

Из рис. 2 видно, что отклонение реальной статической характеристики термопары при различных значениях длительности выполнения измерения сокращается при меньших временах нагрева датчика, что подтверждается зависимостями, приведенными на рис. 3. По представленным данным видно, что условия выполнения измерения, способ монтажа датчика на объекте измерения оказывают существенное влияние на точность измерения. Обоснованный выбор длительности выполнения измерений позволит снизить мультипликативную погрешность измерения температуры термопарами.

Литература

1. Kok M.V. Thermal behavior and kinetics of crude oils at low heating rates by differential scanning calorimeter // Fuel Processing Technology, 2012. – Vol. 96. – p. 123–127.
2. Li H., Zhang J., Song C., Sun G. The influence of the heating temperature on the yield stress and pour point of waxy crude oils // Journal of Petroleum Science and Engineering November, 2015. – Vol. 135. – p. 476–483.
3. Negoită L.I., Rădulescu S. Heating Systems in a Crude Oil Pumping Station // Petroleum–Gas University of Ploiesti Bulletin. Technical Series, 2016. – Vol. 68, Is. 3. – p. 41–47.
4. Yip Y.H., Foo J.J. The mitigation against crude oil wax solidification subsequent to heating: A sustainable crude oil logistic strategy // Asia Pacific Confederation of Chemical Engineering Congress 2015: APCChE 2015, incorporating SNAMECA, 2015. – p. 2705–2716.
5. Атрошенко Ю.К., Бычкова А.А. Численное моделирование контактных средств измерения температуры технологических сред на нефтяных и газовых месторождениях // Труды XX Международного симпозиума имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр» в 2 томах. – Томск, 2016. – Т.2. – С. 291–293.
6. Атрошенко Ю.К., Стрижак П.А. Необходимое время измерения термоэлектрическими преобразователями с защитными гильзами // Датчики и системы. – Москва, 2015. – № 5 (192). – С. 23–27;
7. Атрошенко Ю.К., Стрижак П.А. О влиянии защитной гильзы на погрешность измерения температуры термоэлектрическими преобразователями // Энергетик. – Москва, 2015. – № 10. – С. 52–55;
8. ГОСТ 3044-84. Преобразователи термоэлектрические. Номинальные статические характеристики. 87 с. 1985 год
9. Тихоненков В.А., Солуянов Д.А. Компенсация мультипликативной температурной погрешности с учетом положительной нелинейности температурной характеристики выходного сигнала датчика // Технические науки – от теории к практике. – Новосибирск, 2013. – № 19. – С. 143–150.

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ МОМЕНТОМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГРАДИЕНТНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Л.А. Богомолова

Научный руководитель д.т.н., И.Ю. Семькина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В современной промышленности в качестве исполнительного устройства наибольшее распространение получил электропривод переменного тока на базе асинхронного двигателя. Этот тип электропривода обладает общепризнанными достоинствами. Для управления асинхронными электродвигателями преимущественно используют преобразователи частоты, которые позволяют регулировать координаты электропривода и оптимизировать режим работы. В тоже время преобразователи частоты могут реализовывать различные законы управления двигателем.

Одним из перспективных существующих законов управления асинхронным электроприводом является градиентное управление (ГУ), которое позволяет сформировать аналитическое выражение регулятора, обеспечивающего движение к цели управления с максимальной интенсивностью исходя из текущего состояния объекта управления.

$$\mathbf{u} = [u_{1\alpha} \quad u_{1\beta} \quad 0 \quad 0]^T.$$

$$\frac{\partial \omega(\mathbf{x}, \mathbf{u}, t)}{\partial \mathbf{u}} = \begin{bmatrix} -h_1 \Psi_{2\beta} \Delta_M + h_2 \Psi_{1\alpha} \Delta_{\Psi 1} \\ h_1 \Psi_{2\alpha} \Delta_M + h_2 \Psi_{1\beta} \Delta_{\Psi 1} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix},$$

где: h_1, h_2 – весовые коэффициенты градиентного регулятора, $\Delta_{\Psi 1}$ – разница между измеренной и заданной величинами потока статора, Δ_M – разница между измеренной и заданной величинами электромагнитного момента, $\Psi_{2\beta}, \Psi_{2\alpha}$ – составляющие электромагнитного потока ротора по осям α и β в неподвижной системе координат, $\Psi_{1\beta}, \Psi_{1\alpha}$ – составляющие электромагнитного потока ротора по осям α и β в неподвижной системе координат.

Проведенные на текущий момент исследования доказали, что градиентное управление имеет быстроедействие, аналогичное быстрдействию прямого управления моментом, а также может использоваться как основа для энергооптимальной системы управления [1].

Ленточные конвейеры являются одним из наиболее распространённых типов горных машин, для которых

актуальными являются вопросы ресурсосберегающего управления. При управлении такими ЭП, помимо технологических задач, необходимо обеспечивать равномерное натяжение ленты вдоль всего ее полотна на любой требуемой скорости движения, уменьшение скольжения полотна по поверхности барабана, а также минимальное значение рассеиваемой мощности. В качестве фрагмента исследования путей решения этих задач, в данной работе предложена имитационная модель привода с градиентным управлением.

При построении имитационной модели асинхронного электропривода были приняты следующие допущения:

- Математическое описание АД представлено двухфазной машиной в неподвижной системе координат;
- Эффекты насыщения в модели АД отсутствуют;
- Сетевое напряжение ограничено действующим значением 220 В;
- Влияние ШИМ на напряжение статорной обмотки АД не учитывается.

По уравнениям, приведенным в [1] составлена структурная схема электропривода с ГУ, представленная на рисунке 1.

Недостатком градиентного управления является необходимость использования в структуре регуляторов весовых коэффициентов, значения которых влияют на качество регулирования. Выбор значения этих коэффициентов может производиться по адаптационному принципу в зависимости от состояния привода.

Рассматриваемая система градиентного управления асинхронным электроприводом, приведенная на рис. 1 и описанная в уравнении, содержит составляющую управления моментом и составляющую управления потоком статора АД с короткозамкнутым ротором. Результаты моделирования при значения коэффициентов $h_1=10$ и $h_2=10$ для потока приведены на рис. 2,а. Переходные процессы для электромагнитного момента для тех же значений весовых коэффициентов при ступенчатом задании приведены на рис. 2,б.

Результаты увеличения весовых коэффициентов h_1 и h_2 в 5 раз для потока статора и электромагнитного момента соответственно приведены на рис. 3,а и б.

На рис. 4 приведен график переходного процесса для пуска двигателя под нагрузкой с линейно-нарастающим заданием электромагнитного момента. В момент времени 0,4 с производится наброс нагрузки.

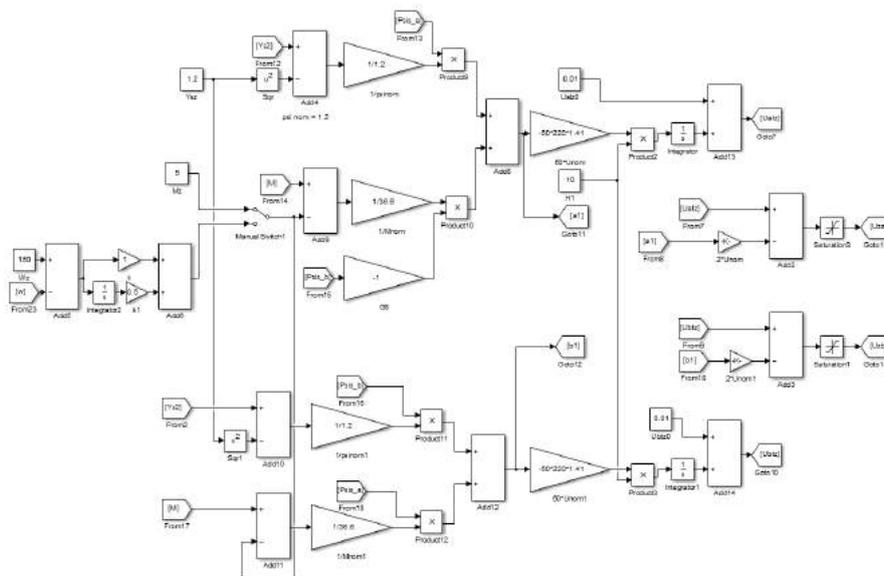


Рис. 1. Структурная схема градиентного управления

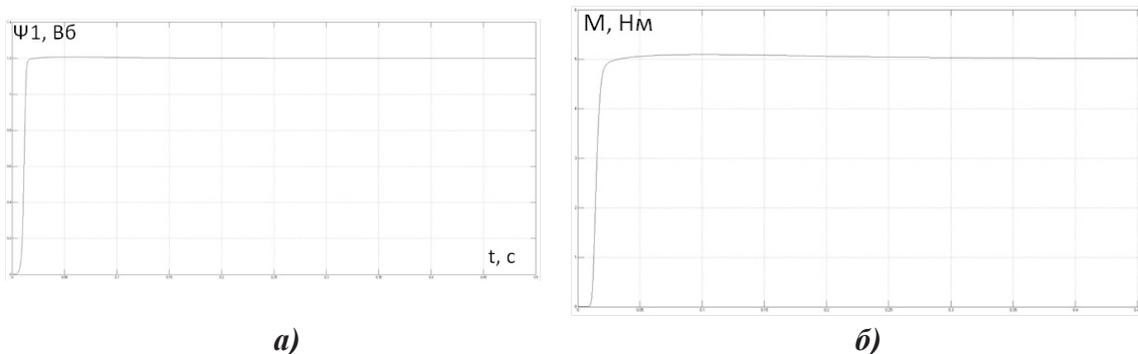


Рис. 2. Реакция системы на ступенчатое задание при значениях весовых коэффициентов $h_1=h_2=10$: а) переходный процесс потока статора; б) переходный процесс электромагнитного момента

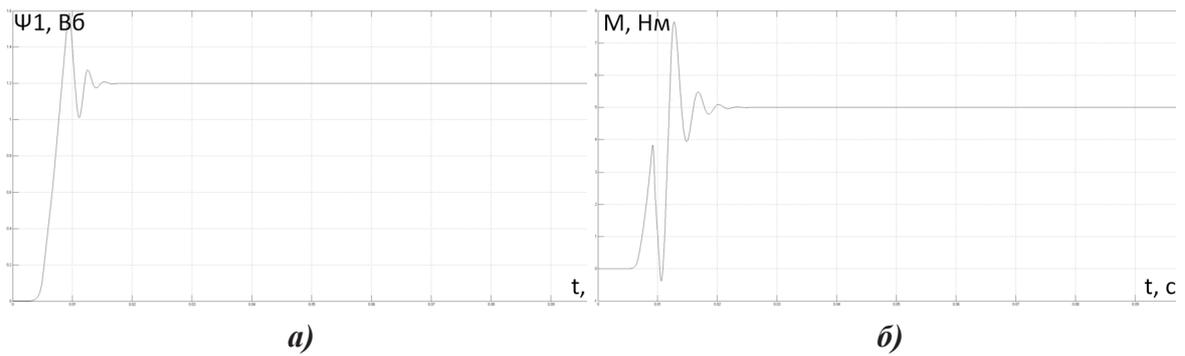


Рис. 3. Реакция системы на ступенчатое задание при значении весовых коэффициентов $h1=h2=50$: а) переходный процесс потока статора; б) переходный процесс электромагнитного момента

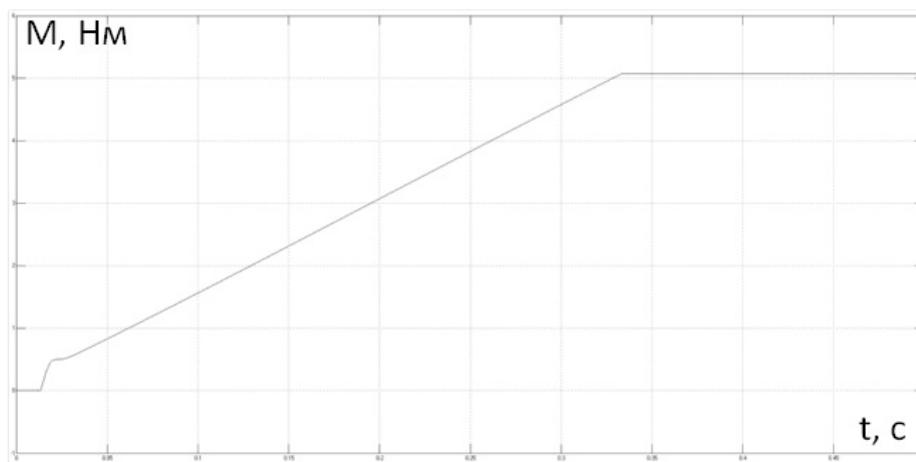


Рис. 4. Переходный процесс электромагнитного момента двигателя для линейно-изменяющегося задания на момент

На рис. 5 приведен график переходных процессов для электромагнитного момента при скачкообразном изменении задания.

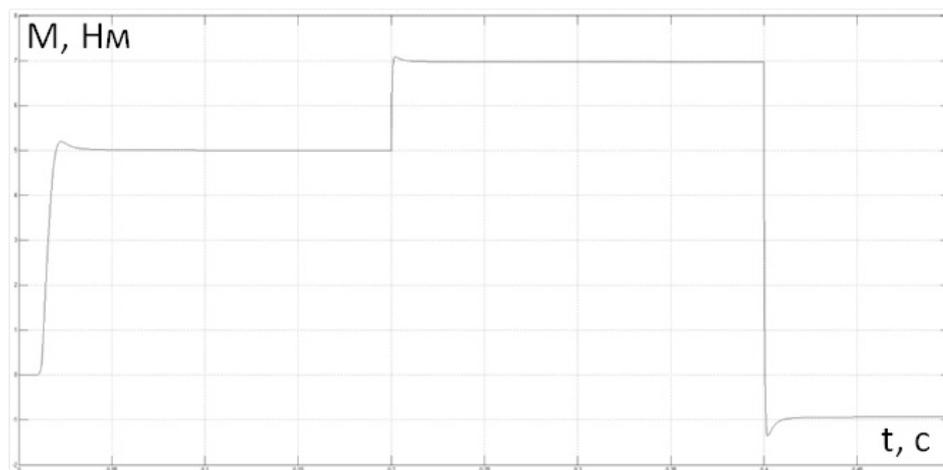


Рис. 5. Переходный процесс электромагнитного момента двигателя для ступенчатого изменения задания на момент

Из вышеприведенных графиков видно, что предлагаемая система электропривода позволяет решать задачи по управлению моментом с достаточно высокой точностью при использовании асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. Однако исследования требуемого характера зависимостей весовых коэффициентов от переменных состояния на текущий момент являются актуальным направлением для дальнейшего изучения.

Литература

1. Семькина И.Ю. Повышение энерго- и ресурсоэффективности горных машин средствами регулируемого электропривода: дис. ... доктора техн. наук. – Кемерово, 2013. – 312 с.
2. Семькина И.Ю. Градиентное управление в решении основных задач электропривода // Вестн. КузГТУ. – 2010. – №1 – С. 99-103.
3. Завьялов В.М. Градиентное управление частотно-регулируемым асинхронным электроприводом // Изв. Вузов. Электромеханика. – 2008. – №3. – С. 71-72.
4. Ключев В.И. Теория электропривода: учеб. для вузов. – 3-е изд. Перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 2001. – 704 с.

ПОКАЗАТЕЛЬ ТЕПЛОВЫЙ ИНЕРЦИИ ТЕРМОПАР В СИСТЕМАХ РЕГУЛИРОВАНИЯ
ТЕМПЕРАТУРЫ УСТАНОВОК ПОДОГРЕВА НЕФТИ

Т.С. Бойкова, Ю.К. Атрошенко

Научный руководитель к.т.н., ст. преподаватель кафедры АТП Ю.К. Атрошенко
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В Российской Федерации располагаются значительные запасы газа и нефти. Основные месторождения расположены в Западно-Сибирском, Тимано-Печорском, Северо-Кавказском, Волго-Уральском нефтегазоносном бассейне [4]. Местоположение месторождений во многом определяет условия добычи, обработки и транспортировки нефти, так как в условиях низких температур могут существенно изменяться характеристики нефти. Вследствие кристаллизации парафина (главным образом, при работе с высокопарафинистой, вязкой нефтью), входящего в состав нефти, и других факторов происходит ее загустение, что может привести к приостановлению технологического процесса и даже к выходу оборудования из строя. Для обеспечения надежного режима эксплуатации оборудования необходимо обеспечивать предотвращение застывания и текучесть нефти в трубопроводах. В этих целях выполняется подогрев нефти от устья скважин до центральных пунктов сбора и подготовки нефти [1, 9].

Для подогрева нефти в выкидных линиях скважин используются устьевые нагреватели, для подогрева продукции в нефтесборных коллекторах – путевые и трубопроводные подогреватели. Регулирование температуры подогрева нефти выполняется путем изменения расхода греющей среды (горячего воздуха, топливных газов) [7, 8]. Принципиальная схема регулирования температуры нефти в трубчатой печи показана на рис. 1.

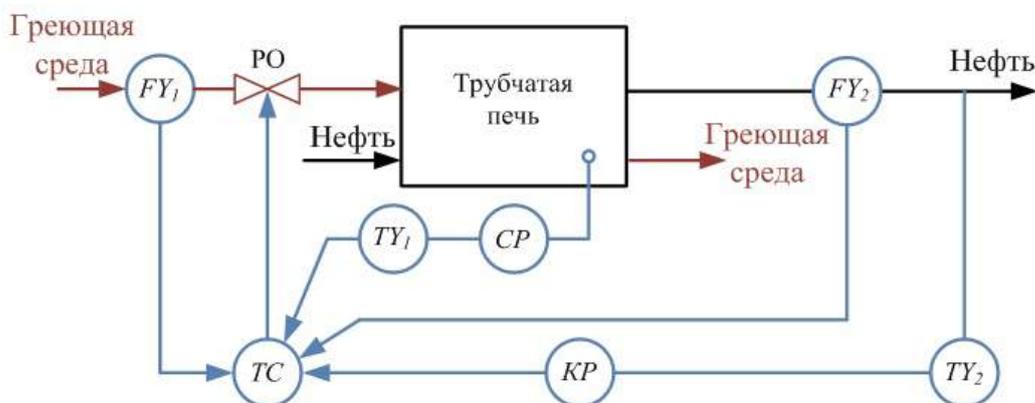


Рис. 1. Принципиальная схема каскадной системы регулирования температуры подогрева нефти: FY_1 , FY_2 – преобразователи расхода греющей среды и нефти; TY_1 , TY_2 – преобразователи температуры газов над перевальной стенкой печи и нефти на выходе; $ТС$ – регулятор; $СП$ – стабилизирующий регулятор; $КР$ – корректирующий регулятор

Система регулирования температуры нефти на выходе печи должна учитывать возмущения расходом и температурой исходной нефти, параметрами топлива и воздуха, потерями тепла в окружающую среду, а также высокую инерционность печи. Система автоматического регулирования, принципиальная схема которой показана на рисунке 1, имеет достаточно высокое качество регулирования, включающей корректирующий регулятор (регулирование по температуре нефти на выходе из печи) и стабилизирующий регулятор (регулирование по температуре над перевальной стенкой) [6–8]. При расчете оптимальных настроек регуляторов используются передаточные функции объекта (печи) и первичных преобразователей температуры (термоэлектрических преобразователей (термопар)). Передаточная функция печи определяется при идентификации конкретного объекта или описывается в документации, передаточная функция термопары описывается выражением: