

Запорожский национальный технический университет

РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ УПРОЩЕННЫХ МОДЕЛЕЙ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С РОБАСТНЫМ ВЕКТОРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Разработан новый наблюдатель неопределенности первого порядка для регуляторов тока асинхронного электропривода, отличающийся от известного наблюдателя второго порядка простотой и точностью. Показана возможность вычисления напряжения в упрощенных моделях такого электропривода.

Розроблено новий спостережник невизначеності першого порядку для регуляторів струму асинхронного електропривода, що відрізняється від відомого спостережника другого порядку простотою та точністю. Показано можливість розрахунку напруги в спрощених моделях такого електропривода.

A new uncertainty observer of the first order for current regulators of induction electric drive (IED), which is more simple and accurate with respect to well-known second-order observer, was developed. The possibility of calculating the voltages in the simplified models of IED was shown.

В работе [1] предложены упрощенные модели асинхронного электропривода (АЭП) с векторным управлением (ВУ), с высокой точностью воспроизводящие механические и электромагнитные процессы, протекающие в полной нелинейной модели АЭП с ВУ. Упрощение достигнуто за счёт применения робастного комбинированного управления токовыми контурами. Их недостатком является отсутствие информации о напряжениях статора. Наличие информации о напряжении позволило бы с помощью упрощенных моделей проводить оптимизацию потребляемой мощности и исследовать работу привода во второй зоне регулирования скорости. При получении этих моделей рассматривались регуляторы тока с наблюдателями второго порядка, оценивающими статорные токи и неопределенности. В том случае, когда на выходе датчиков тока стоят фильтры, выделяющие главные гармоники токов, имеется возможность упростить регуляторы тока за счет исключения из них фильтров второго порядка и включения вместо них фильтров первого порядка, оценивающих только неопределенность. Это позволило бы уменьшить объём вычислений и улучшить динамику токовых контуров. Переход от фильтров второго порядка к фильтрам первого порядка не меняет упрощенную модель.

Синтезируем регуляторы тока с наблюдателями неопределенностей первого порядка. Рассматривается система уравнений, записанная в векторной форме в синхронной системе координат (d, q) [2]:

$$p i_{dq} = -(T'_{s0})^{-1} i_{dq} + k_0 u_{dqp} + f, \quad (1)$$

$$k_0 = k_1 (\sigma L_{s0})^{-1}, \quad T'_{s0} = \sigma L_{s0} (R_{s0})^{-1}, \quad (2)$$

$$f = -k_0 (e + \omega_0 \sigma L_s J i_{dq} + R_{s\delta} i_{dq} + p i_{dq} L_{s\delta}), \quad (3)$$

$$e = p \psi_d, \quad T_r p \psi_d = -\psi_d + L_m i_d \quad (4), \quad (5)$$

где f – вектор неопределенности, куда включены слабые с индексом δ , обусловленные отклонением параметров от их номинальных значений, и нежелательные перекрестные связи; T'_{s0} – постоянная време-

ни статорной цепи; $i_{dq} = [i_d, i_q]^T$, i_d, i_q – намагничивающий и моментный токи соответственно, ψ – вектор потокосцепления ротора, J – кососимметрическая матрица, R_{s0} – номинальное значение сопротивления статора, ω_0 – синхронная скорость ротора, $u_{dq} = [u_d, u_q]^T$.

В соответствии с уравнением (1) неопределенность f можно оценить выражением

$$y = f - k_0^{-1} p i \neq (k_0 T'_{s0})^{-1} i - u_p. \quad (6)$$

Для устранения необходимости дифференцировать ток построим наблюдатель для оценки f . При этом быстродействие наблюдателя сделаем настолько большим, чтобы можно было полагать $\dot{f} = 0$. По этому динамическому уравнению и измерению (6) в соответствии с [2] запишем уравнение наблюдателя неопределенности с её оценкой \hat{f}

$$p \hat{f} = l (\hat{f} - f). \quad (7)$$

Подставим в (7) выражение f из (6):

$$p \hat{f} = l [\hat{f} - k^{-1} p i - (k_0 T'_{s0})^{-1} i + u_p]. \quad (8)$$

Правая часть выражения (8) содержит дифференцирование. Для его устранения введем обозначение

$$z = \hat{f} + l k_0^{-1} i \Rightarrow \hat{f} = z - l k_0^{-1} i. \quad (9)$$

Подстановка (9) в (8) дает

$$\dot{z} = l \left[z - i k_0^{-1} \left((T'_{s0})^{-1} + l \right) + u_p \right]. \quad (10)$$

Регулятор контура тока представим

$$u_p = q (i_p - i) - \hat{f}, \quad (11)$$

где q – постоянный коэффициент. Предложенный компенсатор отличается от компенсатора работы [1] отсутствием в наблюдателе оценки тока, что уменьшает объём вычислений в самом быстропротекающем процессе и обеспечивает меньшие колебания скорости при бросках напряжения сети.

На рис.1 показана упрощенная структурная схема (модель) ВУ АЭП, полученная в работе [1], но справедливая и для рассматриваемого случая.

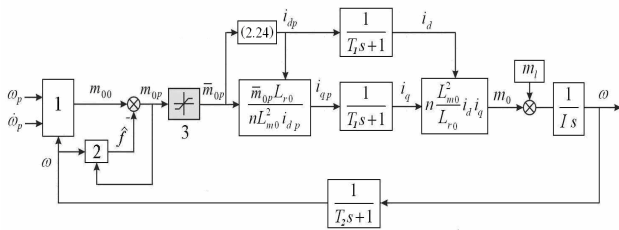


Рис.1. Упрощенная структурная схема ВУ АЭП

Как видно на рис.1, в структурной схеме отсутствуют напряжения. Для оценки напряжений воспользуемся выражением (11), в которое входит оценка неопределенности. Благодаря применению робастного комбинированного управления эта оценка практически не отличается от истинного вектора неопределенности (3), который с учетом выражений (4), (5), $\omega_0 \approx n\omega$ (n – количество пар полюсов) зависит только от токов, фигурирующих в упрощенной модели.

На рис. 2–4 сопоставлены процессы, полученные путем моделирования полной нелинейной и упрощенной моделей (рис.1). Переменные с индексами n и s относятся к нелинейной и упрощенной моделям соответственно. Моделирование проводилось при такой циклограмме работы двигателя: разгон, двигательная нагрузка, реверс, генераторная нагрузка, стабилизация нулевой скорости. Рисунки 2–4 свидетельствуют о хорошем совпадении соответствующих скоростей и напряжений нелинейной и упрощенной моделей.

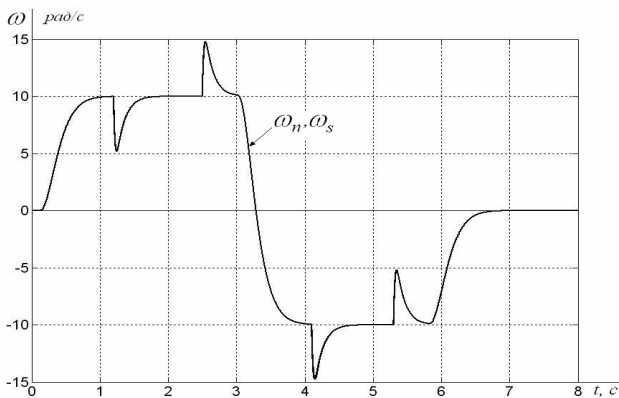


Рис.2. Скорость ротора

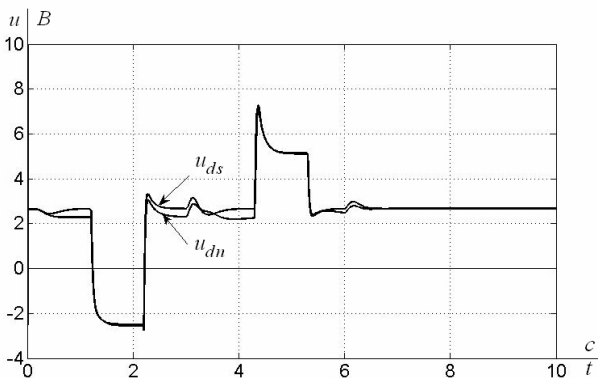


Рис.3. Напряжение канала намагничивания

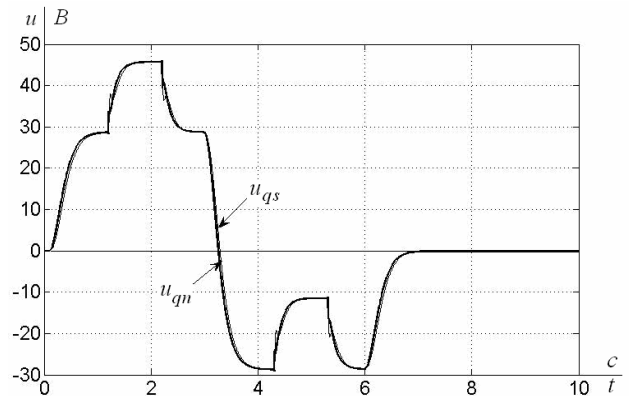


Рис.4. Напряжение моментного канала

Выводы. 1. Разработан новый редуцированный наблюдатель неопределенности первого порядка для регуляторов тока. В отличие от прототипа с наблюдателем второго порядка, предложенный метод улучшает вид переходных процессов, уменьшает время и объем вычислений по сравнению с известным наблюдателем второго порядка и обеспечивает меньшие колебания скорости при бросках напряжения сети.

2. Доказана возможность вычисления напряжения в упрощенных схемах ВУ АД.

Список использованной литературы

1. Линейная динамическая модель АД с ВУ / Е.М. Потапенко, Е.В. Душинова, А.Е. Казурова, С.Г. Деев // Электротехника и электроэнергетика. – 2010. – № 2. – С. 25-36.

2. Потапенко Е.М. Робастные алгоритмы векторного управления асинхронным приводом / Е.М. Потапенко, Е.Е. Потапенко. – Запорожье: ЗНТУ. – 2009. – 352 с.

Получено 09.07.2011



Душинова
Евгения Викторовна,
аспир. каф. ЭПА, ЗНТУ
69063, ул. Жуковского,
д. 64, г. Запорожье.
dushinova_zntu@mail.ru
моб. 066-190-25-60



Потапенко Евгений Ми-
хайлович,
д-р техн. наук, проф. каф.
ЭПА, ЗНТУ
69063, ул. Жуковского, д.
64, г. Запорожье.
моб. 8-097-405-93-89