

## СТАБИЛИЗАЦИЯ НАТЯЖЕНИЯ НАМОТКИ В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ СТАНА ТОНКОГО ВОЛОЧЕНИЯ

**В.И. ЛУКОВНИКОВ, С.И. ЗАХАРЕНКО, Д.А. ХАБИБУЛЛИН,  
В.С. ЗАХАРЕНКО, В.А. САВЕЛЬЕВ**

*Учреждение образования «Гомельский государственный  
технический университет имени П.О. Сухого»,  
Республика Беларусь*

В процессе разработки опытного образца системы стабилизации натяжения проволоки РМЛ при намотке на волочильных станках СтПЦ-2 с ПМК РУП «Белорусский металлургический завод» г. Жлобин, принципиальным явилось требование создать систему стабилизации натяжения повышенной точности, но без радикальной перестройки существующей системы. Это потребовало осуществить несколько вариантов разработок и выбрать из них наилучший, в соответствии с поставленной задачей.

По принципу построения исходная система управления намоткой (рис. 1) являлась комбинированной, поскольку в ней использовалось регулирование по отклонению тока якоря электродвигателя  $M$  намотки, подчиненное регулированию по отклонению линейной скорости  $V$  наматываемой проволоки на участке между волочильным блоком и намоточным устройством, а также регулирование по возмущению от колебаний натяжения  $\Delta T$  проволоки.

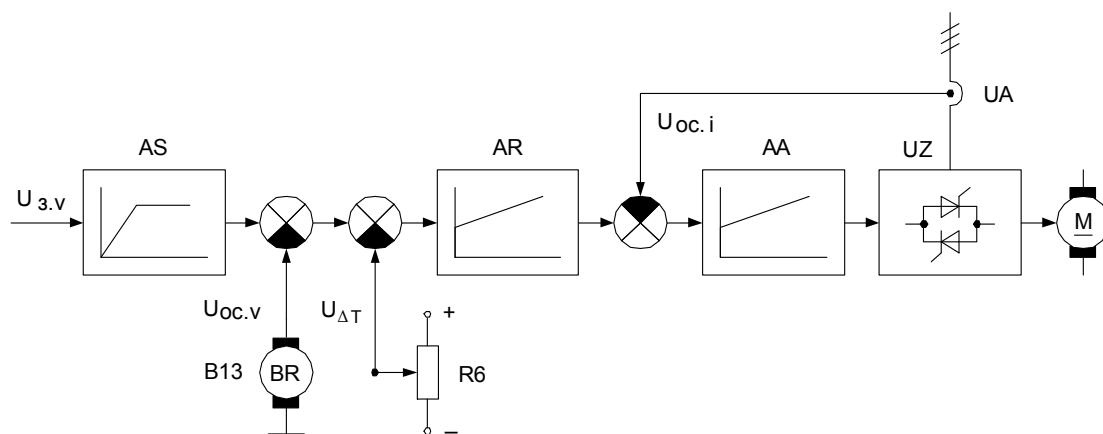


Рис. 1. Функциональная схема исходной системы стабилизации натяжения

Контур регулирования тока якоря состоял из ПИ-регулятора тока АА, управляющего тиристорным преобразователем UZ, питающим обмотку якоря электродвигателя  $M$  постоянного тока. Сигнал управления на выходе регулятора тока формировался в зависимости от рассогласования между сигналом задания на ток, поступающим от регулятора скорости, и сигналом обратной связи по току якоря  $U_{oc,i}$ , приходящим от датчика тока UA.

Контур регулирования линейной скорости наматываемой проволоки состоял из ПИ-регулятора скорости AR, вырабатывающего сигнал задания для контура регулирования тока якоря. Величина сигнала задания тока зависела от рассогласования между сигналом задания на скорость  $U_{3,v}$ , поступающим от датчика интенсивности AS волочильного

блока, и сигналом обратной связи  $U_{oc.v}$ , приходящим от тахогенератора BR (B13) измерительного ролика.

Кроме того, к сигналу рассогласования по скорости добавлялся корректирующий сигнал возмущения от колебаний натяжения проволоки  $U_{\Delta T}$ . Последний поступал с потенциометра R6 компенсационного рычага (балерины) с грузом G, задающего требуемое натяжение.

Основной технической идеей совершенствования существующей системы натяжения, принятой за основу в последующих исследованиях и разработках, явилась идея замены канала компенсации колебаний натяжения на контур стабилизации натяжения, то есть переход от регулирования по возмущению к регулированию по отклонению.

В этой связи первоначально была разработана двухзонная система стабилизации натяжения электропривода стана тонкого волочения с регулированием натяжения по цепи якоря, а скорости – по цепи возбуждения электродвигателя. Однако данная схема сразу была отклонена заказчиком как требующая радикальной перестройки электропривода стана. В дальнейшем внимание уделялось только однозонным системам стабилизации, воздействующим только на якорную цепь электродвигателя.

На рис. 2 представлен вариант функциональной схемы системы стабилизации натяжения, в которой исключен ПИ-регулятор скорости, но введен дополнительный контур регулирования натяжения. Он состоит из ПИ-регулятора натяжения AF, вырабатывающего дополнительно к сигналу рассогласования по скорости сигнал рассогласования между заданием на натяжение  $U_{з.т}$  и сигналом обратной связи  $U_{oc.т}$ , поступающего с датчика обратной связи по натяжению. Этот датчик был построен на основе потенциометра R6 путем замены его электропитания с двуполярного на однополярное.

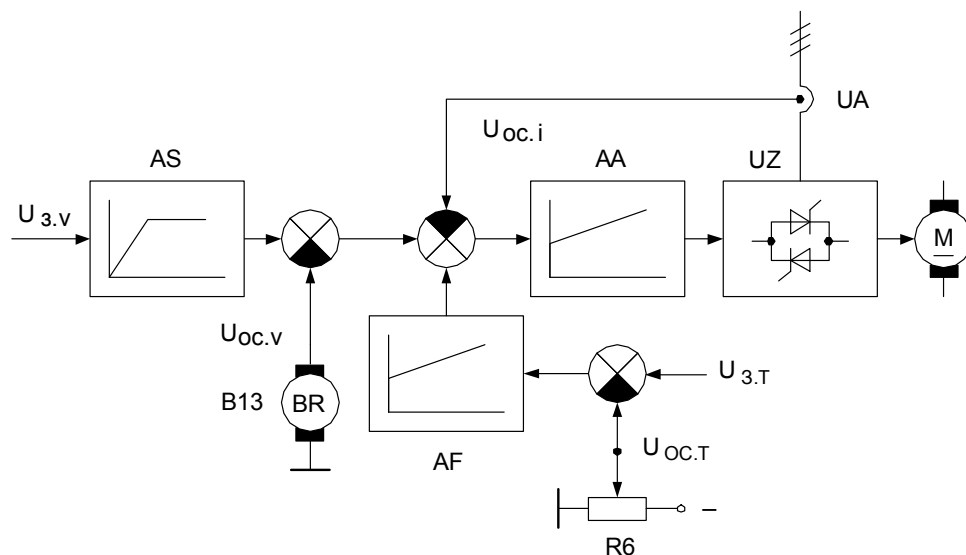


Рис. 2. Функциональная схема системы стабилизации натяжения с дополнительным контуром регулирования натяжения

На рис. 3 представлен вариант функциональной схемы системы стабилизации натяжения, в которой, в отличие от схемы на рис. 2, исключен контур регулирования скорости, а в контур регулирования натяжения включено нелинейное звено ALA. Последнее необходимо для компенсации нелинейности статической характеристики потенциометрического датчика натяжения R6. В схеме применен интегрирующий регулятор натяжения AF. Кроме того, использован внешний сигнал задания тока якоря  $U_{з.1}$ .

Экспериментальные исследования разработанных систем были проведены в заводских условиях на стане № 300 в СтПЦ-2 с ПМК, которые показали, что качество регулирования натяжения этих систем хуже, чем у исходной (см. рис. 1). Тем не менее, выяснилось, что

идея введения контура стабилизации натяжения верна, но необходим более качественный датчик натяжения. Кроме того, не следует исключать из системы контур регулирования скорости.

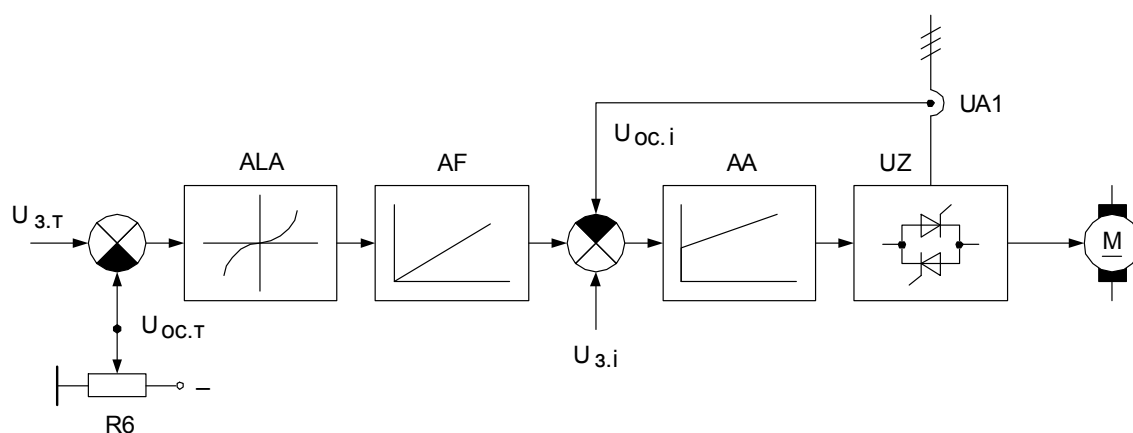


Рис. 3. Функциональная схема системы стабилизации натяжения с нелинейным звеном

С целью нахождения датчика натяжения, обладающего необходимой точностью, были проведены экспериментальные исследования рычажно-потенциометрического и фотоэлектрического датчиков натяжения. Исследования показали, что использование нелинейного блока для компенсации несимметрии и нелинейности статической характеристики рычажно-потенциометрического датчика существенно приближает его по точности к характеристикам фотоэлектрического датчика. А в таком случае существующая система стабилизации натяжения требует внесения минимальных изменений.

На рис. 4 представлена схема предложенной для внедрения системы стабилизации натяжения, в которой учтены все предыдущие разработки и результаты исследований. В этой системе используется только принцип регулирования по отклонению (принцип Ползунова-Уатта).

Контур регулирования тока якоря подчинен контуру регулирования линейной скорости наматываемой проволоки, как это и было в исходной схеме (см. рис. 1). Однако вместо канала компенсации введен контур стабилизации натяжения, который формирует сигнал задания тока якоря совместно с контуром стабилизации скорости.

Контур стабилизации натяжения состоит из П-регулятора  $A\varphi$  и нелинейного блока ALA, назначение которого состоит в компенсации нелинейности рычажно-потенциометрического датчика R6, установленного на компенсационном рычаге.

Сигнал задания натяжения  $U_{3.а}$  формируется потенциометром RP1 в соответствии с нейтральным положением компенсационного рычага при заданном натяжении  $T_{3АД}$  от груза G. Этот контур реализован в виде платы блока UA1, дополнительного к существующей системе.

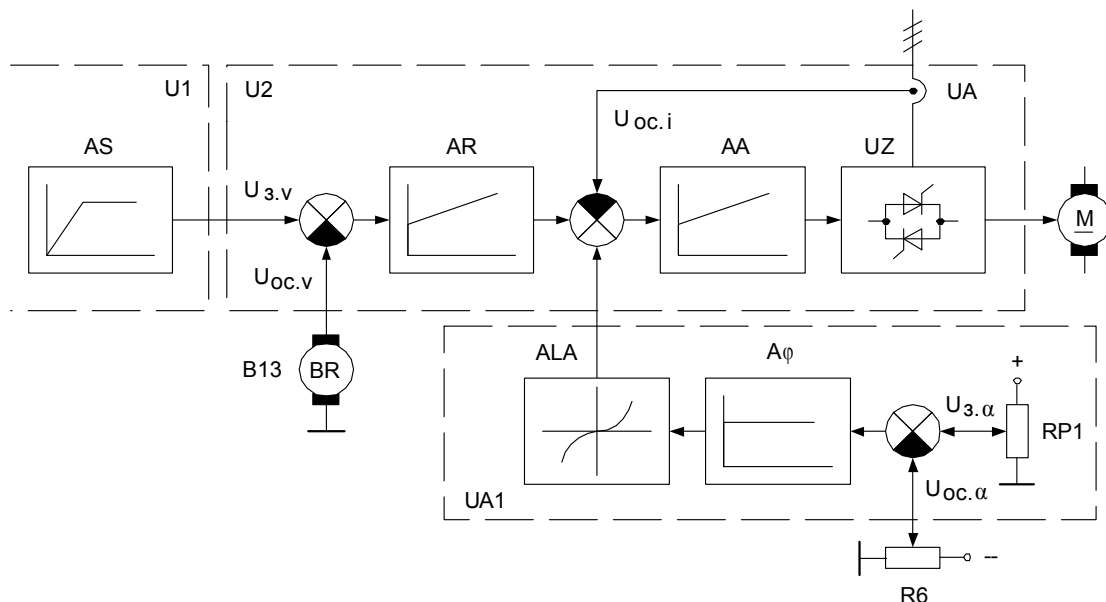


Рис. 4. Функциональная схема внедренной системы стабилизации натяжения

Изготовленное устройство было испытано на волочильном стане № 300 участка тонкого волочения СтПЦ-2. Контроль натяжения намотки производился установленным тензометрическим датчиком SHN M150S0173. Измерения проводились по двум вариантам:

- 1) при использовании стандартной системы управления приводом намотки;
- 2) при использовании предлагаемой системы управления приводом намотки с установкой дополнительного блока UA1.

По каждому из указанных вариантов была произведена контрольная намотка катушек проволоки РМЛ Ø 0,30 мм. В процессе работы стана снимали показания натяжения проволоки с тензометрического датчика в виде осциллограммы. Визуально контролировали отклонение балерины в момент запуска, останова и работы стана.

Из анализа осциллограмм, приведенного в таблице 1, видно, что при использовании предлагаемой системы управления величина относительного отклонения натяжения проволоки от среднего значения составила 6,7 %. Это значительно меньше величины относительного отклонения натяжения при использовании стандартной системы управления натяжением намотки проволоки, которая составила 16 %. В то же время, на осциллограммах имели место периодические всплески, что объясняется изменением хода укладчика проволоки.

Таблица

Анализ осциллограмм работы систем стабилизации натяжения

Вариант системы	Отклонение среднего значения уровня сигнала с датчика, пропорционального величине натяжения, В	Среднее значение уровня сигнала с датчика, В	Относительное отклонение величины натяжения, %
Исходный вариант	0,34-0,4	0,37	16,0
Предлагаемый вариант	0,43-0,46	0,445	6,7

При визуальном наблюдении установлено, что колебания балерины в момент запуска-останова стана при использовании предлагаемой системы составила 12–14°. При этом

балерина работала плавно, без рывков, в отличие от существующей системы, в которой отклонение балерины достигало 30–40° и сопровождалось рывками.

Таким образом, разработанная система стабилизации натяжения привода намотки показала свою работоспособность и преимущество перед существовавшей схемой управления.

*Получено 22.07.2004 г.*