровне угловой скорости  $\omega_p$  электродвигателя размоточного аппарата. Выполняется расчет коэффициента  $A_0$  уравнения регрессии  $M_{xx} = A_0 + 0,0085 \omega_p$ . Расчет величины момента холостого хода  $M_{xx}$  выполняется по полученному уравнению регрессии.

5. Вес проволоки на катушке  $P_{пров}$  рассчитывается по выражению

$$P_{пров} = \pi k_{зап} b \rho_{пров} (R_k^2 - R_{k_0}^2), \quad (6)$$

где  $R_{k_0}$  – радиус пустой катушки, м;  $\rho_{пров}$  – удельный вес проволоки, Н/м;  $k_{зап}$  – коэффициент заполнения катушки проволокой.

6. Выполняется расчет величины момента сопротивления  $M_g$ , обусловленного действием сил трения в опорах катушки от веса обрабатываемой проволоки по выражению

$$M_g = P_{пров} f_{ц} R_{ц}, \quad (7)$$

где  $P_{пров}$  – вес проволоки на катушке, Н;  $f_{ц}$  – коэффициент трения в подшипниках цапфы крепления катушки;  $R_{ц}$  – радиус цапфы крепления катушки, м.

7. Выполняется усилия сопротивления разгибу проволоки на выходе размоточного аппарата [6]:

$$F_r = \frac{S_n}{R_k} \left( \frac{\sigma_T d_n}{4} - \frac{\sigma_T^3 R_k^2}{3 E_n^2 d_n} \right), \quad (8)$$

где  $S_n$  – площадь поперечного сечения проволоки, м<sup>2</sup>;  $\sigma_T$  – предел текучести проволоки-заготовки, Н/м<sup>2</sup>;  $E_n$  – модуль упругости Юнга, Н/м<sup>2</sup>.

8. Выполняется расчет величины требуемого момента на валу электродвигателя размоточного аппарата по выражению (2).

С учетом логики смены режимов на стане ISF 5 для технологических условий производства арматурной проволоки на ОАО «ММК-МЕТИЗ» разработан алгоритм управления электроприводом размоточного аппарата, реализующий расчет требуемой величины момента электродвигателя по мере смотки проволоки с катушки (рис. 3). В алгоритме в соответствии с указанной выше методикой осуществляется расчет составляющих выражения (2) и вывод управляющего сигнала задания на величину момента электродвигателя размоточного аппарата.

В заправочном режиме работы стана управление электроприводом размоточного аппарата осуществляется от штатной АСУ ТП. Переключение режимов осуществляется в существующей АСУ ТП путем переключения соответствующих маркеров.

Разработанный алгоритм (см. рис. 3) позволяет осуществлять управление электроприводом размоточного аппарата в рабочем режиме производства стальной арматуры. При этом размоточный аппарат работает в режиме автоматической стабилизации натяжения в проволоке между размоточным аппаратом и роликовым правильным устройством. Управление электроприводами кабестанов 6, 7 и остальных устройств стана ISF 5 осуществляется в штатном режиме по сигналам управления от АСУ ТП стана.

Алгоритм управления (см. рис. 3) электроприводом размоточного аппарата стана по производству арматуры предложено реализовать в существующем микропроцессорном контроллере Simatic S7 315-2DP. Данный алгоритм реализован в блоке БРМ системы управления электроприводом размоточного аппарата стана (см. рис. 1, пунктирная линия).

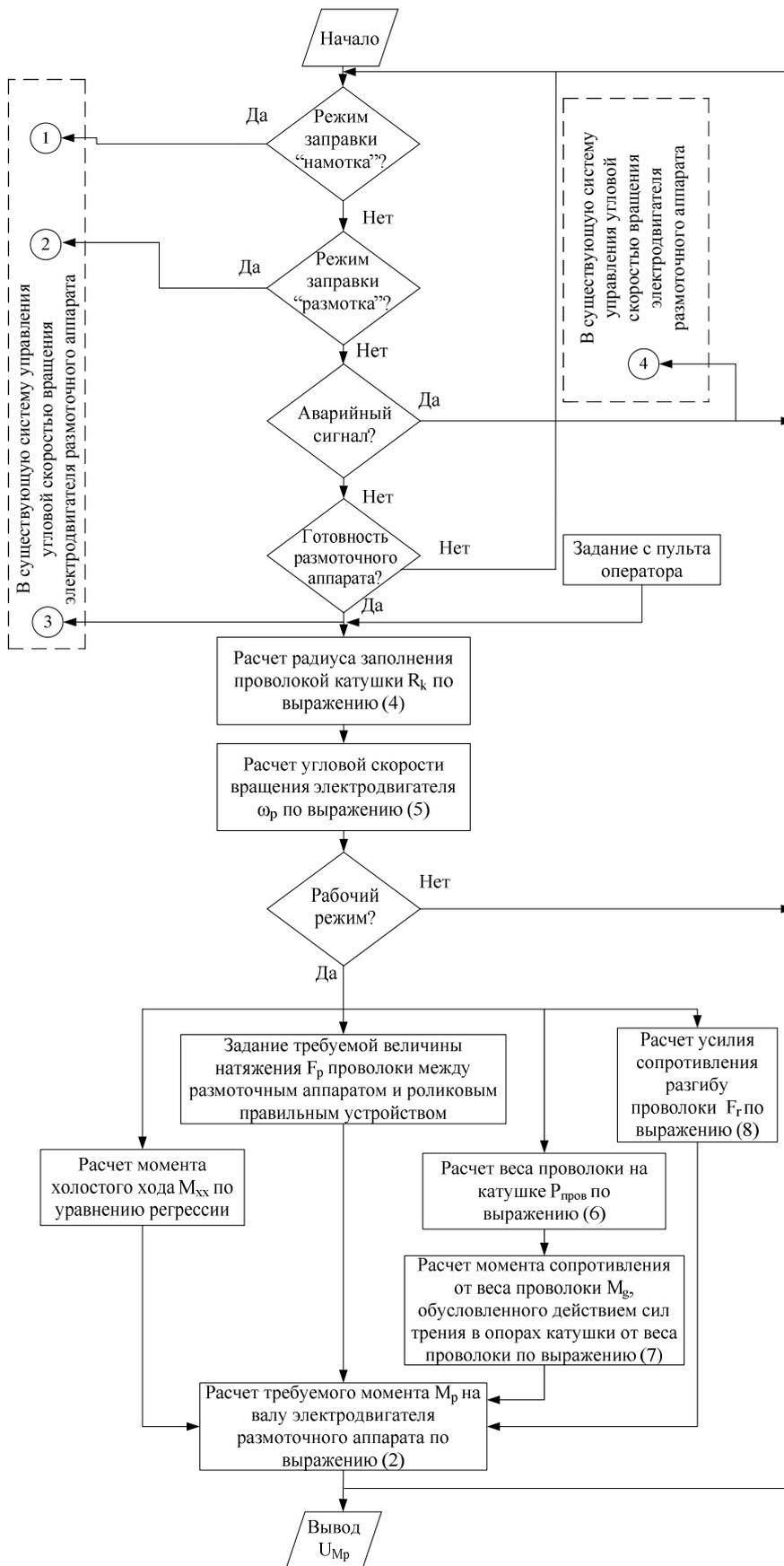


Рис. 3. Графическое представление алгоритма управления электродвигателем размоточного аппарата стана ISF 5

В рабочем режиме обработки проволоки на стане управление электроприводом размоточного аппарата производится от блока расчета момента БРМ (выходы релейного элемента РЭ включены в положение «1»). Диаметр проволоки, параметры правильного устройства и другие технологические условия производства арматуры вводятся оператором на панели управления станом Siemens OP 270.

При задании диаметра проволоки и технологических условий производства арматуры на панели оператора заданные значения передаются в модуль блока расчета момента БРМ. По разработанной методике в блоках МРМХ, МРМР, МРМН и МРМВ рассчитываются составляющие задания на момент электродвигателя размоточного аппарата. В модуле МРМ происходит расчет требуемого момента на валу электродвигателя размоточного аппарата согласно п. 8 разработанной методики [7].

### Заключение

Предложенная функциональная схема и алгоритм системы управления электроприводом размоточного аппарата позволяют поддерживать на заданном уровне натяжение в проволоке между размоточным аппаратом и роликовым правильным устройством путем изменения момента на электродвигателе размоточного аппарата при изменении радиуса заполнения катушки с целью обеспечения требуемого качества насечки арматурной проволоки.

### Литература

1. Лебедев, В.Н. Производство высокопрочной стабилизированной арматуры для железобетонных шпал нового поколения / В.Н. Лебедев,

А.Г. Корчунов, М.В. Чукин // *Металлург.* – 2011. – № 1. – С. 75–78. DOI: 10.1007/s11015-011-9391-9

2. Сафин, И.Р. Методика оценки влияния электропривода размоточного аппарата на качество периодического профиля стальной арматуры / И.Р. Сафин, С.И. Лукьянов, Е.Э. Бодров // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика».* – 2014. – Т. 14, № 3. – С. 71–78.

3. PCWIRELINEISF5: док. к обор. – *Italia: Mario Frigerio S.p.a., 2006.* – 166 с.

4. Сафин, И.Р. Система управления электроприводом размоточного аппарата стана по производству стальной арматуры / И.Р. Сафин, С.И. Лукьянов, Е.Э. Бодров // *Электротехнические системы и комплексы.* – 2014. – № 3 (24). – С. 17–23.

5. Сафин, И.Р. Разработка технологических требований к электроприводу размоточного аппарата линии по производству арматуры / И.Р. Сафин, С.И. Лукьянов, Е.Э. Бодров // *Труды VIII Международ. (XIX Всерос.) конф. по автоматизированному электроприводу.* – Саранск, 2014. – Т. 2. – С. 315–319.

6. Радионов, А.А. Автоматизированный электропривод станов для производства стальной проволоки: моногр. / А.А. Радионов. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова», 2007. – 311 с.

7. Сафин, И.Р. Алгоритм расчета задания на момент электропривода размоточного аппарата стана по производству стальной арматуры / И.Р. Сафин, С.И. Лукьянов, Е.Э. Бодров // *Энергетические и электротехнические системы: международ. сб. науч. тр. / под ред. С.И. Лукьянова, Н.В. Швидченко.* – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2014. – Вып. 1. – С. 8–10.

**Сафин Ильдар Рафкатович**, инженер, ООО «Объединенная сервисная компания», г. Магнитогорск; ildar.crz@yandex.ru.

**Лукьянов Сергей Иванович**, д-р техн. наук, профессор, кафедра «Электроника и микроэлектроника», Магнитогорский технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск; ieiac@mail.ru.

**Логунова Оксана Сергеевна**, д-р техн. наук, доцент, кафедра «Вычислительная техника и программирование», Магнитогорский технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск; logunova66@mail.ru.

**Бодров Евгений Эдуардович**, канд. техн. наук, доцент, кафедра «Электроника и микроэлектроника», Магнитогорский технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск; fortheartist@mail.ru.

Поступила в редакцию 18 февраля 2015 г.

DOI: 10.14529/power150210

## ENHANCING THE CONTROL SYSTEM OF PAYOFF MACHINE ELECTRIC DRIVE IN THE STEEL-REINFORCEMENT-PRODUCING ROLLING MILL

**I.R. Safin**, LLC “United Service Company”, Magnitogorsk, Russian Federation, ildar.crz@yandex.ru,  
**S.I. Lukyanov**, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russian Federation, ieiac@mail.ru,

**O.S. Logunova**, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russian Federation, logunova66@mail.ru,

**E.E. Bodrov**, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russian Federation, fortheartist@mail.ru

One of the reserves of steel reinforcement knurling improvement is enhancement of control system of electric drives in the machines of the reinforcement-producing rolling mills. Experimental and theoretical research carried out on the functioning mill ISF 5 OAO "MMK-METIZ" (OJSC) have showed that existing control system of payoff machine electric drive does not provide the required quality of the reinforcement knurling and needs to be enhanced. Unsatisfactory operation of the existing control system of ISF 5 payoff machine electric drive is associated with its disability to stabilize the wire tension between the payoff machine and leveling bridle machine when the radius of wire reeling is reduced.

For the process conditions of the reinforcement production on ISF 5 mill we obtained analytical expression for calculation of the wire tension between the payoff machine and leveling bridle machine. We also found empirical and analytical expressions for studies of the payoff machine electric drive torque components and tension-forming forces as influenced by the wire reeling radius. We designed procedure of calculating the appropriate change in the payoff machine electric drive torque at change in the coil filling radius to keep the predetermined wire tension between the payoff machine and leveling bridle machine. We developed functional diagram of the control system of payoff machine electric drive and algorithm of electric drive torque task calculation which should be introduced to meet new technological requirements for the payoff machine electric drive. The design control system of the payoff machine electric drive will provide stability of predetermined wire tension between the payoff machine and leveling bridle machine at change in the coil filling radius, wire diameter and other process conditions of the reinforcement production, and will therefore provide the required knurling depth of the reinforcing wire.

*Keywords: reinforcing wire, knurling depth, payoff machine electric drive, control system, algorithm.*

### References

1. Lebedev V.N., Korchunov A.G., Chukin M.V. [Production of the Stabilized High-Strength Fitting for Concrete Sleepers of New Age]. *Metallurg* [Metallurgist], 2011, no. 1, pp. 75–78. (in Russ.) DOI: 10.1007/s11015-011-9391-9
2. Safin I.R., Lukyanov S.I., Bodrov E.E. [The Evaluation of the Unwinding Apparatus' Electric Drive Influence to the Steel Fitting Periodic Profile Quality Definition Technique]. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Power Engineering*, 2014, vol. 3, pp 71–78. (in Russ.)
3. PC WIRE LINE ISF5. Italia, Mario Frigerio S.p.A, 2006. 166 p.
4. Safin I.R., Lukyanov S.I., Bodrov E.E. [System of the Pay Off Machine's Electric Drive of Mill for Manufacturing of Steel Reinforcement]. *Elektrotehnicheskie sistemy i komplekсы* [Electrotechnical Systems and Complexes], 2014, vol. 3 (24), pp. 17–23. (in Russ.)
5. Safin I.R., Lukyanov S.I., Bodrov E.E. [Development of the Process Requirements to the Pay Off Machine's Electric Drive at the Fitting Production Line]. *Trudy VIII Mezhdunar. (XIX Vseros.) konf. po avtomatizirovannomu elektroprivodu* [Proceedings of the VIII International (XIX All-Russian) Conference on the Automatic Electric Drive]. Saransk, 2014, vol. 2, pp. 315–319. (in Russ.)
6. Radionov A.A. *Avtomatizirovanny elektroprivod stanov dlya proizvodstva stal'noy provoloki* [Automated Electric Drive of the Steel Wire Production Lines]. Magnitogorsk, Nosov Magnitogorsk State Technical University Publ., 2007. 311 p.
7. Safin I.R., Lukyanov S.I., Bodrov E.E. [Torque Calculation Algorithm to the Pay off Machine's Electric Drive on the Steel Reinforcement Manufacturing Mill]. *Energeticheskie i elektrotehnicheskie sistemy* [Energy and Electrotechnical Systems], 2014, vol. 1, pp. 8–10. (in Russ.)

*Received 18 February 2015*

---

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ СТАТЬИ

Совершенствование системы управления электроприводом размоточного аппарата стана по производству стальной арматуры / И.Р. Сафин, С.И. Лукьянов, О.С. Логанова, Е.Э. Бодров // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». – 2015. – Т. 15, № 2. – С. 77–83. DOI: 10.14529/power150210

### REFERENCE TO ARTICLE

Safin I.R., Lukyanov S.I., Logunova O.S., Bodrov E.E. Enhancing the Control System of Payoff Machine Electric Drive in the Steel-Reinforcement-Producing Rolling Mill. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Power Engineering*, 2015, vol. 15, no. 2, pp. 77–83. (in Russ.) DOI: 10.14529/power150210