

4. Huyck, B. Online model predictive control of industrial processes using low level control hardware: A pilot-scale distillation column case study [Text] / B. Huyck, J. De Brabanter, B. De Moor, J. F. Van Impe, F. Logist // Control Engineering Practice. — 2014. — Vol. 28. — P. 34–48. doi:10.1016/j.conengprac.2014.02.016
5. Van der Ham, L. G. J. Hydrogenation of carbon dioxide for methanol production [Text] / L. G. J. van der Ham, H. van den Berg, A. Benneker, G. Simmelink, J. Timmer, S. van Weerden // Chemical Engineering Transactions. — 2012. — Vol. 29. — P. 181–186. doi:10.3303/CET1229031
6. Wang, L. Model Predictive Control System Design and Implementation Using MATLAB [Text] / L. Wang. — London: Springer, 2009. — 378 p. doi:10.1007/978-1-84882-331-0
7. Skogestad, S. Dynamics and Control of Distillation Columns — A Critical Survey [Text] / S. Skogestad // Modeling, Identification and Control: A Norwegian Research Bulletin. — 1997. — Vol. 18, № 3. — P. 177–217. doi:10.4173/mic.1997.3.1
8. Skogestad, S. The Dos and Don'ts of Distillation Column Control [Text] / S. Skogestad // Chemical Engineering Research and Design. — 2007. — Vol. 85, № 1. — P. 13–23. doi:10.1205/cherd06133
9. Kothandaraman, J. Conversion of CO₂ from Air into Methanol Using a Polyamine and a Homogeneous Ruthenium Catalyst [Text] / J. Kothandaraman, A. Goepfert, M. Czaun, G. A. Olah, G. K. S. Prakash // Journal of the American Chemical Society. — 2016. — Vol. 138, № 3. — P. 778–781. doi:10.1021/jacs.5b12354
10. Drgona, J. Model identification and predictive control of a laboratory binary distillation column [Electronic resource] / J. Drgona, M. Klauco, R. Valo, J. Bendzala, M. Fikar // 2015 20th International Conference on Process Control (PC), June 9–12, 2015, Strbske Pleso, Slovakia. — Available at: \www/URL: https://www.researchgate.net/publication/278392589_Model_Identification_and_Predictive_Control_of_a_Laboratory_Binary_Distillation_Column. doi:10.1109/pc.2015.7169989
11. Стопакевич, А. А. Системный анализ и теория сложных систем управления [Текст] / А. А. Стопакевич. — Одесса: Астропринт, 2013. — 380 с.

МОДЕЛЬНО-ПРОГНОЗУЮЩЕ УПРАВЛІННЯ РЕКТИФІКАЦІЙНОЮ КОЛОНОЮ В ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ УТИЛІЗАЦІЇ ВУГЛЕКИСЛОГО ГАЗУ В ВИРОБНИЦТВІ МЕТАНОЛУ

Розроблена сучасна високоякісна модельно-прогнозуюча система управління ректифікаційною колоною, яка є основним апаратом новітнього технологічного процесу утилізації вуглекислого газу в виробництво метанолу. Промодельований процес виробництва метанолу. Показано, що розроблена система управління дуже добре парює основні збурення по зміні концентрації продукту, який поступає в колону з реактору синтезу.

Ключові слова: модельно-прогнозуюче управління, ректифікаційна колона, технологічний процес, утилізація, вуглекислий газ, метанол.

Пастушенко Віталій Семенович, кафедра автоматизації теплоенергетических процесов, Одеський національний політехнічний університет, Україна, e-mail: vitaliyenergin@gmail.com. Стопакевич Алексей Аркадьевич, кандидат техніческих наук, доцент, кафедра автоматизації теплоенергетических процесов, Одеський національний політехнічний університет, Україна. Стопакевич Андрей Алексеевич, кандидат технических наук, доцент, кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологіческих процесов и производств, Одесская национальная академия связи им. О. С. Попова, Украина.

Пастушенко Віталій Семенович, кафедра автоматизації теплоенергетических процесів, Одеський національний політехнічний університет, Україна.

Стопакевич Олексій Аркадійович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра автоматизації теплоенергетических процесів, Одеський національний політехнічний університет, Україна.

Стопакевич Андрій Олексійович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологіческих процесів і виробництва, Одеська національна академія зв'язку ім. О. С. Попова, Україна.

Pastushenko Vitalii, Odessa National Polytechnic University, Ukraine, e-mail: vitaliyenergin@gmail.com.

Stopakevich Oleksii, Odessa National Polytechnic University, Ukraine. Stopakevich Andrii, Odessa National Academy of Telecommunications named after O. S. Popov, Ukraine

УДК 681.51

DOI: 10.15587/2312-8372.2016.856635

**Слободян И. В.,
Ложечников В. Ф.,
Стопакевич А. А.**

СИНХРОНИЗАЦИЯ ДИНАМИКИ ОДНОТИПНЫХ КОТЛОВ, РАБОТАЮЩИХ НА ОБЩУЮ МАГИСТРАЛЬ

Разработана современная оптимальная система управления, выполняющая функции, как синхронизации работы котлов, так и стабилизации их синхронного поведения при реакции на возмущения, связанные с изменением нагрузки потребителей. Синхронизировано три однотипных котла типа ПТВМ-50, составляющих основу современных тепловых котельных в районах городов Украины.

Ключевые слова: синхронизация, однотипные котлы, система управления, стабилизация, магистраль, возмущение.

1. Введение

В системах управления, где может быть два и более котла-агрегата, остро становится проблема управления всей системой в целом. При работе такие системы получают возмущение и главная задача большой системы —

это справиться с этими возмущениями, с учетом того, что они находятся в общей цепи.

В промышленности распространена ситуация, когда однотипные агрегаты связаны общей технологической задачей и единой нагрузкой. Такие агрегаты могут работать как асинхронно, так и синхронно.

Наибольший интерес представляет синхронная работа агрегатов.

Нерешенной проблемой в теплоэнергетике является создание систем такого функционирования тепловых котельных и теплоэлектростанций, чтобы установленные котлы работали синхронно и синхронно реагировали на внешние возмущения по нагрузке потребителей.

2. Объект исследования и его технологический аудит

В качестве *объекта исследования* выступает система из трех котлов типа ПТВМ-50. Котлы ПТВМ-50 предназначены для получения горячей воды с температурой до 150 °С в отдельно стоящих котельных при использовании в системах отопления, вентиляции и горячего водоснабжения объектов промышленного и бытового назначений, и на ТЭЦ. Технические характеристики приведены в табл. 1.

Таблица 1

Технические характеристики котла ПТВМ-50

Наименование	Значение
Вид расчетного топлива	1 — газ; 2 — жидкое топливо
Теплопроизводительность, ГКал/ч	50
Теплопроизводительность, МВт	58,2
Рабочее (избыточное) давление теплоносителя на выходе, МПа (кгс/см ²)	1,0–2,25 (10–22,5)
Температурный график воды, °С	основной режим 70–150
Расчетный КПД (топливо № 1), %	92
Расчетный КПД (топливо № 2), %	91

Отопительный котел ПТВМ является пиковым, теплофикационным, водогрейным и газомазутным, т. е. может быть использован для покрытия пиковой части графика тепловых нагрузок. Изначально расшифровывался как «пиковый теплофикационный водогрейный на мазуте», однако в последствии все эти котлы были переведены на газ.

Имея в составе три, а в перспективе и более, котла можно предоставлять нужную температуру теплоносителя и нужное количество теплоносителя при изменении нагрузки от потребителя. А при наличии менее трех котлов для выполнения этой же задачи котлы должны работать либо на полную мощность, либо нужно маневрировать их мощностью для достижения поставленной задачи. К недостаткам данного объекта исследования также можно отнести недолговечность отдельных комплектующих котлов, которые быстро теряют свою функциональность под воздействием внешних факторов.

3. Цель и задачи исследования

Цель исследования — разработка системы управления тремя и более котлами типа ПТВМ-50 для синхронной работы при получении возмущения, связанного с изменением нагрузки.

Для достижения поставленной цели выполнить такие задачи:

1. Получить математическую модель отопительного котла ПТВМ.
2. Разработать систему синхронизации работы однотипных объектов в общей цепи.

4. Анализ литературных данных

Вопросом сжигания несертифицированного топлива занимаются во всех отраслях промышленности [1].

Анализ влияния выбросов энерго-установок, занимающихся сжиганием природного газа, проводился в [2, 3].

В работе [4] показано, как сжигание сжатого газа за счет деформации труб способствует увеличению парообразования. Следует заметить, что это не повлияло на выбросы дымовых газов.

Авторами работы [5] рассмотрена модель сжигания природного газа, мазута, а также несертифицированного газа. Потери несгоревшего топлива описаны в [6].

Модель работы паровых котлов на общую нагрузку для природного газа получена в [7]. В этой работе описано влияние котлов, работающих одновременно на потерю энергии.

Проведя анализ литературных данных можно сделать вывод, что вопрос синхронной работы трех и более котлов, не рассматривался ранее. Чаще всего, задачи синхронизации и стабилизации рассматриваются отдельно, хотя теоретическое решение задачи приведено в [8–10]. Теоретические решения данных работ будут использоваться в ходе проведенных исследований.

5. Материалы и методы исследования

В рамках данного исследования решается задача разработки современной оптимальной системы управления, выполняющей функции как синхронизации работы котлов, так и стабилизации синхронного поведения при реакции на возмущения, связанного с изменением нагрузки потребителей. Синхронизироваться будут три однотипных котла К1-К3 типа ПТВМ-50, составляющих основу современных тепловых котельных в районах городов Украины. Котлы будут соединены так, как показано на рис. 1.

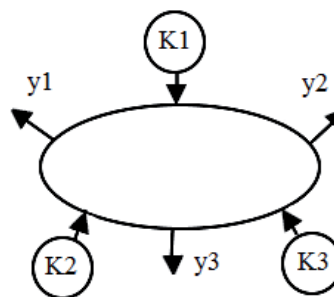


Рис. 1. Схема соединения синхронно работающих котлов

На рис. 1 видно принцип соединения трех котлов, которые будут работать синхронно при получении возмущения в виде изменения нагрузки. Данная схема расположения котлов была выбрана условно, но предполагается, что котлы находятся в разных теплопунктах и работают на общую систему.

6. Результаты исследования

6.1. Разработка математической модели динамики котла. Передаточная функция котла по каналу расход природного газа — температура на выходе котла, имеет вид [4]:

$$W_{G1 \rightarrow t}(s) = \frac{k_1}{T_1 \cdot s + 1} = \frac{37,92}{224,3 \cdot s + 1},$$

где:

$$T_1 = \frac{m_m \cdot c_m + m_v \cdot c_v}{G_v \cdot c_v} = \frac{115800 \cdot 500 + 28913 \cdot 4303}{188,89 \cdot 4303} = 224,3 \text{ с};$$

$c_m = 500$ Дж/кг·К — теплоемкость стали;

$c_v = 4303$ Дж/кг·К — теплоемкость воды при температуре 150 °С;

$m_m = 115800$ кг — масса стали котла;

$m_v = 28913$ кг — масса воды в котле;

$G_v = 618$ т/ч = 188,89 кг/с — массовый расход воды;

$$k_1 = \frac{B \cdot \eta}{G_v \cdot c_v} = \frac{33,5 \cdot 10^6 \cdot 0,92}{188,89 \cdot 4303} = 37,92 \text{ м}^3/\text{К}$$

— коэффициент передачи;

$B = 33,5$ МДж/м³ — теплотворная способность природного газа; $\eta = 0,92$ — коэффициент полезного действия котла.

Передаточная функция участка трубопровода, связывающего котлы, по каналу температура на выходе котла — температура на выходе участка имеет вид [5]:

$$W_c(s) = \frac{1}{T_2 \cdot s + 1} = \frac{1}{34 \cdot s + 1},$$

где:

$$T_2 = \frac{V_o}{Q_o} = \frac{7}{0,2060} = 34 \text{ с};$$

$V_o = 7$ м³ — объем связывающего трубопровода между котлами; $\rho = 916,8$ кг/м³ — плотность воды при температуре 150 °С; $Q_o = G_v/\rho = 188,89/916,8 = 0,2060$ м³/с — объемный расход воды.

Передаточная функция системы газоподдачи котлов имеет вид [6]:

$$W_{G \rightarrow G1}(s) = \frac{1}{1,5 \cdot s + 1}.$$

Передаточная функция котла по каналу расход газа — температура воды на выходе имеет вид:

$$W_r(s) = W_{G \rightarrow G1}(s) \cdot W_{G1 \rightarrow t}(s).$$

6.2. Разработка математической модели системы котлов. Переведем полученные модели в форму пространства состояний. Тогда для передаточной функции $W_r(s)$ запишем систему S_r в виде:

$$S_r: \dot{x}_r = A_r \cdot x_r + B_r \cdot u, \quad y = C_r \cdot x_r,$$

$$A_r = \begin{pmatrix} -1/224,3 & 0 \\ 1/1,5 & -1/1,5 \end{pmatrix}, \quad B_r = \begin{pmatrix} 37,92/224,3 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad C_r = (0 \ 1),$$

а для передаточной функции $W_c(s)$ запишем систему S_c в виде:

$$S_c: \dot{x}_c = A_c \cdot x_c + B_c \cdot u, \quad y = C_c \cdot x_c,$$

$$A_c = [-1/34], \quad B_c = [1/34], \quad C_c = [1].$$

Системы связаны так, как показано на рис. 2.

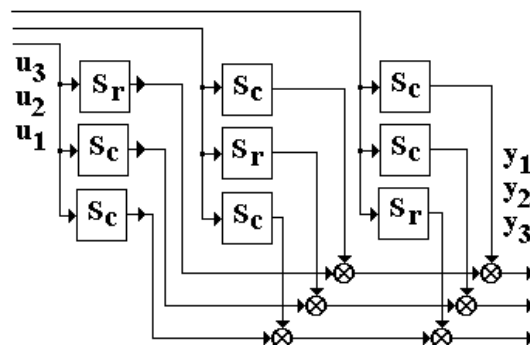


Рис. 2. Взаимосвязь математических моделей системы котлов

На рис. 2 видно, как происходит процесс влияния одной подсистемы на другие элементы в системе, и что можно получить на выходе, при наличии возмущения.

6.3. Разработка системы управления синхронно работающих котлов. Задачей управления синхронно работающих котлов состоит в поддержании заданного режима работы нагрузки, который характеризуется усредненным значением выходной переменной — температуры воды — при условии, что $y_1 = y_2 = y_3$. Решение задачи синхронизации в установившемся режиме работы системы и переходных режимах, связанных с переключением нагрузки, позволяет достичь наилучших энергетических и других качественных показателей работы комплекса.

Как показано в работе [7], решение задачи управления системой в целом может быть сведена к решению двух независимых задач для подсистем $S_1: \{A_1, B_1, C_1\}$ и $S_2: \{A_2, B_2, C_2\}$, а именно:

$$S_1: \dot{x}_1 = A_1 \cdot x_1 + B_1 \cdot \hat{u}, \quad \hat{y} = C_1 \cdot x_1,$$

$$S_2: \dot{x}_2 = A_2 \cdot x_2 + B_2 \cdot \bar{u}, \quad \bar{y} = C_2 \cdot x_2,$$

где:

$$A_1 = \begin{pmatrix} A_r & 0 \\ 0 & A_c \end{pmatrix}, \quad B_1 = \begin{pmatrix} B_r \\ -B_c \end{pmatrix},$$

$$B_2 = \begin{pmatrix} B_r \\ (m-1) \cdot B_c \end{pmatrix}, \quad C_1 = (C_r, C_c).$$

Векторы отклоненных движений независимых подсистем и отклоненного управления:

$$\hat{y} = y_1 - y_2 = \dots = y_{m-1} - y_m,$$

$$\hat{u}_1 = u_1 - u_2, \dots, \hat{u}_{m-1} = u_{m-1} - u_m,$$

$$\hat{u} = [\hat{u}_1, \dots, \hat{u}_{m-1}]^T.$$

Векторы средних значений выхода и управления:

$$\bar{y} = \frac{1}{m} \cdot (y_1 + y_2 + \dots + y_m),$$

$$\bar{u} = \frac{1}{m} \cdot (u_1 + u_2 + \dots + u_m).$$

Таким образом, конструируя регуляторы, выдающие управления \hat{u} и \bar{u} , можно записать регулятор системы в целом в виде:

$$u = L \cdot \hat{u} + H \cdot \bar{u},$$

где:

$$L = \frac{1}{m} \cdot \begin{pmatrix} m-1 & m-2 & m-3 \dots & 2 & 1 \\ -1 & m-2 & m-3 \dots & 2 & 1 \\ -1 & -2 & m-3 \dots & 2 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ -1 & -2 & 3 & -m+2 & -m+1 \end{pmatrix}, H = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{pmatrix},$$

а $m = 3$ — число управлений.

Для подсистем S_1 и S_2 разработаны оптимальные линейно-квадратические ПИ-регуляторы [7]. Системы, представляющие регуляторы, RS_1 и RS_2 имеют вид:

$$RS_1: \{A_{Ar}, B_{Ar}, C_{Ar}\},$$

$$A_{Ar} = \begin{pmatrix} -0,7765 & -0,3023 & -1,0065 & -1,0965 & 0,9274 \\ 0,6667 & -0,6667 & 0 & -0,9337 & 0,9337 \\ 0,1343 & 0,0526 & 0,1457 & -0,4265 & 0,4559 \\ 0 & 1 & 1 & -1,9440 & 1,9440 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

$$B_{Ar} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix},$$

$$C_{Ar} = (-4,5668 \ -1,7883 \ -5,9535 \ -1 \ 0)$$

$$RS_2: \{A_{Ac}, B_{Ac}, C_{Ac}\},$$

$$A_{Ac} = \begin{pmatrix} -0,4986 & -0,3548 & -0,8139 & -1,0965 & 0,9274 \\ 0,6667 & -0,6667 & 0 & -0,9337 & 0,9337 \\ -0,1719 & -0,1235 & -0,3126 & -0,5147 & 0,4559 \\ 0 & 1 & 1 & -1,9440 & 1,9440 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

$$B_{Ac} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix},$$

$$C_{Ac} = (-2,9231 \ -2,0989 \ -4,8143 \ -1 \ 0),$$

Структурная схема математической модели разработанной системы управления приведены на рис. 3.

Поскольку номинальный расход газа на котел составляет $1,89 \text{ м}^3/\text{с}$, то приведенное к расходу газа одного котла возмущение принято равным 30 % номинальной нагрузки, то есть равным $0,565 \text{ м}^3/\text{с}$.

График переходного процесса рассинхронизации температуры, выдаваемой котлами в сеть, приведен на рис. 4.

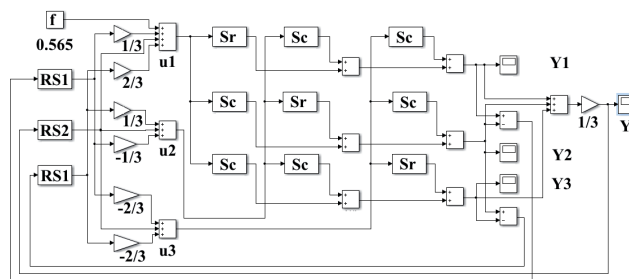


Рис. 3. Структурная схема математической модели разработанной системы управления

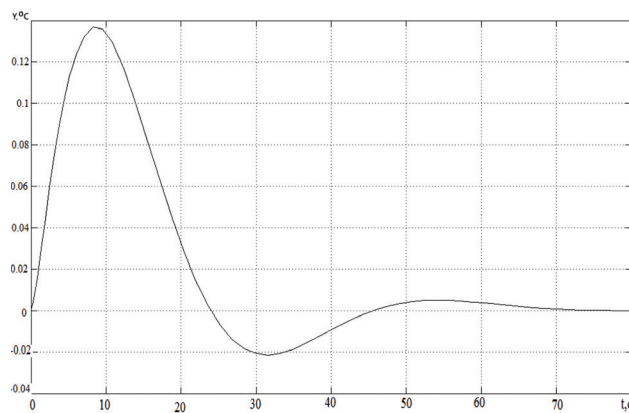


Рис. 4. Переходный процесс отклонения средней температуры при максимальном возмущении

Из приведенного графика переходного процесса (рис. 4) видно, что разработанная система управления имеет очень высокое качество — отклонение средней температуры, выдаваемое котлами в сеть, составляет очень малую величину, равную $0,14 \text{ }^\circ\text{C}$.

7. SWOT-анализ результатов исследований

Strengths. Сильной стороной исследования является обнаруженная в ходе работы небольшая величина отклонения средней температуры, выдаваемое котлами в сеть, которая составляет $0,14 \text{ }^\circ\text{C}$.

Weaknesses. Слабой стороной является то, что в результате исследования был рассмотрен только один фактор влияния возмущения в виде изменения нагрузки на систему, но при создании реального объекта необходимо учитывать большее количество возмущений.

Opportunities. Перспективным направлением в дальнейших исследованиях является увеличение количества котлов и количества возмущений на систему в целом.

Threats. Угрозой для проведенного исследования является то, что существуют более новые котлы-агрегаты, которые могут быть использованы для синхронизации в больших системах и на это требуется меньше расчетов и энергозатрат.

8. Выводы

1. Получена математическая модель котла ПТВМ-50 с передаточными функциями по каналу температура на выходе котла — температура на выходе участка:

$$W_c(s) = \frac{1}{T_2 \cdot s + 1} = \frac{1}{34 \cdot s + 1}.$$

В ходе составления модели были учтены факторы, которые влияют на изменение температуры на выходе котла и на выходе целого участка, такие как расход газа, теплотворная способность природного газа и объемный расход воды.

2. Разработана система синхронизации работы при расположении котлов в виде условного «кольца». При таком расположении была рассмотрена ситуация, при которой подавалось возмущение в виде изменения нагрузки. В результате исследования получена реакция целой системы, с отклонением средней температуры, выдаваемое котлами в сеть, которая составляет величину, равную 0,14 °C.

Литература

1. Boisvert, P. G. Fuel sparing: Control of industrial furnaces using process gas as supplemental fuel [Text] / P. G. Boisvert, A. Runstedtler // Applied Thermal Engineering. — 2014. — Vol. 65, № 1–2. — P. 293–298. doi:10.1016/j.applthermaleng.2013.12.047
2. Davoudi, M. The major sources of gas flaring and air contamination in the natural gas processing plants: A case study [Text] / M. Davoudi, M. R. Rahimpour, S. M. Jokar, F. Nikbakht, H. Abbasfard // Journal of Natural Gas Science and Engineering. — 2013. — Vol. 13. — P. 7–19. doi:10.1016/j.jngse.2013.03.002
3. Berghout, N. Techno-economic performance and challenges of applying CO2 capture in the industry: A case study of five industrial plants [Text] / N. Berghout, M. van den Broek, A. Faaij // International Journal of Greenhouse Gas Control. — 2013. — Vol. 17. — P. 259–279. doi:10.1016/j.ijggc.2013.04.022
4. Liu, H. Optimization of PEM fuel cell flow channel dimensions – Mathematic modeling analysis and experimental verification [Text] / H. Liu, P. Li, K. Wang // International Journal of Hydrogen Energy. — 2013. — Vol. 38, № 23. — P. 9835–9846. doi:10.1016/j.ijhydene.2013.05.159
5. Tucakovic, D. Possibilities for reconstruction of existing steam boilers for the purpose of using exhaust gases from 14 MW or 17 MW gas turbine [Text] / D. Tucakovic, G. Stupar, T. Zivanovic, M. Petrovic, S. Belosevic // Applied Thermal Engineering. — 2013. — Vol. 56, № 1–2. — P. 83–90. doi:10.1016/j.applthermaleng.2013.03.028
6. Rusinowski, H. Hybrid model of steam boiler [Text] / H. Rusinowski, W. Stanek // Energy. — 2010. — Vol. 35, № 2. — P. 1107–1113. doi:10.1016/j.energy.2009.06.004
7. Bujak, J. Optimal control of energy losses in multi-boiler steam systems [Text] / J. Bujak // Energy. — 2009. — Vol. 34, № 9. — P. 1260–1270. doi:10.1016/j.energy.2009.05.005
8. Стопакевич, А. А. Системный анализ и теория сложных систем управления [Текст] / А. А. Стопакевич. — Одесса: Астропринт, 2013. — 380 с.
9. Демченко, В. А. Автоматизация и моделирование технологических процессов ТЭС и АЭС [Текст] / В. А. Демченко. — Одесса: Астропринт, 2001. — 305 с.
10. Прохоренков, А. М. Параметрический синтез регуляторов теплоэнергетических объектов с использованием информационного подхода [Текст] / А. М. Прохоренков, Н. М. Качала // Вестник Мурманского государственного технического университета. — 2011. — Т. 14, № 4. — С. 704–711.

СИНХРОНІЗАЦІЯ ДИНАМІКИ ОДНОТИПНИХ КОТЛІВ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ НА ЗАГАЛЬНУ МАГІСТРАЛЬ

Розроблена сучасна оптимальна система управління, яка виконує функції як синхронізації роботи котлів, так і стабілізації їх синхронної поведінки при реакції на збурення, пов'язане зі зміною навантаження споживачів. Синхронізовано три однотипних котла типу ПТВМ-50, які складають основу сучасних теплових котельень у районах міст України.

Ключові слова: синхронізація, однотипні котли, система управління, стабілізація, магістраль, збурення.

Слободян Іван Васильевич, кафедра автоматизації теплоенергетических процесов, Одеський національний політехнічний університет, Україна, e-mail: vanichka2008@gmail.com.
Ложечников Вадим Феликсович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра автоматизації теплоенергетических процесов, Одеський національний політехнічний університет, Україна.
Стопакевич Алексей Аркадьевич, кандидат технічних наук, доцент, кафедра автоматизації теплоенергетических процесов, Одеський національний політехнічний університет, Україна.

Слободян Іван Васильович, кафедра автоматизації теплоенергетических процесів, Одеський національний політехнічний університет, Україна.
Ложечников Вадим Феліксович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра автоматизації теплоенергетических процесів, Одеський національний політехнічний університет, Україна.
Стопакевич Олексій Аркадійович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра автоматизації теплоенергетических процесів, Одеський національний політехнічний університет, Україна.

Slobodian Ivan, Odessa National Polytechnic University, Ukraine, e-mail: vanichka2008@gmail.com.
Lozhechnikov Vadim, Odessa National Polytechnic University, Ukraine.
Stopakevych Oleksii, Odessa National Polytechnic University, Ukraine

UDC 681.511.4:621.9.048.4

DOI: 10.15587/2312-8372.2016.86081

Savelenko G.,
Ermolaev Y.,
Yuriev V.

OPTIMIZATION OF ARC IGNITION PROCESS FOR MACHINES OF ARC DIMENSIONAL MACHINING

Досліджені процеси в електроерозійній камері типу АМН-1 в момент запалювання електричної дуги на верстаті розмірної обробки дугою. Наведено характер зміни тиску робочої рідини в електроерозійній камері. Запропоновано значення величини тиску, при якому системою автоматичної подачі при підведенні електрода-інструмента до заготовки забезпечується автоматична зміна швидкості з максимальної до робочої.

Ключові слова: автоматична система, розмірна обробка дугою, тиск робочої рідини, швидкість подачі, електрод-інструмент, запалювання дуги.

1. Introduction

To improve the technical and economic indicators of machine parts production by arc dimensional machining

there are important measures to reduce production costs. This is achieved by increasing productivity and reducing production costs. Increase of dimensional machining process performance is possible not only while reducing the