

## МОДЕЛЬ ОБМОТОЧНОЙ МАШИНЫ КАК ОБЪЕКТА ЦИФРОВОГО РОБАСТНОГО УПРАВЛЕНИЯ

**Постановка проблемы, связь с научными и практическими задачами.** Обмоточная машина как объект управления натяжением обмоточной ленты и скоростью вращения приводного механизма является нестационарным объектом, параметры которого изменяются в широких пределах в процессе работы [1]. Наиболее существенное изменение параметров обмоточной машины происходит по мере выработки обмоточной ленты с кружка в процессе обмотки кабелей.

**Анализ последних достижений и публикаций по данной проблеме.** Применение оптимальных по квадратичным критериям качества регуляторов для регулирования скорости вращения приводного механизма и натяжения обмоточных лент обмоточных машин позволяет получать высокие показатели качества процесса регулирования для достаточно сложных моделей обмоточных машин как объектов управления [1]. При изменении параметров  $a$ , возможно, и структуры математической модели объекта управления естественно изменяются параметры и структура оптимального регулятора и оптимального наблюдателя. Для упрощения технической реализации такой системы управления целесообразно параметры оптимального регулятора и оптимального наблюдателя не менять, а настроить их на один наиболее характерный режим работы системы.

**Цель статьи.** Целью данной статьи является построение математической модели обмоточной машины как объекта системы робастного управления скоростью вращения приводного механизма и натяжения обмоточных лент. Задачей статьи является исследование динамических характеристик математической модели обмоточной машины как объекта системы робастного управления скоростью вращения приводного механизма и натяжения обмоточных лент.

**Основное содержание и результаты работы.** Рост выпуска кабельной продукции, повышение ее качества и создание новых типов кабелей обуславливает решение задач усовершенствования обмоточных машин и повышения их технических характеристик. Это, прежде всего, касается повышения точности регулирования скорости обмоточных машин и натяжения обмоточных лент. В большинстве обмоточных машин используются чисто механические регуляторы натяжения обмоточной ленты, которые не обеспечивают необходимого качества поддержания заданного натяжения. Регуляторы натяжения обмоточной ленты с электромеханическим приводом тормозного механизма обеспечивают более высокие показатели качества по сравнению с чисто механическими регуляторами. В связи с этим в статье рассмотрены вопросы построения математической модели обмоточных машин, в которых необходимо одновременно поддерживать натяжение обмоточной ленты и скорость вращения обмотчика. Для регулирования этих переменных имеются два исполнительных устройства – привод тормозного устройства для регулирования натяжения обмоточной ленты и привод обмотчика для регулирования скорости вращения обмотчика. Причем, в системе имеется взаимная связь между этими каналами через обмотчик как объект управления.

Введем вектор состояния  $\bar{x}(t)$ , компонентами которого являются скорость приводного двигателя  $V_d(t)$ , сила упругости  $F_y(t)$ , скорость приводного механизма  $V_n(t)$ , скорость изменения силы тормозного механизма  $V_r(t)$ , сила тормозного механизма  $F_r(t)$ , скорость схода ленты с кружка  $V(t)$  и натяжение  $S(t)$ :

$$\bar{x}(t) = [V_d(t), F_y(t), V_n(t), V_r(t), F_r(t), V(t), S(t)]^T$$

Введем вектор управления  $\bar{u}(t)$ , компонентами которого являются сила приводного двигателя  $F_d(t)$  и напряжение на тормозном двигателе  $U_r(t)$ :

$$\bar{u}(t) = [F_d(t), U_r(t)]^T$$

Тогда в уравнении состояния системы

$$\frac{d\bar{x}(t)}{dt} = A\bar{x}(t) + B\bar{u}(t),$$

матрицы состояния А и управления В примут следующий вид:

$$A = \begin{vmatrix} -\frac{\beta_m}{m_d} & -\frac{1}{m_d} & \frac{\beta_m}{m_d} & & & \\ C & & -C & & & \\ \frac{\beta_m R_n^2}{l_n} & \frac{R_n^2}{l_n} & \frac{\beta_m R_n^2 - \beta_n}{l_n} & & -\frac{\lambda_n^2}{l_n} & \\ l_n & l_n & l_n & -k_5 & -k_6 & \\ & & & 1 & & \\ & & & & -\frac{R^2}{l} & -\frac{\beta}{l} & \frac{r^2}{l} \\ & & & & & -C_s & \\ & & C_s & & & & \end{vmatrix}; B = \begin{vmatrix} \frac{1}{m_d} \\ k_4 \\ & \vdots \\ & \vdots \end{vmatrix}$$

При управлении обмоточной машиной с помощью ЭВМ по исходной непрерывной модели обмоточной машины получим её дискретный аналог.

$$\tilde{X}(k+1) = A_d \tilde{X}(k) + B_d u(k)$$

$$\text{где } A_d = e^{AT} = T + AT + \frac{A^2 T^2}{2!} + \dots + \frac{A^n T^n}{n!}$$

$$B_d = BT + B \frac{AT^2}{2!} + \dots + B \frac{A^{n-1}T^n}{n!}$$

T-период дискретности работы ЭВМ.

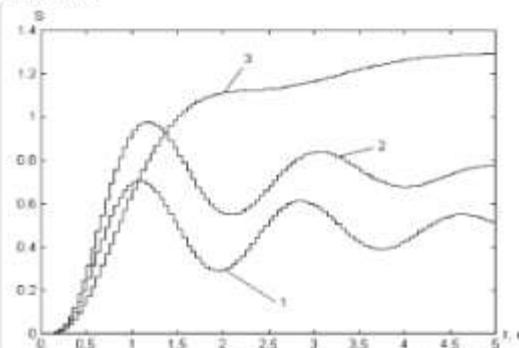


Рис.1. Переходные процессы натяжения полосы в бронеобмотчике ВА2 – 2/700 по заданию на тормозной механизм для трех радиусов размотки: 1-начального; 2-среднего; 3-конечного

По полученной математической модели обмоточной машины как объекта управления с изменяющимися параметрами могут быть получены различные виды обобщенного объекта управления, используемого при синтезе робастного управления. Наиболее широкое распространение получили 3 вида описания возмущения объекта управления. При описании неопределенности объекта управления в виде аддитивной линейной возмущающей добавки к модели обмоточной машины, заданной для номинального режима работы, что соответствует среднему радиусу размотки. При этом соответствующая добавка может быть получена путем линейной аппроксимации отклонения параметров матрицы состояния и управления от номинального режима. При описании изменения параметров объекта управления в виде мультипликативной неопределенности объекта необходимо выполнить аппроксимацию соответствующей добавки к передаточной функции исходной системы в номинальном режиме для начального и конечного радиусов размотки. При задании неопределенности объекта в виде аддитивных взаимно простых добавок необходимо к матричной передаточной функции объекта управления в номинальном режиме прибавить отклонение матричной передаточной функции объекта через компоненты взаимно обратной факторизации.

**Результаты моделирования.** Моделирование на ЭВМ показало, что переходные процессы существенно зависят от радиуса кружка с лентой. В качестве примера на рис. 1. показаны переходные процессы натяжения полосы в бронеобмотчике ВА2 – 2/700 по заданию на тормозной механизм для трех радиусов размотки: 1-начального; 2-среднего; 3-конечного.

**Выводы из проведенного исследования, перспективы этого направления.** Таким образом, в работе разработана математическая модель обмоточной машины как объекта цифровой робастной системы управления. В математической модели учтено изменение параметров при выработке обмоточной ленты в связи с изменением радиуса схода ленты и момента инерции кружка с обмоточной лентой.

#### Литература.

- Кузнецов Б.И., Никитина Т.Б., Коломиц В.В. Синтез электромеханических систем со сложными кинематическими цепями. Харьков, УИПА.2005.–511с.