

Торайғыров университетінің хабаршысы  
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
Вестник Торайғыров университета

---

# Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы  
1997 жылдан бастап шығады



## ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия  
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 4 (2021)

---

Павлодар

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**  
**Вестник Торайгыров университета**

**Энергетическая серия**  
выходит 4 раза в год

---

**СВИДЕТЕЛЬСТВО**

о постановке на переучет периодического печатного издания,  
информационного агентства и сетевого издания  
№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития  
Республики Казахстан

**Тематическая направленность**

публикация материалов в области электроэнергетики,  
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и  
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

**Подписной индекс – 76136**

<https://doi.org/10.48081/CTNS7211>

---

**Бас редакторы – главный редактор**

Кислов А. П.

*к.т.н., доцент*

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD, доцент*

Ответственный секретарь

Приходько Е. В., *к.т.н., профессор*

**Редакция алкасы – Редакционная коллегия**

Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никитин К. И.,	<i>д.т.н., профессор (Россия)</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов Т. А.,	<i>к.т.н., доцент (Россия)</i>
Оспанова Н. Н.,	<i>к.п.н., доцент</i>
Нефтисов А. В.,	<i>доктор PhD, доцент</i>
Шокубаева З. Ж.	<i>технический редактор</i>

---

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

<https://doi.org/10.48081/MHHO1100>

**\*V. Melnikov<sup>1</sup>, O. Talipov<sup>2</sup>, Yu. Kibartene<sup>3</sup>, Ye. Isenov<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup>Toraighyrov University,

Republic of Kazakhstan, Pavlodar

## **EXPLORING THE POSSIBILITIES OF SMART AND RENEWABLE TECHNOLOGIES FOR THE MODERNIZATION OF INDUSTRIAL HEAT POWER PLANTS**

*The article considers issues related to the modernization of energy technologies. To increase the efficiency of energy resources, operational reliability, loss reduction and environmental safety, the possibilities of trigeneration using fuel cells, hydrogen technologies and RES components, which is expedient to use for the production of additional electricity, are considered. The possibilities of innovative energy components for their integration into traditional power generation systems are shown, simulation schemes and calculation results are given. Modernization of the technological scheme of the traditional industrial thermal power system (ITPS), such as CHP type, to increase its efficiency to 55–65 %. Figure 1 shows the structure of the integrated system, which provides efficiency up to 55 to 65 %. In this integrated system, which makes full use of the available RES resources and other components adopted in the scheme in the figure, the increase in efficiency is achieved through two new factors: a more flexible, intelligent control of the flow of electric energy through the introduction of a new digital smart block «Flexible Electricity» and a new additional technological connection from this block to the block «Mobility», which carries out an effective supply of electric energy of all available mobile devices ITPS.*

*Keywords: energy, coal-fired industrial thermal power system, efficiency, modernization, cogeneration, trigeneration, fuel cell, energy storage systems, RES, simulation, MatlabSimulink.*

### **Introduction**

Modernization of the technological scheme of the traditional industrial thermal power system (ITPS), such as CHP type, to increase its efficiency to

55–65 %. Figure 1 shows the structure of the integrated system, which provides efficiency up to 55 to 65 %. In this integrated system, which makes full use of the available RES resources and other components adopted in the scheme in the figure, the increase in efficiency is achieved through two new factors: a more flexible, intelligent control of the flow of electric energy through the introduction of a new digital smart block «Flexible Electricity» and a new additional technological connection from this block to the block «Mobility», which carries out an effective supply of electric energy of all available mobile devices ITPS.

**Materials and methods**

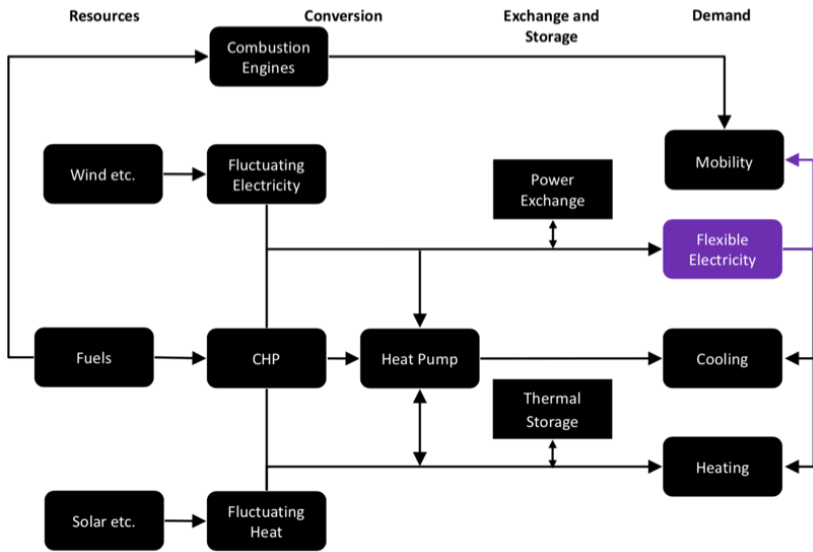


Figure 1 – Modernization by increasing up to (55...65) % of ITPS efficiency by smart energy management technologies

The integrated ITPS also uses the available RES resources: wind, solar and other technologically available from potentially available for the given conditions of ITPS digital smart components.

Simulation models of elements of technological schemes of ITPS with digital, smart and renewable energy components. Figure 2 shows a diagram of a digital model of the cooling system, which can be used for simulation calculations of thermal processes of ITPS, for example, to study the processes of use of secondary heat resources in the ITPS elements to create useful energy in the own needs of ITPS components, as shown, in particular, in the schemes in the figures in the previous sections of this paper.

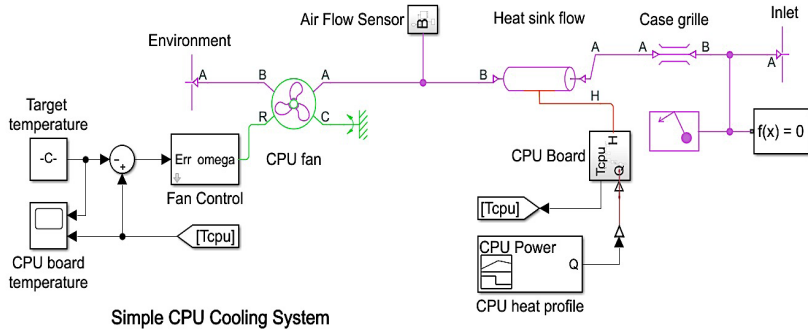
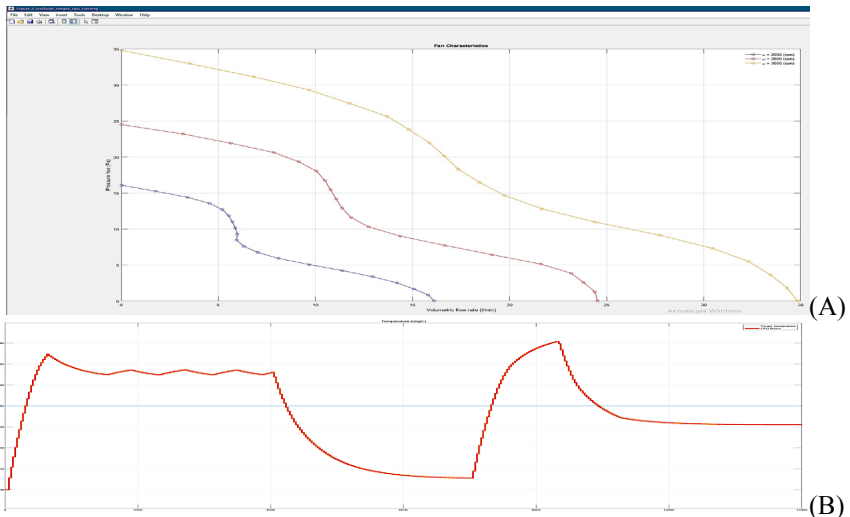


Figure 2 – Schematic of the simulation model for the beneficial use of the secondary heat of the ITPS elements

And in Figure 3, from top to bottom, the calculated curves are shown as illustrations:

- blower fan characteristics (curves A) for the removal and further beneficial use of secondary heat, presented as a family of pressure-volume curves of the pumped air heat transfer fluid, calculated for various operating steady-state fan speeds of 3000 rpm, 2500 rpm, and 2000 rpm for the heat exchanger;
- dependences of temperatures, degC for three variants (respectively, curves B, D, F) of varying and below cyclic control laws (respectively, curves C, E, G) of the power controller of the fan, which carries out useful heat removal of the ITPS element.



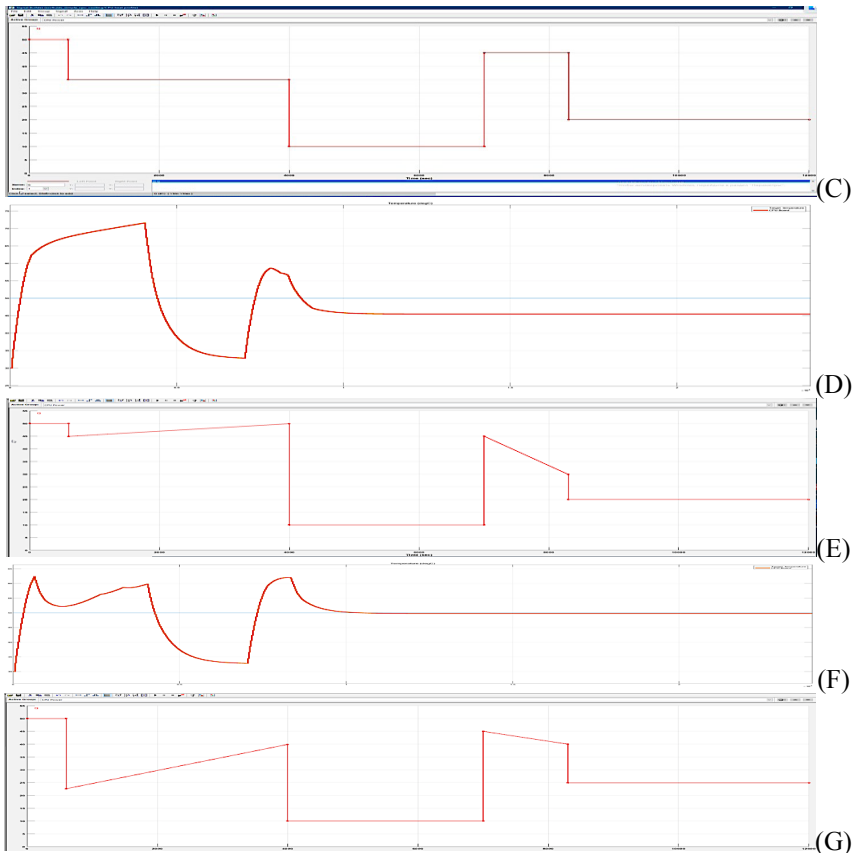
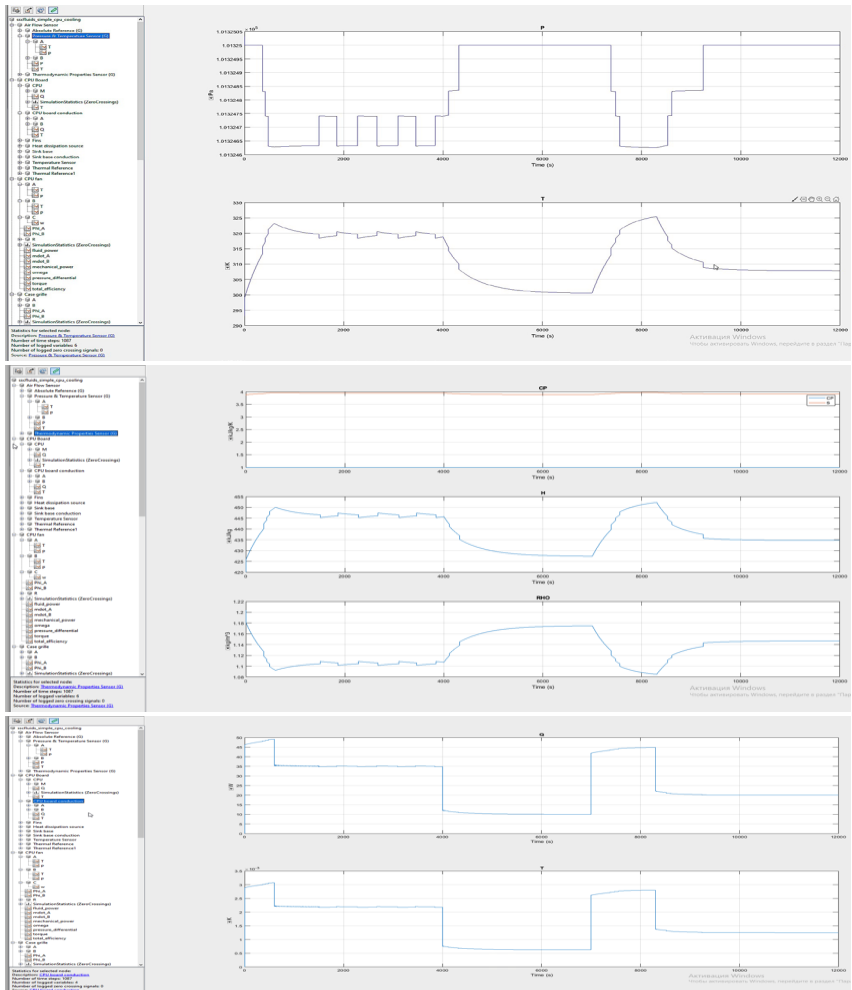
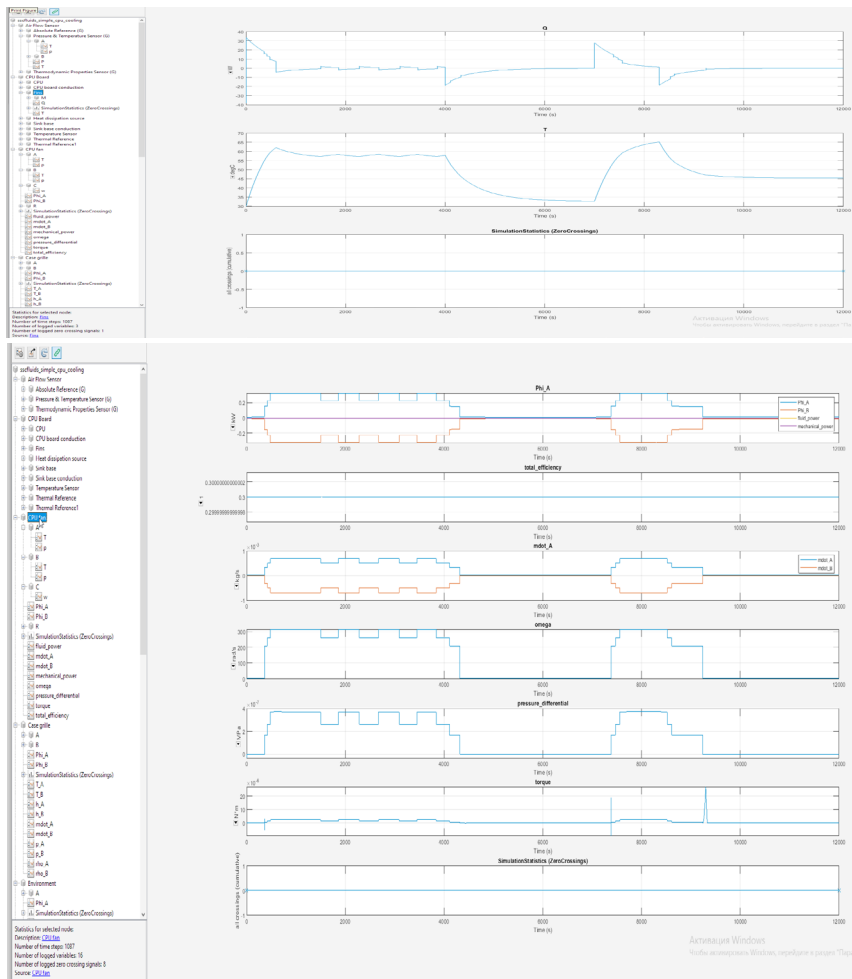


Figure 3 – Calculated curves of dynamic processes of the simulation model for the beneficial use of secondary heat of the ITPS elements at various parameters of the air-gas flow of the heat exchanger and various laws of digital control

Figure 4 shows, for example, curves (from top to bottom) of dynamic processes in various elements of the power and, especially, information part, including digital information sensors, digital controllers and other elements of the digital system; the scheme of the simulation model is shown in the figure above. A detailed description of the parameters of each curve is shown in the figure, column on the left. These curves are given here only to illustrate all the possibilities of the above simulation model. A detailed, detailed description of these curves is not given in the work. However, if necessary, all processes of interest and curves describing them can be easily obtained from this model, including for

other, requiring more detailed study of various options of parameters of a particular digitally controlled ITPS technological installation, both traditional and when using smart and RES components.









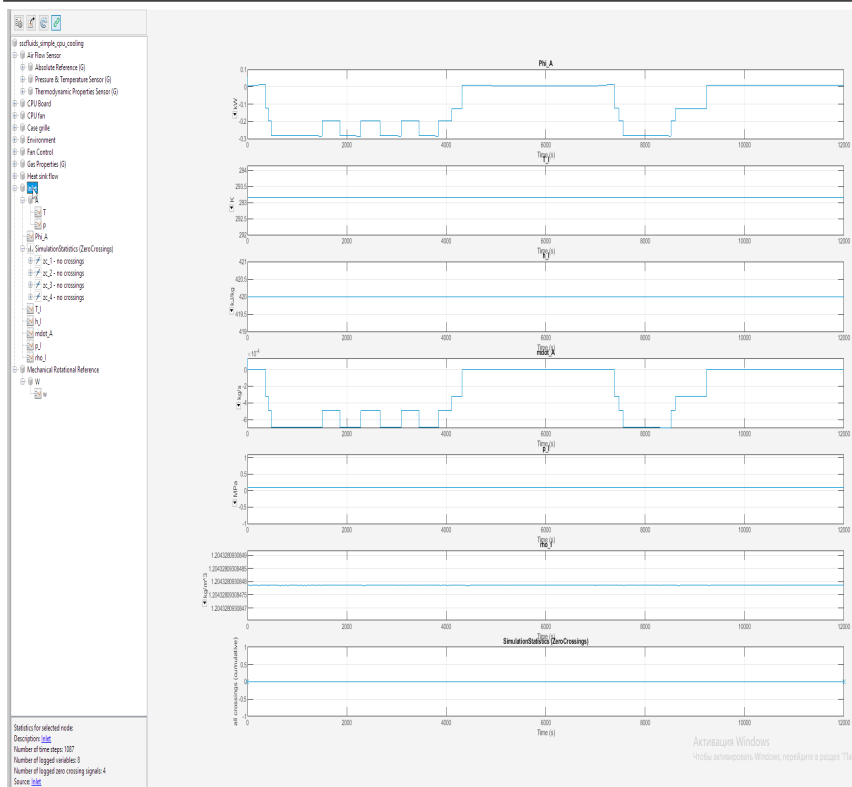
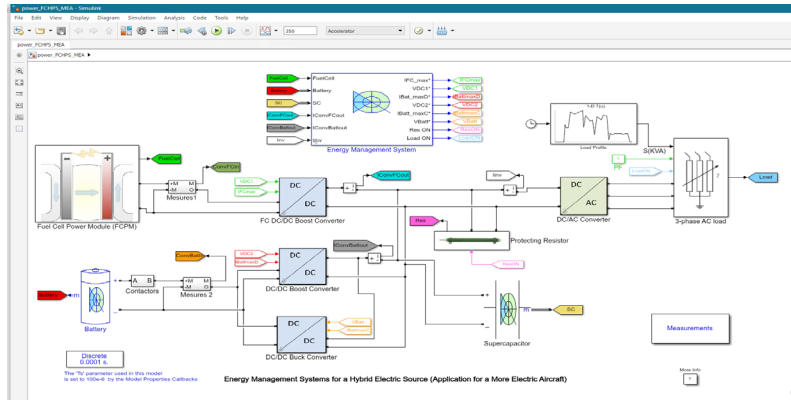


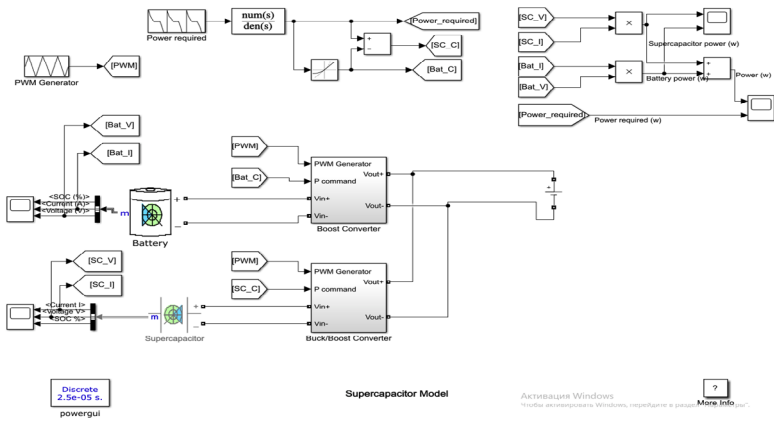
Figure 4 – Illustrative calculated values of dynamic parameters

### Results and discussion

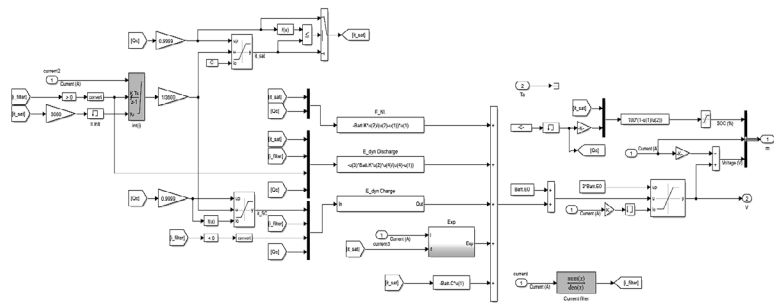
Figure 5 shows the design diagram of the model of digital energy system with fuel cells of energy generation, energy storage and storage systems based on a supercapacitor and battery, digital power semiconductor energy converters, three-phase AC load, simulating own needs of ITPS, and information and control electronic devices that coordinate all subsystems: generation, transmission-distribution, storage and control of load of own needs of ITPS.



(A)



(B)



(C)

Figure 5 – Model of digital energy system with fuel cells and energy storage systems

## Conclusions

Figure 6 shows from top to bottom screen copies of oscillograms of calculated curves: power (curves A), capacitor power, battery power (curves B), current and voltage (curves C). These curves were obtained for the model of energy storage system with supercapacitor and battery, which is RES, smart and digital component of ITPS. The model of digital energy system with fuel cells and energy storage systems is shown in Figure 5.

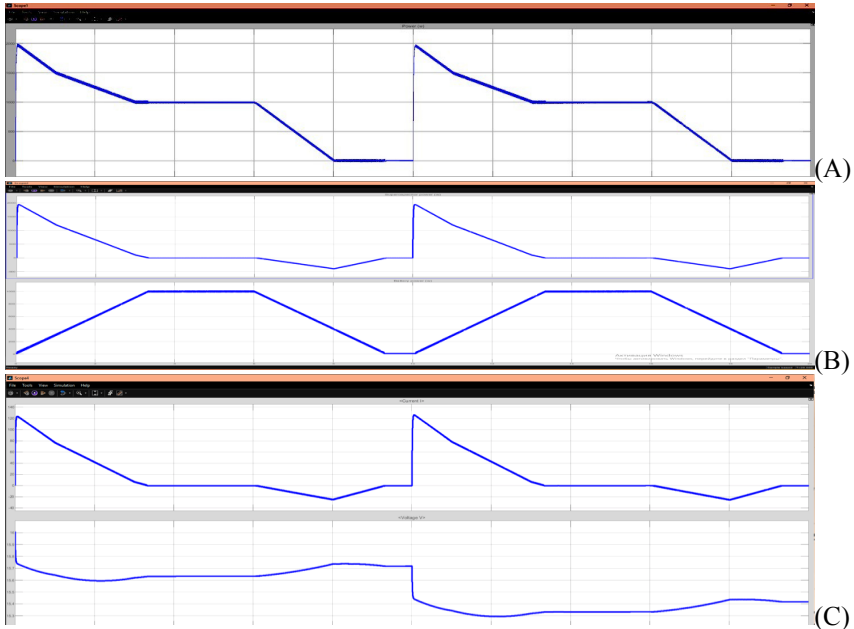


Figure 6 – Calculated oscillograms of dynamic processes in the energy storage system with a supercapacitor and a storage battery

## REFERENCES

- 1 **Montecucco, A., Siviter, J., Knox, AR.** A combined heat and power system for solid-fuel stoves using thermoelectric generators // *Energy Procedia* 2015; 75:597–602. – <http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2015.07.462>.
- 2 **Codecasa, MP., Fanciulli, C., Gaddi, R., Gomez-Paz, F., Passaretti, F.** Design and development of a TEG cogenerator device integrated into a self-standing natural combustion gas stove // *J Electron Mater* 2015; 44:377–83. – <http://dx.doi.org/10.1007/s11664-014-3297-9>.

3 **Chen, W-H., Wang, C-C., Hung, C-I., Yang C-C., Juang, R-C.** Modeling and simulation for the design of thermal-concentrated solar thermoelectric generator // *Energy* 2014;64:287–97. – <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2013.10.073>.

4 **Remeli, MFb., Date, A., Orr, Bb., Ding, LC., Singh, B., Affandi, NDN., et al.** Experimental investigation of combined heat recovery and power generation using a heat pipe assisted thermoelectric generator system // *Energy Convers Manage* 2016; 111:147–57. – <http://dx.doi.org/10.1016/j>.

5 **Chávez Urbiola, E. A., Vorobiev, Y.** Investigation of solar hybrid electric/thermal system with radiation concentrator and thermoelectric generator // *Int J Photoenergy*. – 2013. – <http://dx.doi.org/10.1155/2013/704087>.

6 **Remeli MFb, Date A., Orr, Bb., Ding LC., Singh, B., Affandi, NDN. et al.** Experimental investigation of combined heat recovery and power generation using a heat pipe assisted thermoelectric generator system // *Energy Convers Manage* 2016; 111:147–57. – <http://dx.doi.org/10.1016/j>.

7 Full Bridge Multilevel Converter [Electronic resource]. – <https://www.hitachiabb-powergrids.com/offering/product-and-system/semiconductors/semis-models/>

8 Selection Guide Battery powered motor drives. [Electronic resource]. – [https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-ApplicationBrochure\\_BatteryPoweredMotorDrives-ApplicationBrochure-v02\\_00-EN.pdf?fileId=db3a30433d1d0bbe013d21560eba4a17](https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-ApplicationBrochure_BatteryPoweredMotorDrives-ApplicationBrochure-v02_00-EN.pdf?fileId=db3a30433d1d0bbe013d21560eba4a17).

9 Every switch needs a driver. Gate driver application matrix [Electronic resource]. – [https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-Application\\_Matrix\\_Gate\\_Driver\\_ICs-ABR-v01\\_00-EN.pdf?fileId=5546d4626102d35a016102e1cee20036](https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-Application_Matrix_Gate_Driver_ICs-ABR-v01_00-EN.pdf?fileId=5546d4626102d35a016102e1cee20036).

10 Motor Handbook [Electronic resource]. – [https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-motorcontrol\\_handbook-AdditionalTechnicalInformation-v01\\_00-EN.pdf?fileId=5546d4626bb628d7016be6a9aa637e69](https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-motorcontrol_handbook-AdditionalTechnicalInformation-v01_00-EN.pdf?fileId=5546d4626bb628d7016be6a9aa637e69).

Material received on 28.11.21.

*\*В. Мельников<sup>1</sup>, О. Талипов<sup>2</sup>, Ю. Кибартене<sup>3</sup>, Е. Исенов<sup>4</sup>*

<sup>1,2,3,4</sup>Торайғыров университеті,

Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

Материал 28.11.21 баспаға түсті.

## **ӨНЕРКӘСПТІК ЖЫЛУ ЭЛЕКТР СТАНЦИЯЛАРЫН ЖАҢҒЫРТУ ҮШІН ЗИЯТКЕРЛІК ЖӘНЕ ЖАҢАРТЫЛАТЫН ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫҢ МҮМКІНДІКТЕРІН ЗЕРТТЕУ**

*Мақалада энергетикалық технологияларды жаңғыртуға байланысты мәселелер қарастырылады. Энергия ресурстарын*

пайдалану тиімділігін, пайдалану сенімділігін арттыру, шығындарды азайту және экологиялық қауіпсіздікті арттыру үшін қосымша электр энергиясын өндіру үшін пайдалану орынды отын элементтерін, сутегі технологияларын және ЖЭК компоненттерін пайдалана отырып, үшгенерация мүмкіндіктері қарастырылады. Инновациялық энергетикалық компоненттердің оларды электр энергиясын өндірудің дәстүрлі жүйелеріне интеграциялау мүмкіндіктері көрсетілген, модельдеу схемалары мен есептеу нәтижелері келтірілген. ЖЭО сияқты дәстүрлі Өнеркәсіптік жылу-энергетикалық жүйенің (ИТЭС) технологиялық схемасын оның тиімділігін 55–65 %-ға дейін арттыру үшін жаңғырту. 1-суретте тиімділігі 55–65 % дейін қамтамасыз ететін интеграцияланған жүйенің құрылымы көрсетілген. Қол жетімді ЖЭК ресурстарын және суреттегі схемада қабылданған басқа компоненттерді толық пайдаланатын осы интеграцияланған жүйеде тиімділіктің жоғарылауына екі жаңа фактор әсер етеді: жаңа сандық ақылды «икемді электр» блогын енгізу арқылы электр энергиясының ағынын негүрлым икемді интеллектуалды басқару және осы блоктан Жаңа қосымша технологиялық қосылу, барлық қол жетімді ИТЭС мобильді құрылғыларына электр энергиясын тиімді жеткізуді жүзеге асыратын «ұтқырлық» блогы.

*Кілтті сөздер:* энергетика, көмірмен жұмыс істейтін өнеркәсіптік жылу энергетикалық жүйе, тиімділік, жаңғырту, когенерация, тригенерация, отын элементі, энергияны сақтау жүйелері, ЖЭК, модельдеу, MatlabSimulink.

\*В. Мельников<sup>1</sup>, О. Талипов<sup>2</sup>, Ю. Кибартене<sup>3</sup>, Е. Исеинов<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Торайгыров университет,

Республика Казахстан, г. Павлодар.

Материал поступил в редакцию 28.11.21.

## **ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ**

*В статье рассматриваются вопросы, связанные с модернизацией энергетических технологий. Для повышения эффективности использования энергоресурсов, эксплуатационной надежности, снижения потерь и экологической безопасности рассматриваются возможности тригенерации с использованием топливных элементов, водородных технологий и компонентов ВИЭ, которые целесообразно*

использовать для производства дополнительной электроэнергии. Показаны возможности инновационных энергетических компонентов для их интеграции в традиционные системы выработки электроэнергии, приведены схемы моделирования и результаты расчетов. Модернизация технологической схемы традиционной промышленной теплоэнергетической системы (ИТЭС), такой как ТЭЦ, для повышения ее эффективности до 55–65 %. На рисунке 1 показана структура интегрированной системы, которая обеспечивает КПД до 55–65 %. В этой интегрированной системе, которая в полной мере использует доступные ресурсы ВИЭ и другие компоненты, принятые в схеме на рисунке, повышение эффективности достигается за счет двух новых факторов: более гибкого интеллектуального управления потоком электроэнергии за счет внедрения нового цифрового интеллектуального блока «Гибкое электричество» и нового дополнительного технологического подключения от этого блока к блоку «Мобильность», который осуществляет эффективную подачу электроэнергии всех доступных мобильных устройств ITPS.

*Ключевые слова:* энергетика, промышленная теплоэнергетическая система, работающая на угле, эффективность, модернизация, когенерация, тригенерация, топливный элемент, системы хранения энергии, ВИЭ, моделирование, MatlabSimulink.

Теруге 28.11.2021 ж. жіберілді. Басуға 14.12.2021 ж. қол қойылды.  
Электрондық баспа  
9,02 Мб RAM  
Шартты баспа табағы 8,40. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.  
Компьютерде беттеген: З. С. Исакова  
Корректор: А. Р. Омарова  
Тапсырыс № 3867

Сдано в набор 28.11.2021 г. Подписано в печать 14.12.2021 г.  
Электронное издание  
9,02 Мб RAM  
Усл. печ. л. 8,40. Тираж 300 экз. Цена договорная.  
Компьютерная верстка: З. С. Исакова  
Корректор: А. Р. Омарова  
Заказ № 3867

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған  
«Торайғыров университет» КЕ АҚ  
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы  
«Торайғыров университет» КЕ АҚ  
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.  
8 (7182) 67-36-69  
E-mail: kereku@tou.edu.kz  
www.vestnik-energy.tou.edu.kz