

ЭЛЕКТРОПРИВОД БАРАБАННЫХ ШАХТНЫХ ПОДЪЕМНЫХ МАШИН

А.М. Жидков, О.И. Осипов
г. Москва, МЭИ

На примере барабанной шахтной подъемной машины рассмотрен ряд проблем по внедрению ее электропривода, связанных с влиянием эксцентриситета намоточного барабана, «провала» скорости двигателя и упругости подъемного каната.

Для привода барабанных шахтных подъемных машин мощностью свыше 1000 кВт и глубиной шахт до 800 м считается вполне обоснованным применение безредукторного электропривода постоянного тока по системе ТП-Д.

Ввод в эксплуатацию подобного привода выявил ряд проблем, связанных с конструктивными его особенностями и технологическими режимами. Так эксцентриситет намоточного барабана вызывает колебания момента нагрузки и, следовательно, колебания скорости. Усиленные наличием упругости в подъемных канатах эти колебания приводят к дополнительным динамическим нагрузкам на механические узлы привода. На рис. 1 на примере электропривода шахтной подъемной установки ствола №1 Березниковского калийного производственного рудоуправления ОАО «Уралкалий» показаны экспериментальные характеристики переменного электропривода в относительных к номинальному их значению единицах (тока

I_a , заданной $n_{зад}$ и реальной n частот вращения). Здесь же отражены метки N , определяющие количество оборотов барабана на угол 360° . Характеристики были определены на начальном этапе внедрения электропривода. Как видно из характеристик каждый оборот барабана сопровождался колебаниями частоты вращения привода до 4 % и тока якоря двигателя до 10 %.

Для снижения динамических возмущений, связанных с влиянием эксцентриситета намоточного барабана, была предложена и реализована система управления электроприводом подъемной машины по рис. 2. Здесь выходной сигнал задатчика интенсивности ЗИ поступает на вход сумматора Σ_1 регулятора скорости РС, а его производная, пропорциональная динамическому моменту двигателя $M_{дин}$, на сумматор Σ_2 . Выходной сигнал РС поступает как на Σ_2 , так и на вход фильтра Φ с большой постоянной времени, выделяя на выходе Φ сигнал M_c ,

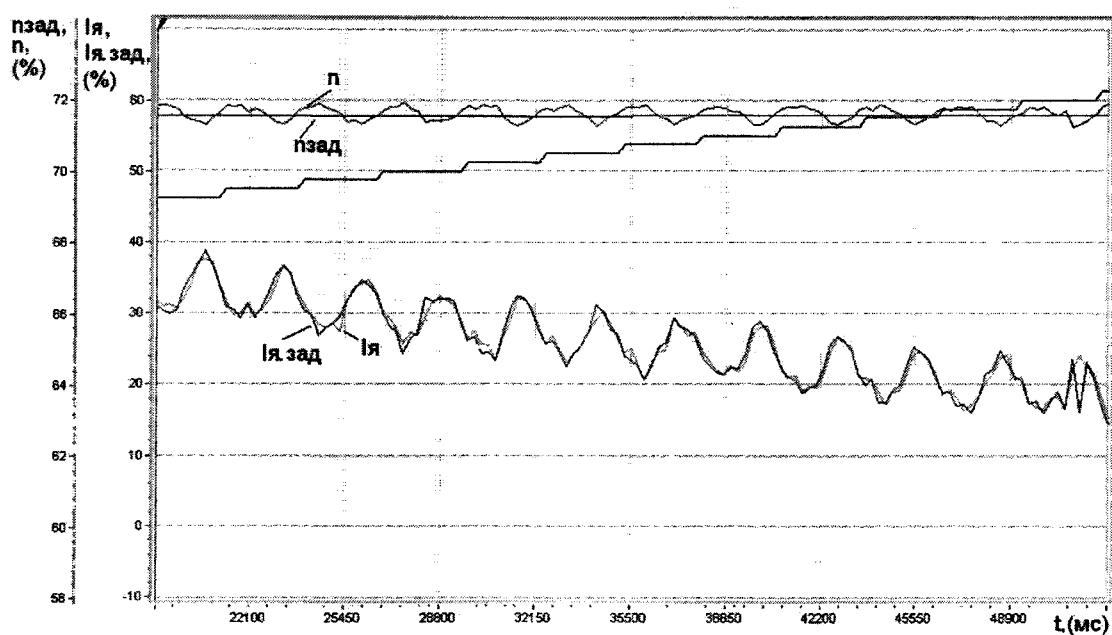


Рис. 1

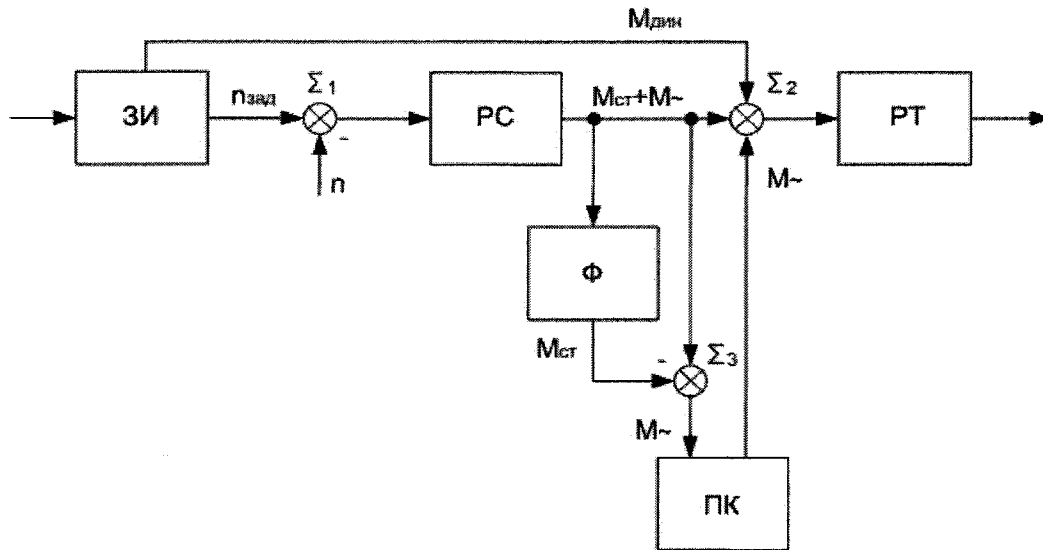


Рис. 2

пропорциональный статическому моменту. Сигнал $M_{\sim}$, пропорциональный динамической составляющей выходного сигнала РС от влияния эксцентриситета, как результат сравнения M_c на сумматоре Σ_3 с выходным сигналом РС поступает в программируемый контроллер ПК. После его запоминания в ПК в интервале поворота вала двигателя на 360° этот сигнал подается на Σ_2 . Итогом взаимодействия всех сигналов на Σ_2 является сигнал на входе регулятора тока РТ, обеспечивающий такое изменение тока (момента) двигателя, при котором происходит компенсация изменения скорости от действия эксцентриситета.

При внедрении электропривода подъемной машины было обращено внимание и на тот факт, что влияние эксцентриситета различно для работы привода с полной нагрузкой при рабочих скоро-

стях движения скипа и при отсутствии нагрузки на малых скоростях (в режиме ревизии). Для снижения подобного влияния было предложено и реализовано увеличение коэффициента пропорциональной части РС по мере увеличения скорости движения скипа. На рис. 3 показаны экспериментальные характеристики переменных электропривода (тока I_a , заданной $n_{\text{зад}}$ и реальной n частот вращения) после внедрения предложенных мер по компенсации эксцентриситета. Амплитуда колебаний частоты вращения привода не превышала 0,5 %.

При пуске двигателя в момент отпускания тормозов подъемной машины под действием активного статического момента веса груза и каната происходил «провал» скорости скипа относительно заданного значения, поскольку момент двигателя из-за электромагнитной инерции цепей его якоря не успевал достичь значения момента сил

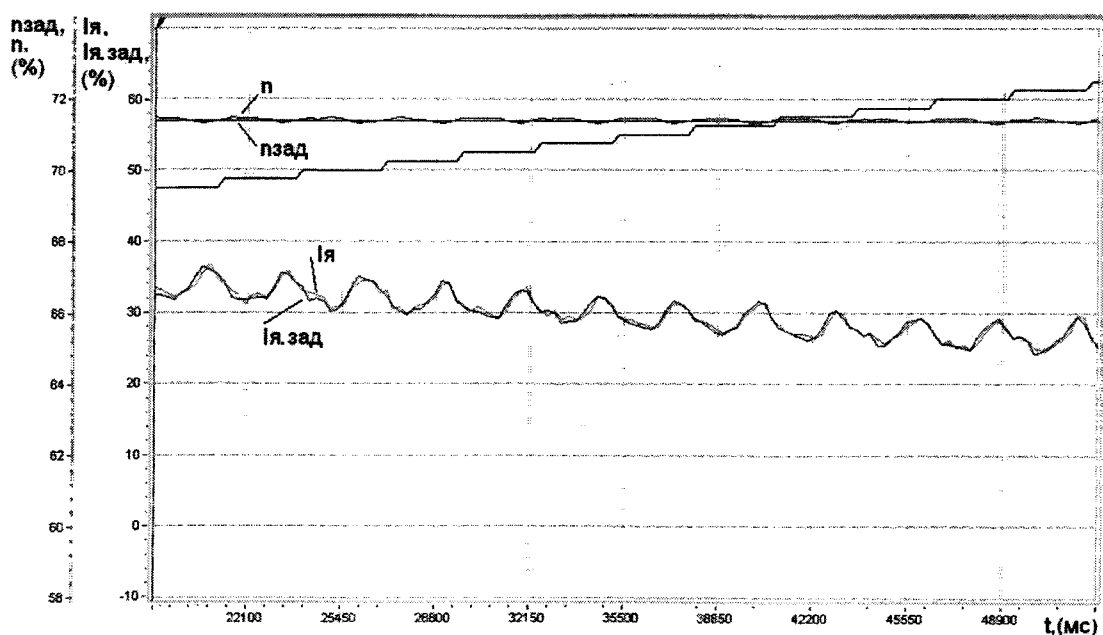
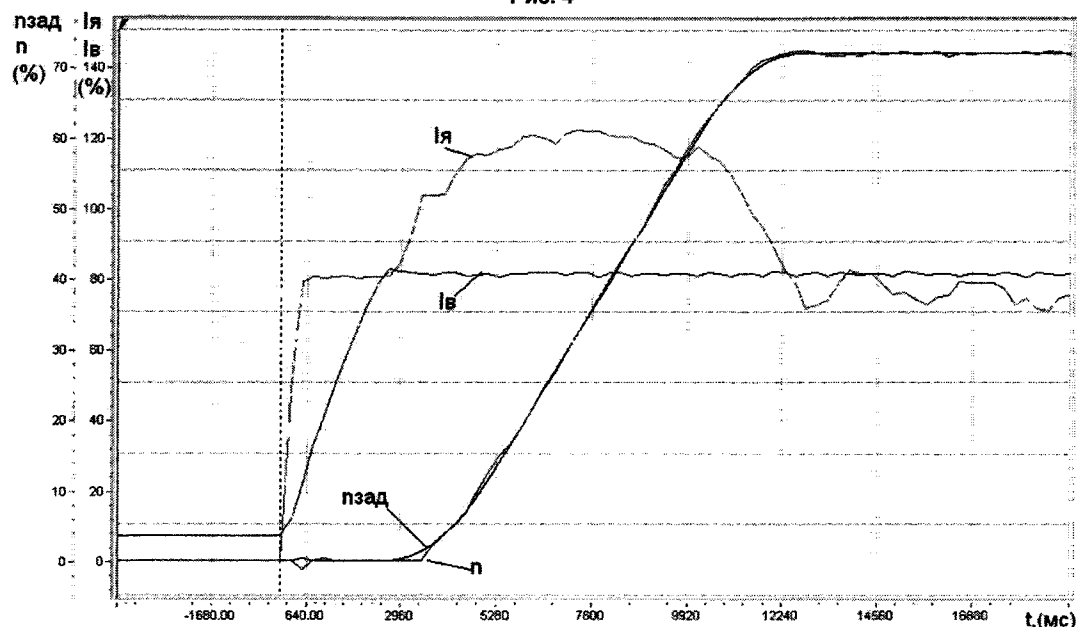
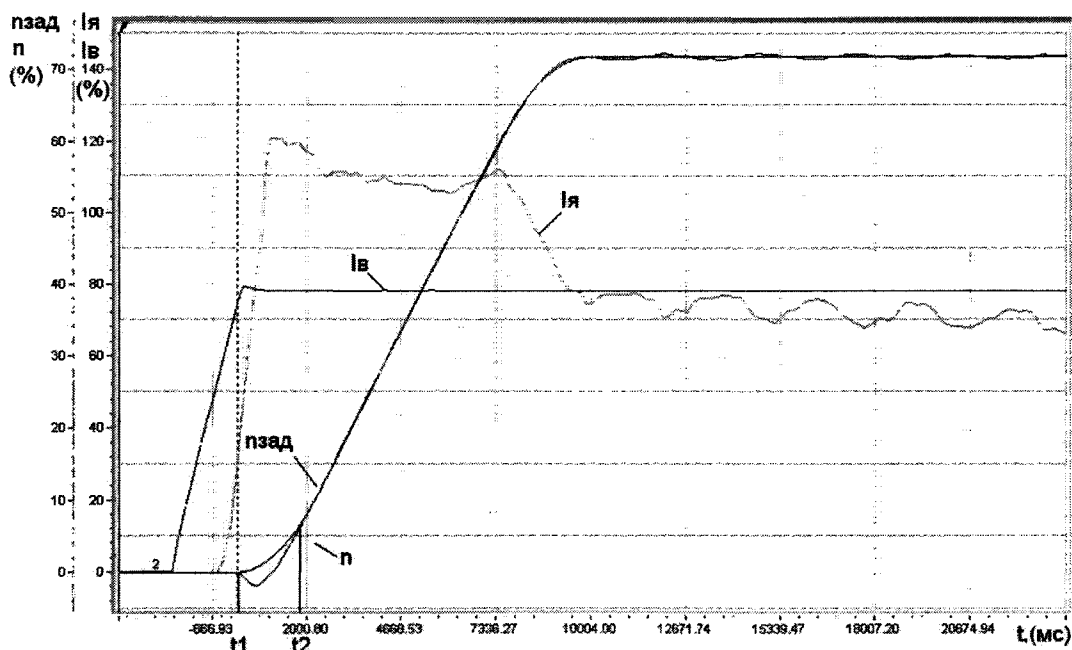


Рис. 3

сопротивления на валу двигателя. Из рис. 4, где отражены относительные значения тока якоря $I_{\text{я}}$, заданной $n_{\text{зад}}$ и реальной n частот вращения двигателя при его пуске в момент времени t_1 , видно, что первоначальный провал частоты вращения двигателя достигал 6 % и восстанавливался через время $t_2 \approx 1,8$ с. Подобный «провал» скорости является технологически недопустимым и приводит к срабатыванию защиты привода от переподъема скипа.

Были предложены способ и техническое решение по исключению подобных режимов. Суть способа заключается в запоминании момента сил сопротивления $M_{\text{ст}}$ в момент времени, предшествующий остановке привода, и формировании задания $M_{\text{ст}}$ с выхода регулятора скорости РС при

последующем пуске привода. Способ учитывает два режима работы: при пуске машины с загрузочной площадкой и ее пуске при произвольном положении скипа в стволе шахты. В первом режиме при трогании привода на выходе РС заранее задается момент средней статической нагрузки при грузе или пустом скипе. Выбор знака задания определяется положением скипов. Во втором режиме в момент времени, предшествующий останову привода, задание на статический момент с выхода РС запоминается в элементе памяти с необходимым знаком. А затем, при пуске, подается в качестве задания на момент привода через блок ограничения. Величина ограничений определяется максимальной статической нагрузкой при данном



режиме загрузки скипа. На рис. 5 представлены переменные электропривода аналогично рис. 4 при внедрении предложенного способа по исключению «провала» скорости. Как видно из него «провал» скорости двигателя был полностью исключен.

К числу проблем действующего электропривода подъемной машины относится и обеспечение точности останова подъемного сосуда относительно загрузочной площадки до 4–5 см. При глубинах шахты более 400 м этому мешает упругость каната

и отсутствие датчика положения скипа. Упругость каната заставляет обратить внимание и на выбор темпа ускорения привода при технологических изменениях скорости, поскольку, как показал опыт эксплуатации подъемной установки, в моменты резкого изменения ускорения возникают дополнительные колебания подъемного сосуда. Для их исключения в задатчике интенсивности пуска и торможения электропривода была введена S-образная зависимость, ограничивающая рывок скорости на постоянном уровне.

Жидков Алексей Михайлович в 2004 г. окончил Московский энергетический институт. Аспирант кафедры «Автоматизированный электропривод» МЭИ.

Осипов Олег Иванович в 1964 г. окончил Челябинский политехнический институт. В 1994 г. в Московском энергетическом институте (МЭИ) защитил докторскую диссертацию по теме «Техническое диагностирование автоматизированного электропривода постоянного тока». Профессор кафедры «Автоматизированный электропривод» МЭИ.