

Васильчук Д. П., ст. препод. каф. ЭКТСУ

Кобылянский Б. Б., ст. препод. каф. ЭКТСУ

АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБМОТОЧНОЙ МАШИНОЙ ИЖ-32

Обмоточная машина является существенно нестационарным объектом управления. Наиболее сильно ее параметры изменяются по мере выработки кружка с обмоточной лентой [1]. Попытка применения в [2,3] оптимальных регуляторов и оптимальных наблюдателей, рассчитанных для одного определенного радиуса размотки начального, среднего либо конечного не позволяла получить удовлетворительные показатели качества регулирования для всего диапазона изменения радиуса размотки кружка ленты.

Целью данной работы является применение алгоритмов адаптивного управления обмоточной машиной для обеспечения качественного регулирования во всем диапазоне изменения радиуса размотки кружка ленты.

Математическая модель обмоточной машины как объекта управления натяжением обмоточной ленты и скорости вращения приводного механизма при цифровом управлении приведено в [1] в форме переменных состояния

$$\vec{X}_0[k+1] = A_0(k) \vec{X}_0(k) + B_0(k) \bar{u}(k) + \vec{w}_1(k) \quad (1)$$

в котором матрицы состояния $A_0(k)$, управления $B_0(k)$ и выхода $C_0(k)$ существенно зависят от радиуса размотки кружка с обмоточной лентой и, следовательно, от дискретного времени k .

$$\vec{X}_0(k) = F(k) \hat{x}(k)$$

Для реализации управления по полному вектору состояния исходной системы построим наблюдатель, восстанавливающий вектор состояния исходной системы по измеряемому вектору

$$\bar{y}(k) = c(k) \bar{X}(k) + \bar{W}_2(k)$$

(2)

в следующем виде

$$\hat{x}(k+1) = A(k) \bar{X}(k) + B(k) \bar{u}(k) + G(k) [\bar{y}(k) - c(k) \hat{X}(k)]$$

(3)

Причем матрицы состояния $A(k)$, управления $B(k)$ и выхода $C(k)$ неизвестны. Для нахождения этих матриц построим наблюдатель параметров системы. Введем вектор изменяющихся параметров системы $z(k)$ в следующем виде

$$\vec{z}(k+1) = \vec{z}(k) + \gamma(k) [\bar{y}(k) - \hat{y}(k)]$$

компонентами вектора параметров $z(k)$ являются ненулевые элементы искомых матриц состояния $A_0(k)$ управления $B_0(k)$ и выхода $C_0(k)$ исходной системы. Для обмоточной машины такими компонентами являются радиус схода ленты с кружка и момент инерции кружка с лентой.

$$\gamma(k)$$

Такой алгоритм раздельного определения вектора параметров $z(k)$ и вектора состояния $x_0(k)$ исходной системы возможен благодаря тому, что в обмоточной системе практически отсутствует корреляция между случайными последовательностями, возбуждающими исходную систему с изменением параметров системы. Более того, радиус схода ленты и момент инерции кружка с обмоточной лентой изменяются почти детерминировано с постоянной скоростью, определяемой скоростью схода ленты с кружка, с небольшими флуктуациями, обусловленными неравномерной намоткой обмоточной ленты на кружки. Детерминированная составляющая изменения радиуса схода ленты и момента инерции кружка с обмоточной лентой могут быть предварительно рассчитаны на основании математической модели, приведенной в [1]. Тогда зная диапазоны скорости изменения радиуса схода ленты и момента инерции кружка с лентой может быть определена матрица коэффициентов усиления наблюдателя, восстанавливающая вектор параметров системы $z(k)$. Эта весовая матрица определяет характер работы

наблюдателя и может быть рассчитана по различным законам. Для обмоточной машины использовался метод наименьших квадратов.

Тогда, зная вектор параметров $z(k)$, а, следовательно и матрицы состояния $A_0(k)$, управления $B_0(k)$ и выхода $C_0(k)$ исходной системы может быть рассчитана матрица коэффициентов усиления $G(k)$ наблюдателя, восстанавливающего вектор состояния исходной системы $x_0(k)$, например в форме фильтра Калмана - Бьюси.

$$\hat{x}(k) = [A(k)Q(k)c^T(k) + V_{12}(k)][V_2(k) + c(k)Q(k)c^T(k)]^{-1} \quad (5)$$

Матрица $Q(k)$ удовлетворяет разностному уравнению

$$Q(k+1) = [A(k) - G(k)c(k)Q(k)A^T(k) + V_1(k) - G(k)V_{12}^T(k)] \quad (6)$$

Аналогично может быть решена задача определения матрицы $F(k)$ коэффициентов усиления оптимального регулятора, минимизирующего квадратный критерий качества

$$J = \sum_{k=k_0}^{k=k_1} [\bar{z}^T(k+1)R_3(k+1)\bar{z}(k+1) + \bar{u}^T(k)R_2(k)\bar{u}(k)] + \bar{x}^T(k_1)P_1\bar{x}(k_1)$$

при этом матрица коэффициентов усиления линейного оптимального регулятора $F(k)$ определяется разностным уравнением

$$\hat{x}(k) = \{R_2(k) + B^T(k)[R_1(k+1) + P(k+1) * B(k)]^{-1} B^T(k)[R_1(k+1) + P(k+1)]A(k) \quad (8)$$

а последовательность матриц $P(k)$ ($k=k_0, k_0+1, \dots, k_1-1$) удовлетворяет матричному разностному уравнению

$$(k = k_0, k_0 + 1, \dots, k_1 - 1) = P(k+1)[A(k) - B(k)F(k)] \quad (9)$$

Заметим, что оптимальное управление $u(k)$ и вектор состояния наблюдателя $x(k)$ определяются на каждом такте управления с периодом

20мс. Определение вектора параметров $z(k)$, матрицы коэффициентов усиления $G(k)$ наблюдателя, восстанавливающего вектор состояния исходной системы $x_0(k)$ и матрицы коэффициентов усиления оптимального регулятора $F(k)$, минимизирующего квадратичный критерии качества, выполняется с существенно большим периодом. В частности, для обмоточной машины этот период был принят равным $2c$.

В качестве примера на рис. 1 показаны переходные процессы натяжения обмоточной ленты; а) и скорости вращения приводного механизма б) в адаптивной системе трехмассовой модели бумагообмотчика ИЖ - 32 для трех радиусов размотки - начального, среднего и конечного. Как видно из этих графиков, при изменении радиуса размотки от начального до конечного переходные процессы практически совпадают и, следовательно, адаптивная система обеспечивает достаточно хорошие показатели качества во всем диапазоне изменения радиуса размотки обмоточной ленты.

Таким образом, разработана адаптивная система управления натяжением обмоточной лентой и скорости вращения приводного механизма обмоточной машины в которой используется расширенный наблюдатель для восстановления не измеряемого вектора состояния и изменяющихся параметров исходной системы. Показано высокая эффективность предложенного алгоритма для компенсации изменения параметров обмоточной машины в процессе работы, вызванных уменьшением радиуса схода ленты и момента инерции кружка с обмоточной лентой. Приведен пример переходных процессов в адаптивной системе управления бумагообмотчика ИЖ - 32 и трехмассовой модели обмоточной машины.

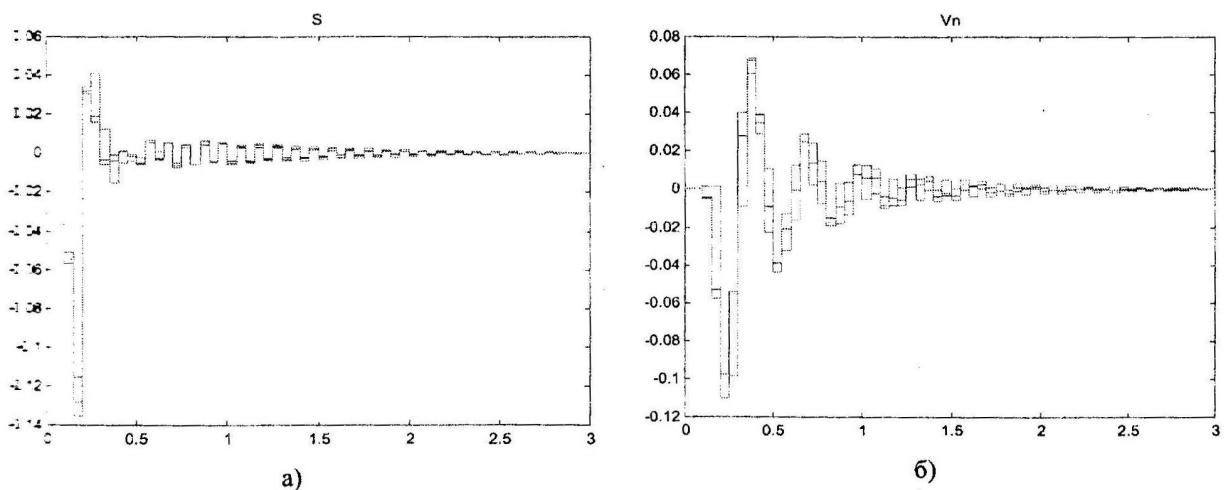


Рис. 1. Переходные процессы натяжения обмоточной ленты а) и скорости вращения приводного механизма б) в адаптивной системе трехмассовой модели бумагообмотчика ИЖ - 32.

Литература:

1. Кузнецов Б.И., Шурло О.В., Чаусов А.А. Цифровая модель обмоточной машины как трехмассовой системы. Зестник НТУ «ХПИ». Сб.научных работ.- Харьков:НТУ «ХПИ», 2003, №10 - т.2. С.313-314.
2. Кузнецов Б.И., Шурло О.В. Исследование чувствительности цифрового оптимального компенсатора «массовой системы управления обмоточной машиной. Вюник Кременчуцького державного шиптехшчного шерситету: Наукові праці КДПУ.- Кременчук:КДПУ.2004.- Вип 3/2004 (26) С.150-155.
3. Кузнецов Б.И., Богаенко К.И., Никитина Т.Б. Чувствительность оптимального цифрового компенсатора пмассовой обмоточной машины.//Автоматизаця виробничих процеав. - 2003. - №2(17). - С. 101-106.