



## ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССОВ В АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

С.И. Малафеев (ООО Компания "Объединенная Энергия"), А.А. Малафеева (ВлГУ)

Любая задача должна решаться как задача оптимизации  
Л. Эйлер

Представлен анализ современных подходов к оценкам качества и эффективности автоматических систем. В результате синтеза системы управления формируется новая по отношению к исходному объекту физическая структура с другими характеристиками и свойствами. Процессы управления изменяют статические и динамические характеристики, энергопотребление и нагрузки объекта и, следовательно, влияют на эффективность использования энергетического и материального ресурсов. Критерий эффективного использования энергетического ресурса предусматривает организацию информационного обеспечения, направленного на достижение технически и экономически обоснованных характеристик системы при эффективном использовании энергетического и материального ресурсов в условиях естественных ограничений. При этом должны учитываться физические возможности объекта и технических средств регулирования. Приведены примеры новых технических решений, обеспечивающих повышение эффективности использования энергетических ресурсов в мехатронных системах.

Ключевые слова: система, автоматика, регулирование, обратная связь, качество, эффективность, энергия, КПД.

### Введение

Современная автоматика является основным фактором, определяющим эффективность функционирования технологических процессов, машин и агрегатов различного назначения. Усложнение технических объектов и повышение требований к качеству регулирования протекающих в них процессов определяет актуальность развития и совершенствования как методов анализа и синтеза систем управления, так и технических средств управления.

На протяжении всей истории автоматике ее целями были актуальные потребности общества, она опиралась на достижения всех без исключения областей науки и техники и, в свою очередь, стимулировала их развитие, преображала окружающий мир и изменяла положение в нем человека [1]. В XX столетии автоматика качественно изменила общество. Масштабы деятельности человека в различных областях — промышленности, транспорте, сельском хозяйстве, социальных системах, космосе и др. влияют на траекторию развития цивилизации. В результате автоматизации технологических процессов во всех областях экономики достигнут высокий уровень обеспечения населения товарами и услугами. Однако дальнейшему развитию экономики потребления препятствуют жесткие ресурсные и экологические ограничения. При этом все системы, созданные человеком, принципиально уступают природным по живучести, энергетической эффективности, скорости и алгоритмам обработки информации, адаптационным свойствам и др. Возрастает зависимость техносферы от природных и искусственных возмущений, при этом отсутствуют эффективные методы и сред-

ства управления при авариях и катастрофах. В развитии военных приложений автоматике достигнуты ограничения здравого смысла.

Объективная необходимость перехода от экономики открытых систем с неограниченными ресурсами к «экономике космонавтов» [2] во всех сферах жизни общества ставит новые задачи перед теорией и практикой автоматике: создания теории и новых методов управления по критерию эффективного использования ресурсов: энергетических, материальных и информационных. Примеры эффективного и рационального поведения в изменяющихся условиях демонстрируют все природные системы, отличающиеся огромным разнообразием механизмов управления. Автоматические системы в XXI веке должны создаваться на основе моделирования высоких функциональных возможностей живых организмов [1].

Рассмотрим результаты исследований эффективности использования энергетических ресурсов в автоматических системах с электромеханическими преобразователями энергии и разработки регуляторов, обеспечивающих повышение энергетической эффективности.

### Эффективность и качество автоматических систем

В конце прошлого столетия масштабные изменения в технологии автоматизации привели к качественным изменениям на всех уровнях управления. При этом большинство систем сохранило традиционную иерархическую структуру. Нижний уровень обеспечивает желаемое функционирование всех подсистем путем регулирования потоков энергии или вещества, или вариации параметров объекта [1]. Си-

стемы автоматического управления нижнего уровня: исполнительные устройства, мехатронные системы, преобразователи энергии и др. напрямую влияют на эффективность работы всех агрегатов и технологических процессов. Во-первых, от правильной настройки этих систем зависит эффективность и экономичность технологического процесса. Во-вторых, КПД самих исполнительных устройств при регулировании в широком диапазоне всегда значительно меньше номинального. При подчинении замкнутого контура или всей системы главной цели — минимизации ошибки регулирования как объект, так и все элементы системы работают в режимах, не соответствующих наилучшим значениям технических характеристик (КПД, коэффициент мощности и др.), а потери энергии в большинстве случаев не контролируются. С целью учета характеристик электрооборудования и возможностей исполнительных устройств вводятся различные нелинейные элементы: устройства ограничения, отсечки, дополнительные обратные связи и др. Таким образом, даже в простейших системах необходимость согласования характеристик объекта с регулирующими устройствами приводит к модификации традиционных алгоритмов управления [3].

Основная задача синтеза системы автоматического управления — формирование структуры и выбор параметров, при которых характеристики системы отвечают заданным требованиям. В результате синтеза системы управления формируется новая по отношению к исходному объекту физическая структура с другими характеристиками и свойствами. Процессы управления изменяют статические и динамические характеристики, энергопотребление и нагрузки объекта и, следовательно, влияют на эффективность использования энергетического и материального ресурсов. При этом возможности управления всегда ограничены предельными характеристиками материального и энергетического ресурсов системы [4]. В технических системах эффективность понимается как успешность достижения цели и определяется заложенными при проектировании алгоритмами функционирования [5, 6]. Теория автоматического управления предлагает большое число критериев качества при синтезе систем [1], из которых преимущественное использование получили показатели качества переходного процесса: время регулирования и перерегулирования; частотные показатели: частота среза, полоса пропускания; показатель колебательности и оценки точности: коэффициенты ошибок и добротность.

Принципы управления в биологических и других природных системах существенно отличаются от используемых в настоящее время в технике [7]. В частности, принцип регулирования по отклонению, присущий как техническим объектам, так и живым организмам в биологических системах, во-первых, не является единственным, во-вторых, как правило, сочетается с другими алгоритмами, например, гомеостатическим. Это обстоятельство указывает на один

из путей совершенствования систем приводов на основе использования принципов управления, присущих природным системам. Для обеспечения энергетической эффективности автоматических систем требуются нетрадиционные подходы, поиск которых следует вести как на пути совершенствования классических автоматических систем, так и применения новых принципов регулирования. Для решения указанной задачи могут быть привлечены результаты, полученные в других науках и в первую очередь в биологии.

При решении задачи повышения эффективности использования энергетических ресурсов особый интерес представляет принцип наименьшего действия, сформулированный математиком Пьером Луи Мопертюи в 1740 г. Согласно этому принципу все явления природы происходят так, что действие, то есть интеграл от произведения массы, скорости и пройденного расстояния оказывается минимальным. В обоснование своего принципа Мопертюи привел несколько физических примеров, которые показывают, что природа действует наиболее экономным образом. Свой принцип Мопертюи провозгласил универсальным законом природы. Теорию Мопертюи поддержал величайший из математиков XVIII в. Леонард Эйлер, выразивший свое мнение так: «Поскольку наш мир устроен наисовершеннейшим образом и является творением всеведущего Творца, во всем мире не происходит ничего такого, в чем не было бы воплощено какое-либо правило максимума или минимума».

#### Критерий эффективного использования энергетического ресурса

Модификация традиционных алгоритмов управления с целью повышения эффективности использования энергетических ресурсов в автоматических системах должна обеспечивать реализацию технологических функций при требуемых характеристиках рабочих процессов и минимальных потерях во всех подсистемах, работу всех элементов при допустимых перегрузках, а также ограничение координат в соответствии с техническими характеристиками.

Энергетический ресурс автоматической системы — это источник электрической энергии, обеспечивающий возможность функционирования системы за счет использования внутренних запасов или преобразования энергии какого-либо вида в электрическую, а также средства передачи энергии от источника к потребителю и преобразования ее параметров. Критерий эффективного использования энергетического ресурса предусматривает организацию такого информационного ресурса, который обеспечивает достижение технически и экономически обоснованных характеристик системы при эффективном использовании энергетического и материального ресурсов в условиях естественных ограничений, обусловленных физическими возможностями объекта и технических средств регулирования. Система управления,

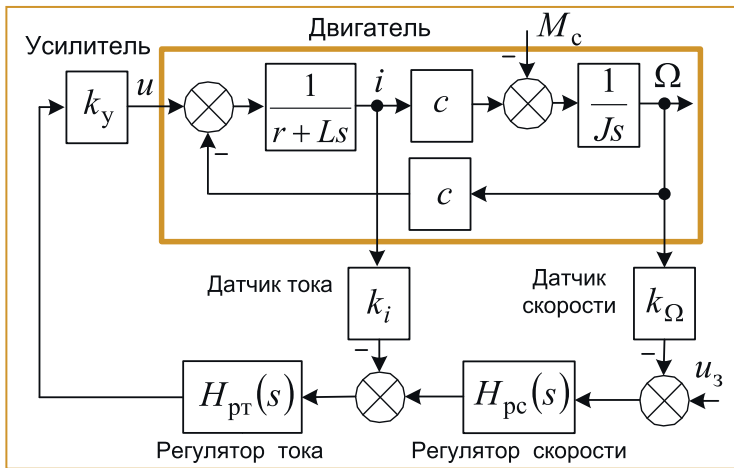


Рис. 1. Упрощенная линейризованная структурная схема системы электропривода постоянного тока

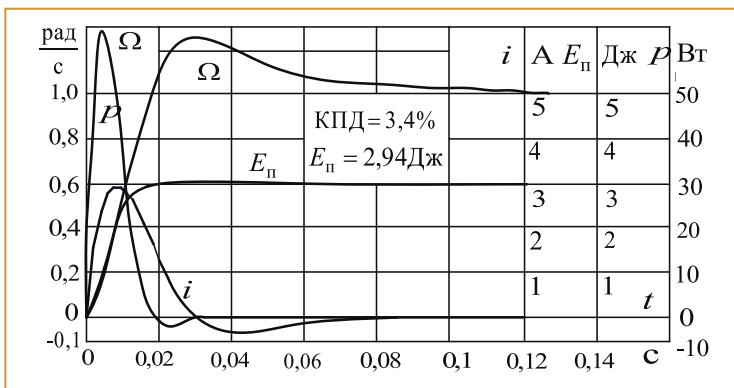


Рис. 2. Переходные процессы при изменении сигнала задания в электроприводе постоянного тока с ПИ-регуляторами тока и скорости

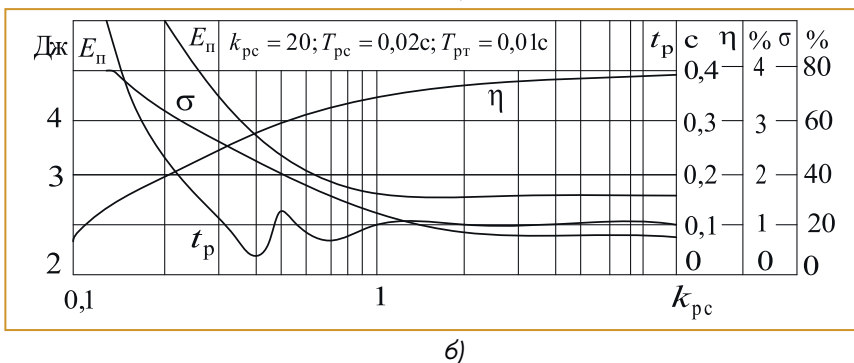
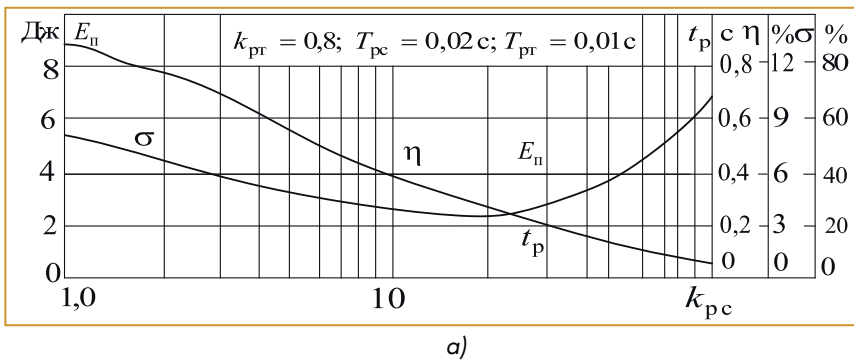


Рис. 3. Зависимости показателей качества регулирования от коэффициентов передачи регуляторов тока (а) и скорости (б)

обеспечивающая эффективное использование энергетического ресурса, должна содержать средства оценки этого ресурса и воздействия на систему, обеспечивающие ее движение в соответствии с наилучшей в энергетическом смысле траекторией. Следовательно для повышения эффективности использования энергетического ресурса требуется расширение информационного ресурса системы.

В качестве примера эффективности использования энергетического ресурса рассмотрим процессы в типовой системе электропривода. Упрощенная структурная схема линейризованной системы электропривода постоянного тока показана на рис. 1. Система содержит пропорционально-интегральные регуляторы скорости

$$H_{pc}(s) = \frac{k_{pc}(T_{pc}s + 1)}{T_{pc}s} \text{ и тока } H_{pt}(s) = \frac{k_{pt}(T_{pt}s + 1)}{T_{pt}s}.$$

Элементы моделируемой системы: двигатель серии 4 ПФ-112S с параметрами:  $r = 1$  Ом;  $L = 0,01$  Гн;  $c = B \cdot c/\text{рад}$ ;  $J = 0,2$  кг  $\cdot$  м<sup>2</sup>; усилитель с коэффициентом передачи  $k_y = 25$ ; датчики тока и скорости с коэффициентами передачи соответственно  $k_i = 0,1$  В/А;  $k_\Omega = 0,1$  В  $\cdot$  с/рад. При настройке регулятора тока на модульный оптимум, а регулятора скорости на симметричный оптимум их

параметры равны:  $T_{pt} = T_s = 0,01$  с;  $k_{pt} = \frac{rT_s}{2k_y k_i \tau} = 0,8$ ;

$$k_{pc} = \frac{ck_i}{4k_\Omega r \tau} = 20, T_{pc} = 8\tau = 0,02 \text{ с, где } \tau \text{ — малая}$$

постоянная времени, учитывающая инерционность усилительного устройства,  $\tau = 0,0025$  с.

На рис. 2 показаны диаграммы переходных процессов для тока  $i$ , скорости  $\Omega$  и мощности  $p = i\Omega$  в системе при ступенчатом изменении сигнала задания  $\Delta u_3 = 0,1$  В, что соответствует изменению скорости  $\Delta\Omega \approx 1$  рад/с, при стандартных настройках регуляторов. Переходный процесс при отсутствии нагрузки  $M_c = 0$  характеризуется временем регулирования  $t_p = 0,08$  с и перерегулированием  $\sigma \approx 24\%$ . Потребляемая энергия за время переходного процесса  $E_n = 2,94$  Дж, КПД пуска  $\eta = 3,4\%$ . На рис. 3 приведены зависимости потребляемой за время переходного процесса энергии  $E_n$ , времени регулирования  $t_p$  и КПД привода от параметров регуляторов  $k_{pt}, T_{pt}, k_{pc}$ .

Рассмотренный пример показывает, что обеспечение «классических» показателей качества в ти-

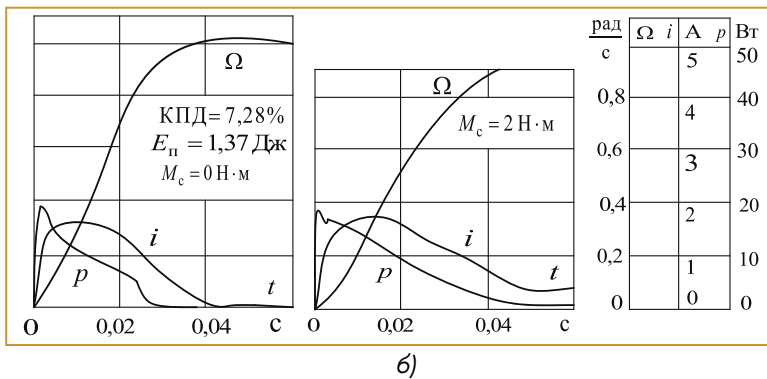
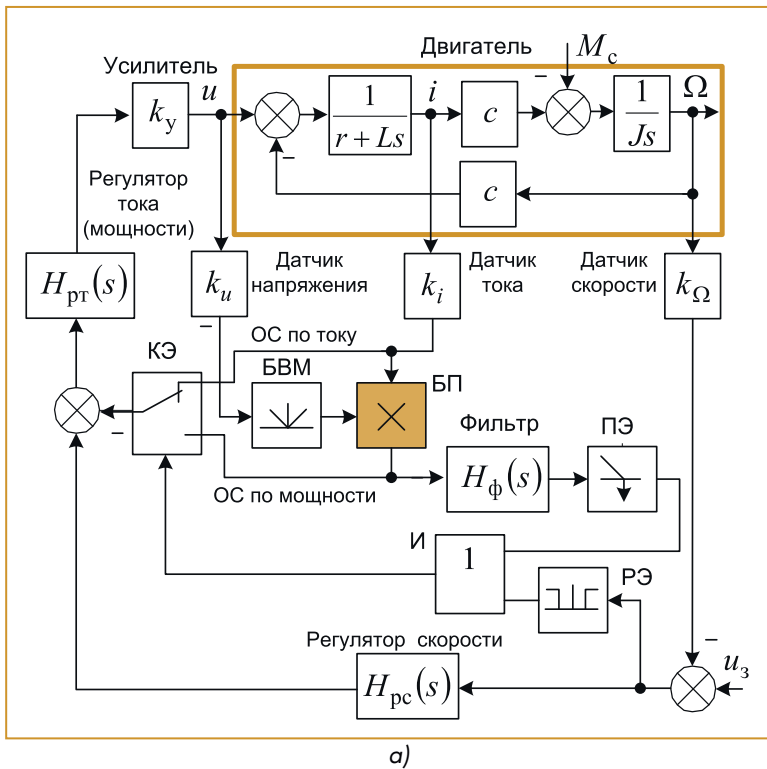


Рис. 4. Структурная схема системы электропривода с переключаемой обратной связью (а) и переходные процессы для скорости, тока и мощности при различных значениях механической нагрузки (б)

повой системе достигается при очень низком КПД переходного процесса — < 4%. Для сравнения, КПД прямого пуска двигателя без нагрузки составляет 50%.

Все компоненты автоматической системы связаны общим энергетическим ресурсом, и для его эффективного использования необходимо управление процессами как в отдельных подсистемах, так и координация этих процессов в системе в целом, включая электропитающее устройство и технологический процесс. Практически это означает, что для повышения эффективности управления в автоматических системах должны использоваться многоконтурные структуры и специальные нелинейные алгоритмы управления.

Многообразие объектов и задач управления определяет доминирование индивидуального подхода к синтезу автоматических систем, основанного в каждом случае на глубоком анализе и исследовании особенностей физических процессов, уточнении мо-

делей. Это означает, что проектирование и синтез в области автоматического управления не имеют жестких схем, это творческие процессы.

Рациональным способом повышения эффективности использования энергетических ресурсов в автоматических системах следует считать подход, основанный на контроле диссипативных процессов, который предполагает:

- использование локальных регуляторов энергетических процессов для всех подсистем электропривода: электропитающей, преобразовательной, электродвигательной и передаточной;
- реализацию алгоритмов управления с использованием подчиненных контуров регулирования активной и реактивной составляющих мощности, мощности потерь и др.;
- взаимосвязанное управление отдельными подсистемами;
- использование рекуперированной энергии в автоматических системах.

**Практическая реализация алгоритмов эффективного использования энергетических ресурсов в автоматических системах**

**Система электропривода с дополнительным подчиненным контуром мощности.** На рис. 4 показана функциональная схема системы электропривода с дополнительной переключаемой обратной связью по мощности в подчиненном контуре. Если ошибка системы по скорости не превышает заданной величины, то есть  $|\epsilon| < \epsilon_0$ , и средняя мощность  $p$ , потребляемая электродвигателем, не превышает значения  $P_0$ , то коммутационный элемент подключает к входу регулятора подчиненного контура сигнал с выхода датчика тока, то есть в системе действует отрицательная

обратная связь по току. При этом в электроприводе обеспечиваются высокие показатели качества регулирования, значения которых не изменяются при изменении механической нагрузки. В переходных режимах при изменении сигнала задания или нагрузки происходит изменение ошибки регулирования  $\epsilon$ . Если величина ошибки  $\epsilon$  превысит значение  $\epsilon_0$ , переключающий элемент коммутатора соединяет вход регулятора с выходом блока перемножения (БП). Аналогичное переключение коммутатора происходит при превышении сигналом, пропорциональным средней мощности  $p$ , значения уставки  $P_0$  порогового элемента (ПЭ). При этом в системе включается обратная связь по мощности, обеспечивающая минимизацию потерь в двигателе и ограничение потребляемой мощности при перегрузках. Временные диаграммы процессов в рассмотренной

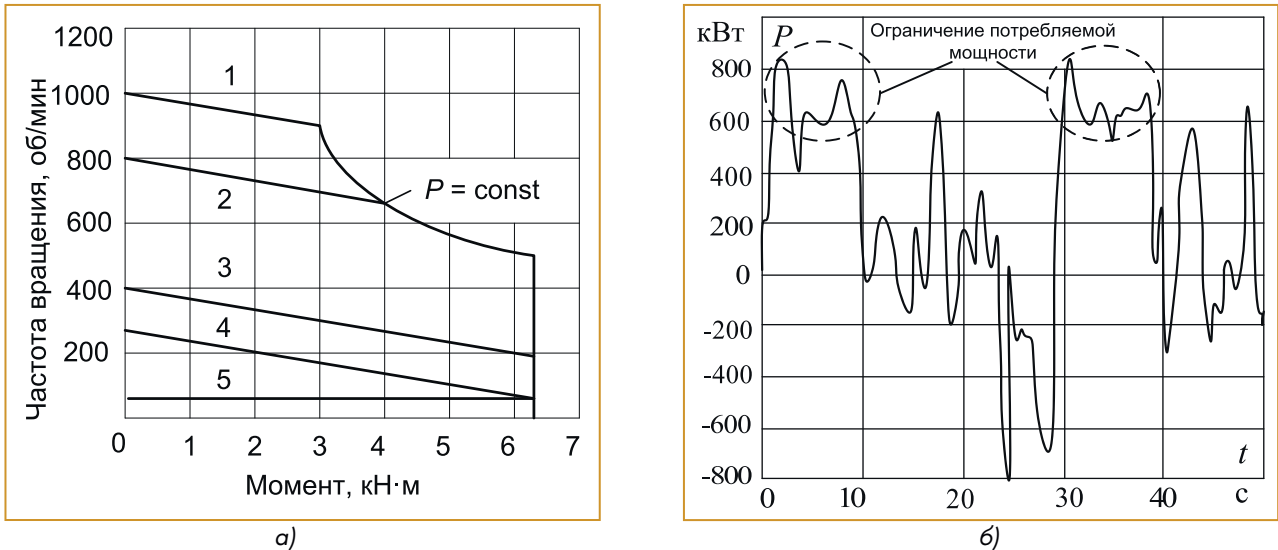


Рис. 5. Механическая характеристика электропривода подъема (а) и осциллограмма активной мощности экскаватора ЭКГ-20 (б)

системе при различных значениях момента нагрузки показаны рис. 4,б.

положения и датчиком положения, и три подчиненных: тока, мощности и скорости. Действие подчинен-

КПД пуска по сравнению со случаем традиционной структуры системы (рис. 1) повышается более чем в 2 раза при улучшении качества переходного процесса.

Улучшение энергетических характеристик и ограничение мощности, потребляемой электроприводом, может быть достигнуто дополнительным включением сигнала обратной связи по мощности в зависимости от величины других переменных, характеризующих режим системы, например, тока. На рис. 5,а показано семейство механических характеристик электропривода подъема карьерного экскаватора. В режимах, характеризующихся значениями тока, не превышающими допустимого значения, например, номинального, мехатронная система имеет свойства традиционного электропривода с подчиненным регулированием координат. Действие обратной связи по мощности происходит при перегрузках и обеспечивает ограничение тока и момента в переходных режимах и снижение потребляемой электроэнергии. На рис. 5,б показана осциллограмма тока, потребляемого экскаватором, при циклической работе.

**Следящая система.** На рис. 6,а показана функциональная схема следящего привода с подчиненным контуром регулирования мощности. Система содержит четыре контура регулирования: главный, образованный регулятором

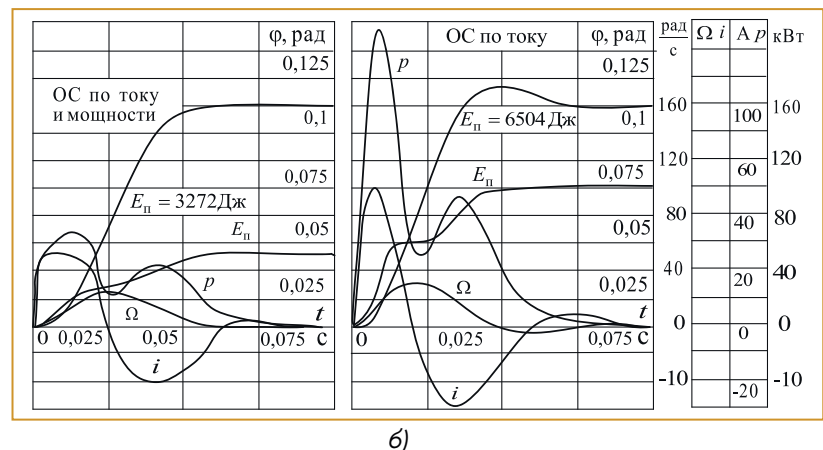
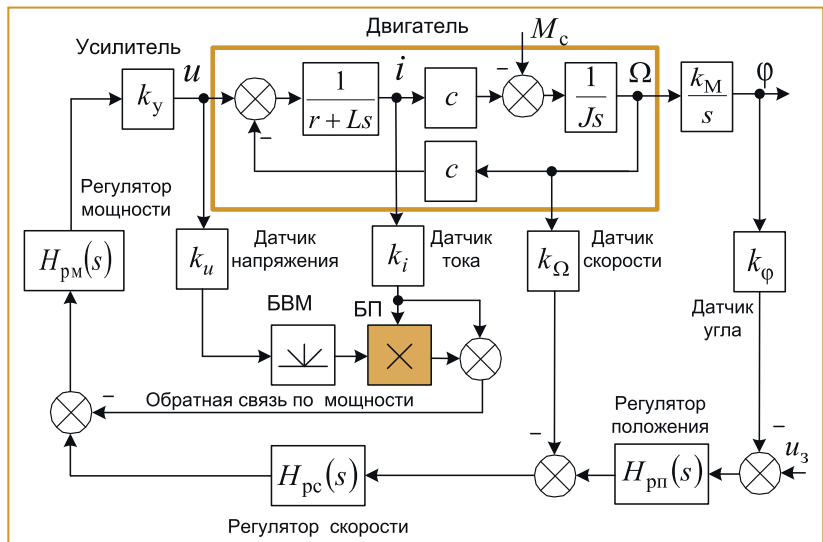


Рис. 6. Структурная схема (а) и диаграммы переходных процессов (б) в следящей системе с подчиненным контуром регулирования мощности

ного контура регулирования мощности обеспечивает минимизацию мощности потерь в якорной обмотке двигателя.

На рис. 6,б приведены диаграммы переходных процессов для тока, скорости и угла поворота в следящей системе при отработке угла рассогласования  $\varphi_0 = 0,1$  рад. Параметры моделируемой системы:  $r = 15$  Ом;  $T_s = 0,01$  с;  $0,2$  кг·м<sup>2</sup>;  $c = 1$  В·с/рад; коэффициент передачи редуктора  $k_m = 0,1$ ;  $k_i = 0,1$  В/А;  $k_\Omega = 0,1$  В·рад/с;  $k_\phi = 1$  В/рад;  $k_y = 25$ ; П-регулятор положения:  $k_n = 50$ ; П-регулятор скорости:  $k_{pc} = 20$ ; ПИ-регулятор тока:  $k_{pt} = 0,8$ ;  $T_{pt} = 0,01$  с; П-регулятор мощности:  $k_{pm} = 1,0$ .

Из диаграмм следует, что за счет действия обратной связи энергия, потребляемая приводом из сети за время переходного процесса, уменьшается в 2 раза по сравнению со случаем классической оптимальной настройки системы при близких значениях времени регулирования. При этом диаграммы тока, скорости и положения по форме практически совпадают с оптимальными по критерию минимума потерь, теоретически полученными для электромеханических систем.

**Асинхронный электропривод с различными алгоритмами управления.** С целью исследования энергетических процессов при различных способах управления асинхронным двигателем выполнено моделирование процессов пуска трех двигателей различных мощностей (5A80MA4—1.1 кВт; 5A225M4—55 кВт; 5AM315MB2—250 кВт) при скалярном и векторном управлении [8]. Результаты моделирования приведены в таблице. Данные свидетельствуют о значительном преимуществе векторного способа управления. Энергетическая эффективность возрастает с увеличением мощности двигателя.

**Использование рекуперированной энергии в мехатронных системах.** Особый интерес представляет организация полезного использования энергии, рекуперированной при работе электромеханических преобразователей, например, в горных машинах [9]. Работа мехатронного комплекса одноковшового экскаватора, содержащего три основных привода главного движения — подъема, напора (тяги) и поворота имеет циклический характер. В течение цикла продолжительностью 25...60 с происходит потребление энергии из сети и ее преобразование в механическую работу, изменение кинетической и потенциальной энергий механических масс, механо-электрическое преобразование кинетической энергии движущихся масс (при торможении платформы и опускании ковша) и активного действия горной породы, рекуперация электрической энергии в питающую сеть и диссипация энергии в электрических и механических элементах мехатронной системы и питающей сети. На рис. 5 показана экспериментальная осциллограмма активной мощности, потребляемой карьерным экскаватором ЭКГ-20. Процесс зарегистрирован на вводе высоковольтной ячейки экскаватора. Таким образом, при выполнении механической работы экскаватором

Таблица. Потери при пуске асинхронных двигателей при различных алгоритмах управления

Тип управления	Двигатель					
	5A80MA4		5A225M4		5AM315MB2	
	кВт	%	кВт	%	кВт	%
Прямой пуск	3,24	100	77,10	100	370,87	100
Скалярное управление	2,51	77	14,90	19	40,74	11
Векторное управление	1,76	54	5,74	7	16,94	5

происходит многократное преобразование энергии и изменение ее параметров. Особенность мехатронного комплекса экскаватора — его активное взаимодействие с питающей электрической сетью. Характер этого взаимодействия зависит от структуры и компонентов мехатронной системы, а также от параметров питающей электрической сети и характеристик электротехнических устройств, работающих в этой сети.

В результате экспериментальных исследований процессов при работе карьерного экскаватора ЭКГ-20 с электрическими приводами переменного тока установлено: суммарная рекуперированная механическая энергия составляет 30% от потребленной активной энергии; электрическая энергия, рекуперированная главными приводами, составляет 20...26% от потребленной приводами активной энергии; > 30% рекуперированной приводами главного движения энергии, потребляется электрооборудованием собственных нужд экскаватора; рекуперированная экскаватором активная энергия составляет 9...14% от потребленной энергии;

Результаты компьютерного моделирования свидетельствуют о том, что применение емкостного накопителя энергии позволяет повысить эффективность использования электрической энергии на экскаваторе [9]. Однако для этого требуется большая емкость накопителя для снижения колебаний напряжения в звене постоянного тока. По данным [10] применение устройства для ограничения максимума нагрузки Peak Shaver на экскаваторах позволяет снизить выбросы CO<sub>2</sub> от каждой машины на 723 т/г.

#### Заключение

Эффективность использования энергетических ресурсов составляет одну из важнейших задач теории и практики автоматических систем, актуальность которой возрастает в настоящее время вследствие повышения требований к качеству процессов управления, увеличения стоимости всех видов энергии и жестких экологических и ресурсных ограничений. Стратегией развития автоматизации в XXI столетии, по-видимому, должно стать гармоничное управление, обеспечивающее создание систем и алгоритмов, основанных на моделировании высоких функциональных возможностей живых организмов при взаимодействии со средой и использовании ресурсов.

*Всякий процесс есть энергетический феномен, а энергия может порождаться лишь напряжённым единством противоположностей.*

Карл Густав Юнг

Рассмотренные основные положения синтеза алгоритмов и средств управления, обеспечивающих эффективное использование энергетических ресурсов в автоматических системах, основаны на расширении информационного ресурса системы управления. При этом управление процессами осуществляется как в отдельных подсистемах, так и в системе в целом. Улучшение показателей качества регулирования при снижении потребляемой энергии в 2 и более раза достигается при использовании специальных обратных связей в автоматических системах, в том числе дополнительных обратных связей по мощности, мощности потерь и др.

#### Список литературы

1. Малафеев С.И., Малафеева А.А. Основы автоматики и системы автоматического управления. М., Академия. 2010. 384 с.
2. Boulding K.E. The Economics of the Coming Spaceship Earth // Н. Jarrett (ed.). Environmental Quality in a Growing Economy, Baltimore, MD: Resources for the Future. - Johns Hopkins University Press. 1966. pp. 3 - 14.
3. Кутрубас В.А., Сычева Е.Е. Эффективный ПИД регулятор // Промышленные АСУ и контроллеры. 2013. № 5. С. 60-65.
4. Красовский А.А. Проблемы физической теории управления // Автоматика и телемеханика. 1990. № 11. С. 3-28.
5. Шински Ф. Управление процессами по критерию эффективного использования энергии. Пер. с англ.; Под ред. Е.К. Масловского. М.: Мир, 1981. 388 с.
6. Xia X.H., Zhang J.F. Energy efficiency and control systems - from a POET perspective. In: Proceeding of the 2010 Conference on Control Methodologies and Technology for Energy Efficiency. Portugal: IFAC, 2010, pp. 255-260.
7. Малафеева А.А. Геометрическая модель внешних управлений в сложных системах // Известия РАН. Теория и системы управления. 2010. № 4. С. 18-26.
8. Малафеев С.И., Захаров А.В. Исследование потерь в асинхронном двигателе при переходных процессах // Электротехника. 2008. № 7. С. 2-5.
9. Малафеев С.И., Малафеев С.С., Серебрянников Н.А. Компьютерное моделирование мехатронных систем одноковшовых экскаваторов / Горное оборудование и электромеханика. 2011. № 5. С. 24-29.
10. Kolner W., Madhavarao G. Peak Shaver/Rate Rise Limiter for Electric Rope Shovels and Draglines. June 13, 2013 MEMSA Annual Meeting, Clearwater, FL. 2013. - 24 p.

*Малафеев Сергей Иванович — д-р техн. наук, проф., главный научный сотрудник ООО Компания «Объединенная Энергия», проф. Владимирского государственного университета им. А.Г. и Н.Г. Столетовых,*

*Малафеева Алевтина Анатольевна — д-р техн. наук, проф., Владимирского государственного университета им. А.Г. и Н.Г. Столетовых.  
Контактный телефон (4922) 36-15-36.  
E-mail: simalafeev@gmail.com*

#### Новый релиз IoT-платформы Winnum

Компании Техносерв и Winnum представляют обновленную версию флагманской платформы - системы мониторинга производственного оборудования Winnum. Техносерв протестировал новые возможности версии Winnum Platform 4.2 в собственной лаборатории и готовится в ближайшее время провести обновление платформы у своих заказчиков.

Winnum — передовая российская платформа для промышленного Internet вещей. Она позволяет осуществлять мониторинг и диагностику оборудования, оптимизировать технологические процессы, следить за ходом производства, тестировать новые алгоритмы и решения на реальных данных. Решение сокращает сроки, расходы и риски, связанные с внедрением новых бизнес-моделей, за счет использования интеллектуальной среды, включающей: защищенное облако, работающее с большими данными, модули для подключения любых устройств и изделий и платформу для запуска Web-приложений. Ключевыми особенностями платформы являются высокая производительность, простота подключения устройств и безопасность работы с полученными большими данными, выбор взаимодействия любого уровня от мониторинга до создания специализированных систем для автоматизированной оптимизации производственных процессов, гибкое управление изменениями, а также наличие набора готовых решений для различных отраслей и областей применения.

В обновленной версии Winnum Platform 4.2 основные нововведения касаются расширения аналитических возможностей.

Например, разработана и внедрена качественно новая аналитика по подсчету выполненных технологических операций и произведенных деталей. Также была усовершенствована функциональность по расчету и отслеживанию экономических показателей: добавлены отчеты и аналитика по выработке и целевым показателям окупаемости оборудования. Кроме того, в новом релизе были обновлены и улучшены практически все отчеты (повышена скорость и точность обработки данных, расширена функциональность), введены новые отчеты - по загрузке оборудования, по общей активной работе пользователей и т.д.

Новый релиз претерпел существенные изменения и на системном уровне: производительность платформы была значительно повышена за счет полностью обновленного собственного сервера приложений. Расширение линейки автоматически подключаемого оборудования с помощью новых специальных коннекторов было достигнуто благодаря опыту, полученному при реализации проектов с предприятиями разных отраслей. Кроме того, интерфейс платформы стал еще удобнее для пользователей: теперь главная страница Winnum Platform похожа на экран смартфона, на котором в первую очередь видны заданные приложения.

Также было обновлено отдельное приложение для планшетов операторов - Winnum Cockpit Professional для Winnum Pad. Появились возможности для ручного введения параметров состояния оборудования, программа усовершенствована и упрощена для удобства использования линейными работниками на производстве.

[Http://www.technoserv.com](http://www.technoserv.com) и [www.winnum.ru](http://www.winnum.ru)