

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НАМОТКОЙ ТКАНИ С ФАЗЗИ-РЕГУЛЯТОРОМ

*В.Ф. ГЛАЗУНОВ, М.А. СОЛОМАНИЧЕВ, А.А. РЕПИН*

(Ивановский государственный энергетический университет)

Анализ результатов, полученных при имитационном моделировании взаимосвязанного электропривода (ЭП) двухмашинного агрегата, позволил сделать вывод о возможности применения разработанного в [1] устройства для формирования рулона ткани с заданной плотностью.

Однако использование в модели ЭП сложного закона регулирования натяжения требует настройки коэффициентов интер-

полятора в зависимости от начальных условий, определяемых величиной радиуса намотки при пуске агрегата, что вносит определенную погрешность в сигнал управления натяжением ткани в процессе намотки и отклонению ее плотности от заданной. Устранить указанный недостаток позволяет применение математического аппарата теории нечетких множеств и фаззи-регуляторов [2].

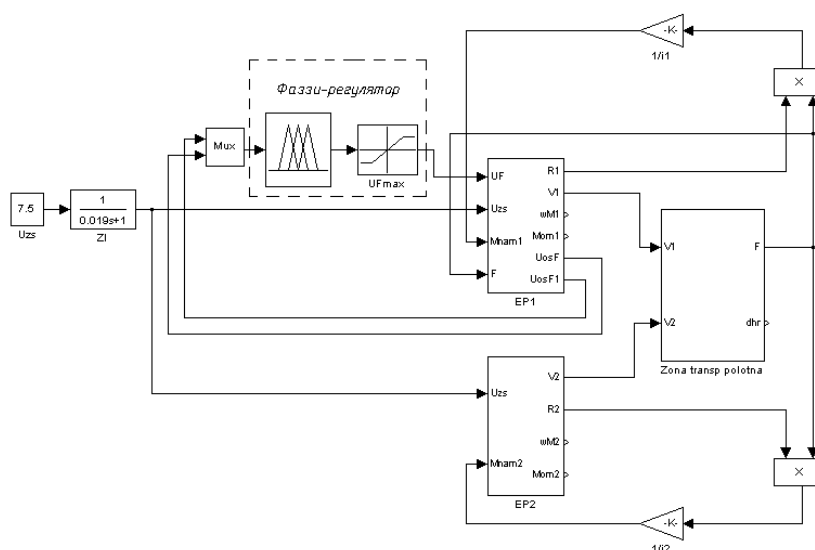


Рис. 1

На рис. 1 представлена структурная схема модели системы управления намот-

кой ткани с фаззи-регулятором. Здесь основные функциональные блоки имеют

следующие обозначения: EP1 – макроблок электропривода формируемого рулона; EP2 – макроблок электропривода, подающего ткань; Zona transp polotna – макроблок зоны транспортировки ткани;  $U_{ZS}$  – напряжение задания по скорости намотки ткани, В; ZI – блок задатчика интенсивности, обеспечивающего аperiодический процесс изменения скорости намотки при пуске агрегата. Математическая модель устройства стабилизации плотности намотки приведена в [1]. Макроблок зоны транспортировки ткани имеет структуру, аналогичную приведенной в [3].

Группа блоков, на базе которых построена модель фаззи-регулятора, выделена на рисунке штриховой линией. Модель включает в себя блок самого регулятора и элемент ограничения  $UF_{max}$  напряжения управления по натяжению ткани на его выходе. Алгоритм управления, заложенный в основу используемой модели фаззи-регулятора натяжения ткани, строится на использовании метода центра тяжести при фаззификации по принципу максимума функций принадлежности (ФП), имеющих треугольную форму [4].

Синтез такого регулятора сводится к выбору входных и выходных переменных, составлению свода правил, определяющих алгоритм его работы, и выбору оптимальных значений коэффициентов  $C_1, C_2, \dots, C_n$  для каждой переменной фаззи-регулятора методом перебора в процессе имитационного моделирования. Обычно свод правил имеет вид прямоугольной матрицы размера  $n \times n$  ( $n$  – число оптимальных коэффициентов для каждой переменной фаззи-регулятора) [2].

Для рассматриваемой математической модели системы управления намоткой ткани в качестве входных переменных фаззи-регулятора приняты величины разности между теоретическим и фактическим радиусами формируемого рулона  $\Delta R$  и сигнала обратной связи  $U_{osF}$  по натяжению ткани на выходе устройства стабилизации плотности намотки. Выбор этих переменных обусловлен влиянием натяжения на плотность формируемого рулона. За выходную переменную регулятора приня-

та величина напряжения управления по натяжению ткани  $UF$ , которое суммируется с напряжением задания по скорости намотки на входе макроблока EP2 ведущего электропривода.

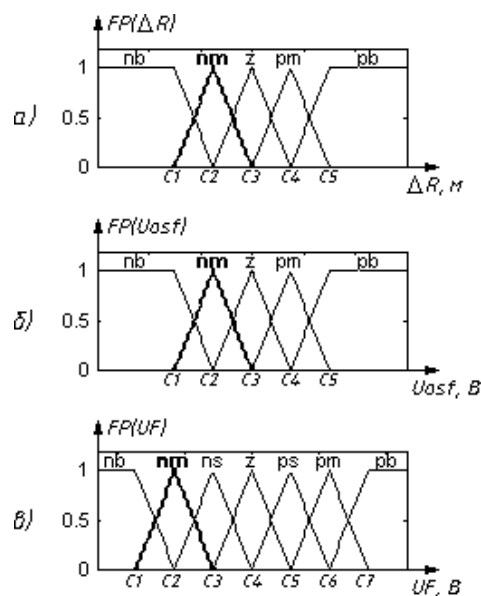


Рис. 2

При составлении свода правил для каждой входной переменной фаззи-регулятора натяжения ткани определены 5 терминов (состояний функций принадлежности (ФП) регулятора): NB – отрицательное большое, NM – отрицательное среднее, Z – нулевое, PM – положительное среднее, PB – положительное большое. Этим терминам соответствуют  $n=5$  значений оптимальных коэффициентов для каждой входной переменной регулятора. Для переменной  $\Delta R$  ( $U_{osF}$ ) значения коэффициентов выбраны в соответствии с [4]:  $C_1 = -0,075$  (-2,972);  $C_2 = -0,0375$  (-1,486);  $C_3 = 0$ ;  $C_4 = 0,0375$  (1,486);  $C_5 = 0,075$  (2,972). Для выходной переменной определены 7 терминов: NB – отрицательное большое, NM – отрицательное среднее, NS – отрицательное малое, Z – нулевое, PS – положительное малое, PM – положительное среднее, PB – положительное большое. Этим терминам соответствуют  $n=7$  значений оптимальных коэффициентов. Для переменной  $UF$  значения коэффициентов выбраны также в соответствии с [4]:  $C_1 = -0,1725$ ;  $C_2 = -0,115$ ;  $C_3 = -0,0575$ ;  $C_4 = 0$ ;  $C_5 = 0,0575$ ;  $C_6 = 0,115$ ;  $C_7 = 0,1725$ . Вид ФП для рас-

смаатриваемого фаззи-регулятора представлен на рис. 2 (а) – вид ФП для переменной  $\Delta R$ ; б) – вид ФП для переменной  $U_{osF}$ ; в) – вид ФП для переменной  $UF$ .

В соответствии с указанными выше терминами для всех переменных фаззи-регулятора на рис. 3 представлена матрица размером  $5 \times 5$ , в каждой клетке которой отражены состояния регулятора, определяемые терминами его выходной переменной  $UF$ , а также возможными состояниями системы регулирования натяжения ткани при намотке.

	NB	NM	Z	PM	PB
NB	PB	PB	PM	PM	Z
NM	PB	PS	PS	PS	Z
Z	PM	PS	Z 1	NS	NM
PM	PM	PS	NS	NS	NB
PB	Z	Z	NM	NB	NB

Рис. 3

При заполнении клеток матрицы за основу принят известный логический закон регулирования релейного типа, представляющий собой логическое условие устойчивости системы [4]. На рисунке выделены и пронумерованы группы клеток, соответствующие четырем различным состояниям системы, соответствующим регулированию выходной переменной  $UF$  фаззи-регулятора:

- если величина  $\Delta R = 0$  и натяжение ткани равно заданному, то управляющего воздействия подавать не требуется (переменная  $UF = 0$ ) (цифра 1 в центральной клетке матрицы);

- если знак переменной  $\Delta R$  противоположен знаку переменной  $U_{osF}$  и величины  $\Delta R$  и  $U_{osF}$  принадлежат к одинаковым терминам, то натяжение ткани быстро растёт до заданного значения и требуется подать, либо управляющее воздействие относительно малой величины, либо его подавать не требуется (группа диагональных клеток матрицы, обозначенная цифрой 2);

- если  $\Delta R > 0$  и величина натяжения ткани меньше заданного значения, то требуется подать отрицательное управляющее

воздействие по натяжению (группа клеток матрицы, обозначенная цифрой 3);

- если  $\Delta R < 0$  и величина натяжения ткани больше заданного значения, то требуется подать положительное управляющее воздействие по натяжению (группа клеток матрицы, обозначенная цифрой 4).

Следует отметить, что использование в модели системы управления намоткой ткани (рис. 1) только одного фаззи-регулятора может оказаться недостаточным для реализации необходимого закона регулирования ее натяжения. Причиной этого является отсутствие в своде правил работы регулятора зоны, в которой величина  $\Delta R$  еще “велика”, а величина напряжения обратной связи по натяжению  $U_{osF} \approx 0$ . В этом случае требуется наличие второго (дополнительного) фаззи-регулятора, свод правил для которого определяется указанной зоной. Для рассматриваемой модели системы электропривода свод правил (матрица) представлен для эквивалентного фаззи-регулятора, управляющее воздействие на выходе которого определяется по принципу максимума из значений, поступающих с выхода основного и дополнительного регуляторов.

В процессе моделирования установлено существенное влияние на работу фаззи-регулятора натяжения ключевого элемента [1], на выходе которого в течение одного оборота рулона формируются управляющие импульсы, следующие друг за другом с высокой частотой. При этом входные переменные фаззи-регулятора быстро изменяются во времени, что нарушает его работу. С целью устранения этого недостатка в модель устройства стабилизации плотности намотки введен блок переключения Switch, выделенный на рис. 4 штриховой линией, сигнала обратной связи по входной переменной  $\Delta R$  регулятора. На выходе данного блока сигнал обратной связи равен величине  $\Delta R$  в моменты времени, когда с выхода ключевого элемента импульсы не поступают, и равен по абсолютной величине текущему значению радиуса намотки  $R_1$  в моменты времени, когда формируется последовательность импульсов.

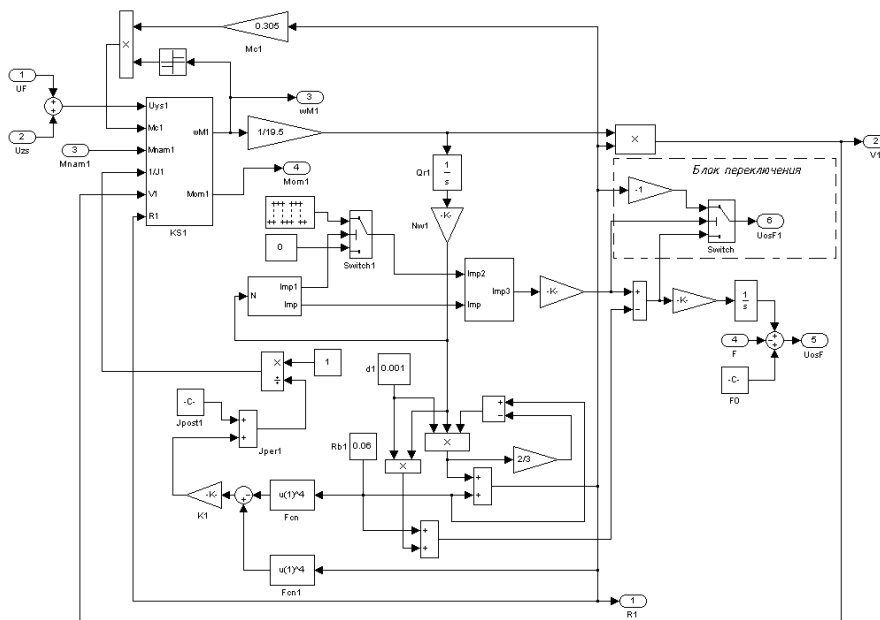


Рис. 4

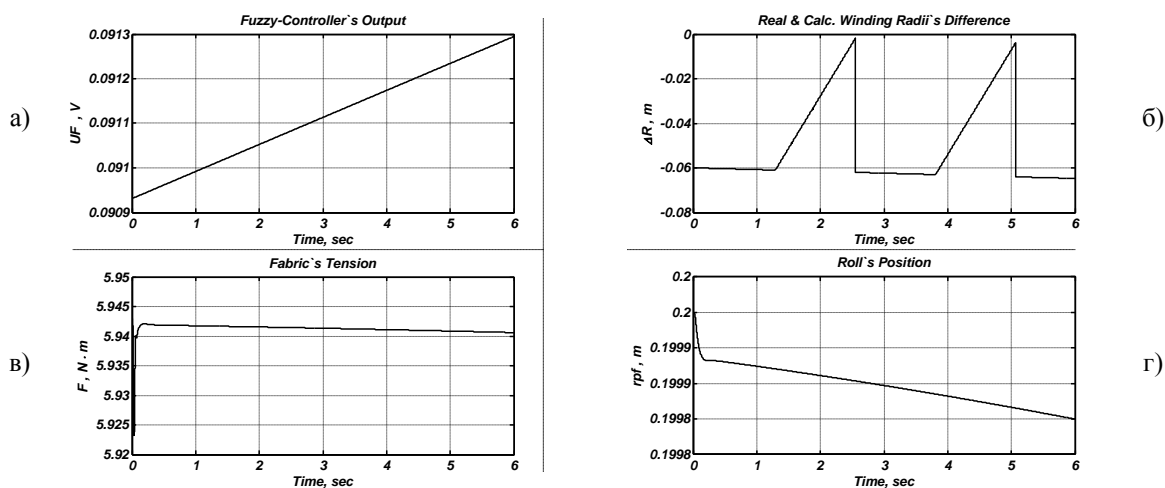


Рис. 5

На рис. 5 приведены графики переходных процессов напряжения управления на выходе фаззи-регулятора (рис. 5-а), натяжения ткани (рис. 5-б), разности фактического и теоретического радиусов рулона  $\Delta R$  в процессе намотки ткани (рис. 5-в), а также положения ролика петлеобразователя (рис. 5-г), полученные при скорости намотки 0,3 м/с за период двух оборотов рулона и параметрах математической модели, представленных в [3].

Анализ представленных зависимостей показывает, что в системе управления намоткой ткани с фаззи-регулятором и дополнительным блоком переключения сигнала обратной связи по входной пере-

менной  $\Delta R$  за время полного оборота рулона значение ошибки  $\Delta R$  меньше, чем в системе, рассмотренной в [1]. При этом обеспечивается монотонный характер напряжения управления на выходе фаззи-регулятора и натяжения наматываемой ткани.

## ВЫВОДЫ

Разработана математическая модель системы управления намоткой ткани с фаззи-регулятором ее натяжения, реализующего способ стабилизации плотности намотки в функции измеряемого и расчетного радиусов рулона.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Глазунов В. Ф., Соломаничев М. А. Моделирование устройства стабилизации плотности намотки ткани //Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, №4. С.82...85.

2. Терехов В.М., Владимиров Е.С. Некоторые аспекты применения фаззи-управления в электроприводах.// Электричество. – 1999, № 9. С.34...38.

3. Глазунов В. Ф., Соломаничев М. А. Моделирование аналоговой системы управления намоткой с учетом изменения радиуса рулона //Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, №1.С.104...108.

4. Терехов В.М. Алгоритмы фаззи-регуляторов в электротехнических системах // Электричество. – 2001, № 12. С.55...63.

Рекомендована кафедрой электропривода и автоматизации промышленных установок. Поступила 29.09.08.

---