

$$\dot{\hat{x}} = f(\hat{x}, u) = \begin{cases} -\frac{\hat{R}_2}{L'_2}(\hat{\Psi}_{2\alpha} - K_1 \Psi_{1\alpha}) + p\hat{\omega}_r \hat{\Psi}_{2\beta} \\ -\frac{\hat{R}_2}{L'_2}(\hat{\Psi}_{2\beta} - K_1 \Psi_{1\beta}) - p\hat{\omega}_r \hat{\Psi}_{2\alpha} \\ 0 \end{cases}$$

Математическая модель цепи измерения и целевая функция имеют вид:

$$h(\hat{x}, u) = \hat{I}_1 = \frac{\Psi_1 - K_2 \hat{\Psi}_2}{L'_1};$$

$$Q(\Delta z) = Q(h(x, u) - h(\hat{x}, u)) = \sum (|I_1 - \hat{I}_1|)^2.$$

Для примера на рис. 4 и 5 представлены процессы оценивания значений активного сопротивления ротора R_2 и частоты вращения ω_r в процессе пуска электродвигателя 4AMX90L2Y3. Несмотря на то, что используемый в этом случае алгоритм предназначен для статического режима, получены результаты, близкие к измеренным данным и результатам, определенным с помощью других методов.

Предложенный подход к динамической идентификации АД может быть использован для построения системы мониторинга с использованием получаемой при этом информации для управления и функционального диагностирования асинхронных электроприводов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник по теории автоматического управления / под ред. А.А. Красовского. – М.: Наука, 1987. – 712 с.
2. Ключев В.И. Теория электропривода: Учеб. для вузов.-2-е изд. перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 2001. – 704 с.

□ Авторы статьи:

Каширских Вениамин Георгиевич - докт. техн. наук, проф., зав. каф. электропривода и автоматизации	Нестеровский Александр Владимирович - канд. техн. наук, доц. каф. электропривода и автоматизации
--	--

УДК 621.313.333:045.028

В.М.Завьялов, А.В. Нестеровский, Д.О. Мефферт

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ МНОГОМАССОВЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИФРОВОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

В задачах управления электроприводами с многомассовыми механическими передачами необходимо знать текущие значения механических переменных, таких как частоты вращения масс и моменты упругих напряжений. К тому же в таких системах нужно знать момент сопротивления, если в процессе работы он меняется случайно.

Измерение этих величин на практике, как правило, затруднительно в силу особенностей конструкции механических передач, и поэтому встает задача оценки этих величин.

Рассмотрим вариант оценки переменных состояния на примере трехмассовой механиче-

ской системы.

Воспользуемся уравнением движения такой системы:

$$\left. \begin{array}{l} J_1 \cdot \dot{\omega}_1 = M_{\text{ЭМ}} - M_{12}; \\ J_2 \cdot \dot{\omega}_2 = M_{12} - M_{23}; \\ J_3 \cdot \dot{\omega}_3 = M_{23} - M_C; \\ \dot{M}_{12} = C_{12}(\omega_1 - \omega_2); \\ \dot{M}_{23} = C_{23}(\omega_2 - \omega_3), \end{array} \right\} \quad (1)$$

где $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ – скорости вращения первой, второй и третьей масс; M_{12}, M_{23} – моменты упругих сил между массами; M_C – момент сопротивления; J_1, J_2, J_3 – моменты инерции; C_{12}, C_{23} – коэффициенты жесткости упругих связей.

Примем, что нам известны

частота вращения первой массы и момент сил, на валу двигателя. Тогда подлежащими оценке величинами будут частоты вращения второй и третьей масс, упругие моменты и момент сопротивления.

Преобразуем (1) так, чтобы переменные, подлежащие оценке, оказались в левой части:

$$\left. \begin{array}{l} M_{12} = M_{\text{ЭМ}} - \dot{\omega}_1 \cdot J_1; \\ \omega_2 = \omega_1 - \dot{M}_{12}/C_{12}; \\ M_{23} = M_{12} - \dot{\omega}_2 \cdot J_2; \\ \omega_3 = \omega_2 - \dot{M}_{23}/C_{23}; \\ M_C = M_{23} - \dot{\omega}_3 \cdot J_3, \end{array} \right\}$$

Основной проблемой применения данного выражения на

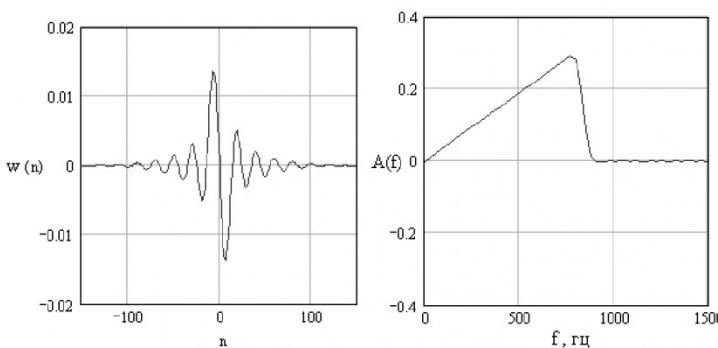
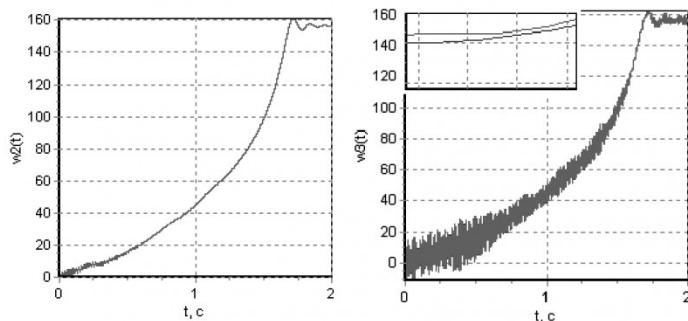
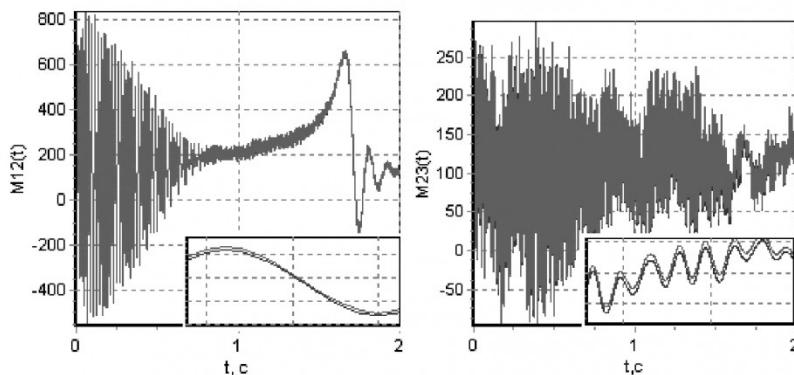


Рис. 1. Функция веса (а) и АЧХ (б) полученного фильтра

Рис. 2. Оцененные значения угловых скоростей ω_2 (а) и ω_3 (б)Рис. 3. Оцененные значения упругих моментов M_{12} и M_{23}

практике является необходимость вычисления производных. Если для их вычисления использовать разности первого порядка

$$\dot{X}(t) = \frac{X(t - \Delta t) - X(t)}{\Delta t},$$

то высокочастотные составляющие шумов входящие в измеренные величины, в процессе дифференцирования усиливаются.

Способом решения данной проблемы является применение цифрового фильтра дифференциатора, который в области низких частот является дифференциатором, имеет наклон ЛАЧХ, равный +20 дБ/дек, и сдвиг по фазе, равный $+\pi/2$, а на

высоких частотах коэффициент передачи, близкий к нулю.

В качестве дифференциатора использовался цифровой КИХ-фильтр [1], рассчитанный методом взвешивания. Для реализации фильтра дифференциатора нам необходимо знать функцию веса желаемого фильтра, в качестве которой использовалась функция веса, представленная выражением:

$$\omega(n) = \frac{8\pi^2 Fc \cdot n \cdot \cos \varphi - 4\pi \cdot \sin \varphi}{4\pi^2 \cdot n^2}$$

где $\varphi = 2\pi n \cdot Fc$, Fc – частота среза; $n=1..N$; N – размер окна.

Для ограничения функции веса по времени она умножается на оконную функцию. В качестве оконной функции использовалось «обобщенное» окно Хэмминга:

$$\omega_H(n) = \alpha + (1 - \alpha) \cos\left(\frac{2\pi n}{N}\right)$$

при

$$-\frac{N-1}{2} \leq n \leq \frac{N-1}{2}$$

и равна нулю при других n , $\alpha = 0.54$.

Функция веса и АЧХ полученного фильтра с $Fc=833$ Гц и $N=277$ представлены на рис. 1.

Результаты моделирования процесса оценки переменных трехмассовой механической системы представлены на рис. 2

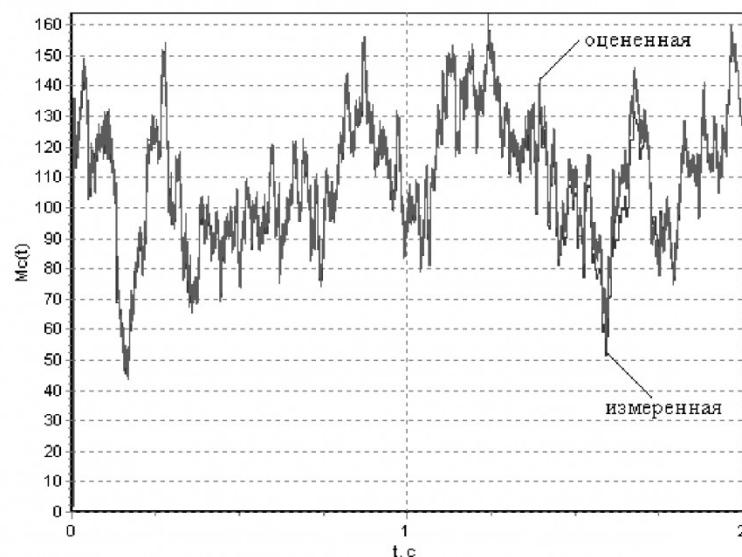


Рис. 4. Оценка момента сопротивления

-4.

Таким образом, из представленных графиков видно, что если при оценке скорости вращения второй массы относительная ошибка практически равна нулю, то в дальнейшем

ошибка увеличивается из-за того, что для нахождения следующей переменной используется оцененное значение предыдущей. Максимальная погрешность наблюдается в моменте сопротивления. Она на-

ходится в допустимых для инженерных расчетов пределах. Таким образом, представленный метод можно рекомендовать для оценки неизвестных переменных в многомассовых механических системах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рабинер Л. Теория и применение цифровой обработки сигналов./ Л. Рабинер, Б. Гоулд – М.: Мир, 1978. – 848 с.

□ Авторы статьи:

Завьялов Валерий Михайлович - канд.техн.наук, доц.каф. электропривода и автоматизации	Нестеровский Александр Владимирович - канд.техн.наук, доц.каф. электропривода и автоматизации	Мефферт Денис Олегович - студент
---	---	--

УДК 62-83-52: 62-573

С.С. Переверзев, В.Г. Каширских

К ВЫБОРУ СПОСОБА УПРАВЛЕНИЯ ПУСКОМ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Основным недостатком пуска нерегулируемых электроприводов на основе асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором (АД) прямым подключением к сети является возникновение знакопеременных переходных электромагнитных моментов, амплитуда которых значительно превышает момент при коротком замыкании. При этом переходный процесс сопровождается бросками пускового тока, ударное значение которого может достигать величины, более чем в десять раз превышающей величину номинального тока АД. В промышленных установках, режимы работы электропривода которых сопровождаются частыми пусками, развивающиеся при этом знакопеременные электромагнитные моменты вызывают высокий уровень динамической нагруженности активных элементов с их интенсивным износом и поломками и это является одной из основных причин, снижающих их надежность и ресурс.

Кроме того, значительные электродинамические и электромеханические усилия, возникающие при неуправляемом пуске, а также вредное воздействие окружающей среды, например в подземных условиях угольных шахт, приводят к ускоренному износу и повреждению изоляции статорной обмотки электродвигателя.

Таким образом, частые неуправляемые пуски являются одной из основных причин сокращения срока службы и преждевременного выхода из строя электроприводов промышленных установок, что приводит к их вынужденному простою со значительным экономическим ущербом.

Рассмотрим эффективность различных способов управления пуском АД с позиции ограничения пускового тока и динамической составляющей пускового момента. На рис. 1 представлены результаты компьютерного моделирования способов управления пуском электродвигателя ДКВ45. Одним из наиболее распространенных способов управления пуском является пуск с ограничением нарастания приложенного напряжения. Как видно из результатов компьютерного моделирования, данный способ позволяет ограничить как знакопеременную составляющую электромагнитного момента, так и величину пускового тока. Увеличение длительности нарастания напряжения приводит к уменьшению ударных значений пускового тока и переходного электромагнитного момента, однако, при этом увеличивается продолжительность пуска, а, следовательно, и электрические потери в электродвигателе, которые могут превысить величину потерь при прямом пуске.

С позиции плавного выбора зазоров в трансмиссии, за счет постепенного увеличения крутящего момента, применение данного способа управления пуском является наиболее целесообразным.

Наилучшими из рассмотренных способов управления пуском АД, направленных на ограничение знакопеременной составляющей электромагнитного момента без снижения быстродействия привода, являются квазиоптимальный [1] и пофазный [2] способы пуска.

Применение управляемого пуска с токоограничением позволяет ограничить пусковой ток на