

УДК 62-83:621.3.07

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗОК В ТРАНСМИССИЯХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ЭКСКАВАТОРОВ

Н.А.АМБАРЦУМЯН

Задача определения момента сопротивления, приложенного к валу двигателя, часто возникает при анализе и синтезе систем управления автоматизированными электроприводами, их наладке и эксплуатации. Особое значение решение этой задачи имеет для систем с упругими механическими элементами в трансмиссии (подъемные машины, экскаваторы и др.). Объективная информация о динамических нагрузках трансмиссии может быть использована для ограничения этих нагрузок. В системах с упругими связями механическая часть электропривода с достаточной точностью может быть аппроксимирована двухмассовой механической схемой. При этом для первой массы моментом сопротивления является момент в упругом звене [2].

В настоящей работе рассматривается решение поставленной задачи с применением метода восстановления недостающих координат путем сравнения с помощью вычислителя-оценщика режима работы натурного объекта, в данном случае электропривода постоянного тока, и его аналоговой модели, получающей неполную информацию о режиме работы электропривода.

Ошибка воспроизведения модели тока, скорости или иной координаты, по сравнению с натурным объектом, может быть усилена и подана в аналоговую модель в виде корректирующего сигнала. При достаточно точном совпадении координат можно считать, что режимы работы натурного объекта и модели совпадают, поэтому можно измерять координаты не на натуре, а на модели. Последнее очень важно для тех величин, которые на натурном объекте измерить трудно.

Аналоговая модель может работать параллельно с натурным объектом (рис.1), получать информацию о токе (моменте) двигателя и воспроизводить частоту вращения электропривода ω и напряжение его тахогенератора U_{TG} . Координаты модели записаны с чертой над буквенным обозначением.

Ошибка воспроизведения может быть выделена узлом сравнения, усилена и подана в модель как корректирующий сигнал. При достаточно большом коэффициенте усиления K можно считать, что сигнал на выходе натурального агре-

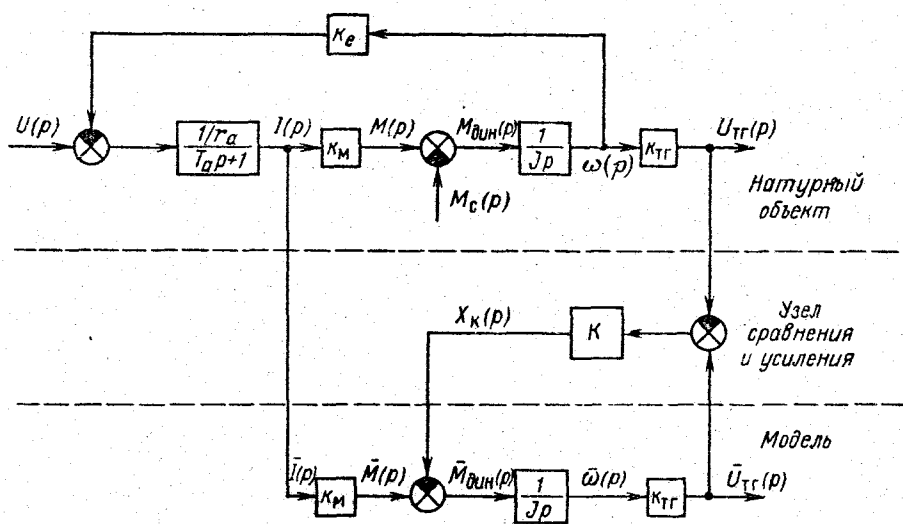


Рис.1. Схема вычислителя-оценщика, функционирующего по току (моменту) двигателя

гата достаточно точно воспроизводится сигналом на выходе модели. Следовательно, частота вращения $\omega(p)$ соответствует $\bar{\omega}(p)$, а динамические моменты натурального привода и модели равны.

Согласно рис.1 для натурального агрегата

$$M_{\text{дин}}(p) = M(p) - M_c(p),$$

а для модели

$$\bar{M}_{\text{дин}}(p) = \bar{M}(p) - X_K(p).$$

Согласно схеме $M(p) = \bar{M}(p)$, кроме того, при достаточно большом K $M_{\text{дин}}(p) = \bar{M}_{\text{дин}}(p)$, отсюда

$$X_K(p) = M_c(p),$$

т.е. сигнал на выходе усилительного звена пропорционален моменту сопротивления (упругий момент в двухмассовой системе). Измерение этой величины не представляет трудностей.

Аналоговая модель натурального привода может быть построена на базе операционных усилителей (рис.2).

Определим значение коэффициентов модели. Поскольку модель работает совместно с натурным объектом, моделирование проводилось в натурном масштабе времени:

$$k_1 = \frac{m_u k_M k_c}{J k_{\text{ДГ}}}; \quad k_2 = \frac{m_u k_c}{J m_M};$$

$$k_3 = k_4 m_u; \quad X_K = m_M M_c,$$

где m_u , m_M — масштабы моделирования напряжения и момента; k_M — коэффициент пропорциональности момента; k_c — коэффициент передачи датчика час-

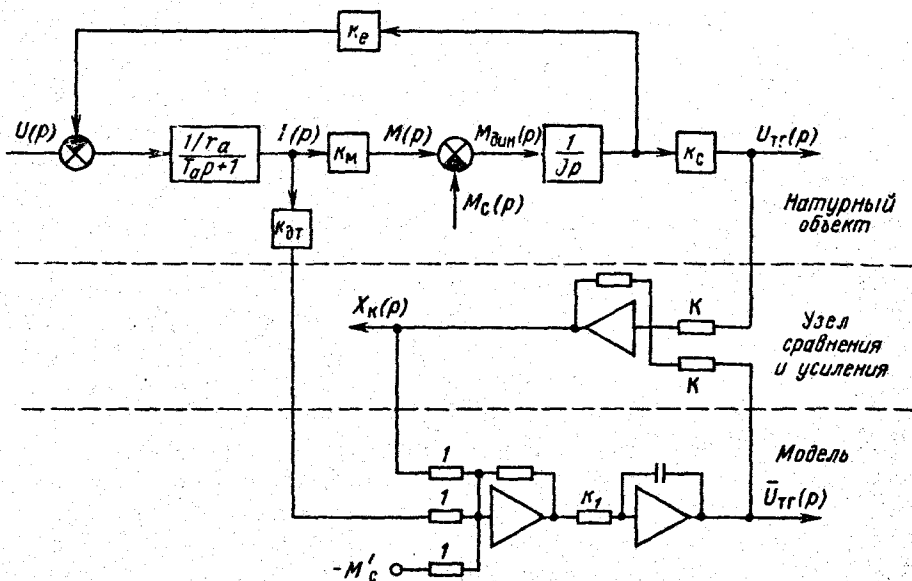


Рис.2. Реализация вычислителя-оценщика, функционирующего по току (моменту) двигателя на операционных усилителях АВМ

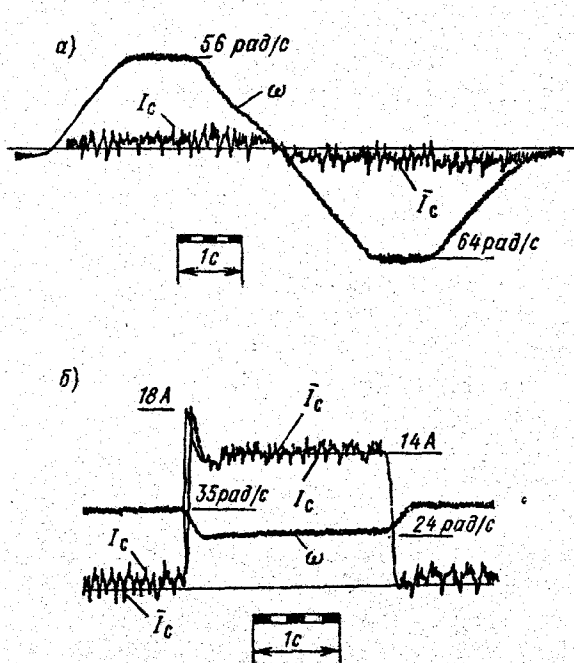


Рис.3. Осциллограмма работы вычислителя-оценщика по схеме рис.2: а - при пуске, реверсе и замедлении натурального агрегата без нагрузки; б - при набросе и сбросе нагрузки натурального агрегата

тоты вращения; J - момент инерции вращающихся масс; M_c - статический момент нагрузки двигателя.

Коэффициент K (см. рис.1) должен быть достаточно высок для того, чтобы обеспечить близкое совпадение режимов работы натурального агрегата и модели.

Схема, приведенная на рис.1, испытывалась на электродинамической модели экскаваторного электропривода, имеющей следующие расчетные параметры: испытуемый двигатель типа ПН-85 (5,6 кВт, 220 В, 30 А, 1450 об/мин); $k_{дт} = 0,42$ В/А; $k_c = 0,32$ В·с/рад; $k_M = 2,14$ Н·м/А; $k_e =$

$= 2,14 \text{ В} \cdot \text{с/рад}$; $u_{\text{тг, max}} = 35 \text{ В}$; $J = 0,35 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$. В качестве операционных использовались усилители АВМ типа МН-7.

Испытания схемы, настроенной указанным образом, показали (рис.3), что в некоторых режимах модель неточно воспроизводит параметры натурального агрегата (точность вычисления составила 10 %). Эти неточности вызваны несоответствием натуральных параметров расчетным значениям. Кривая $\bar{I}_c$ на рис.3,а представляет собой сигнал на выходе выявительного устройства, т.е. изображает ток, соответствующий моменту холостого хода. При набросе и сбросе нагрузки (рис.3,б) выделенный сигнал $\bar{I}_c$ достаточно точно следует за графиком момента нагрузки электропривода. Однако, как видно из осциллограмм, в кривой выявленного момента нагрузки имеются значительные пульсации, вызванные коллекторными пульсациями напряжения тахогенератора. Снижение пульсаций на выходе тахогенераторов удастся достичь не всегда, кроме того, в ряде электроприводов (например, одноковшевные экскаваторы) тахогенераторы вообще отсутствуют. Постановка в цепь выявительного устройства фильтра осложнена тем, что пульсации сигнала выявительного устройства имеют низкую, а главную переменную частоту (рис.3,б), меняющуюся при изменении частоты вращения электропривода.

В связи с этим в данной работе предлагается другая схема выявительного устройства, в которой аналоговая модель электропривода получает информацию о напряжении, приложенном к якорю натурального двигателя, и воспроизводит его ток. Последний сравнивается с током натурального привода, а ошибка подается в аналоговую модель в качестве корректирующего сигнала [3].

Для организации рассмотренных схем выявления необходима только модель двигателя, поэтому их можно применять при любой системе управления (с параллельной или последовательной коррекцией и др.). В системах переменного тока с векторным управлением возможно использовать первый вариант вычислителя-оценщика, так как в этих системах весьма просто получить сигнал полного момента двигателя [1]. На базе предлагаемых методов выявления статического момента нагрузки могут быть построены эффективные системы ограничения нагрузок в электроприводах экскаваторов. Несмотря на кажущуюся сложность структурных схем, реализация рассмотренных систем на блоках УБСР проста и не вызывает сомнения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дартау В.А., Максимов А.Е. Блочный частотно-регулируемый привод шахтной подъемной установки. - Зап.ЛПИ, 1976, т.70, вып.1.
2. Каминская Д.А., Базилевский В.Г., Григорьева Н.Н. Управление электроприводом с упругими связями. - Электротехника, 1974, № 3.
3. Рудаков В.В., Соловьев А.С., Дартау В.А. и др. Косвенные методы контроля трудноизмеряемых координат электроприводов с упругими связями. - Электротехническая промышленность, серия "Электропривод", 1980, № 3 (83).