

2-10-2020

## MODELING OF GEOTHERMAL MICRO-GES

O. X. Otakulov

*Ferghana polytechnic institute, author@ferpi.uz*

S. F. Ergashev

*Ferghana polytechnic institute, author@ferpi.uz*

O. X. Kuldashov

*Ferghana branch of the Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Kharezmi, author@ferpi.uz*

U. Rustamov

*Ferghana polytechnic institute, author@ferpi.uz*

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/ferpi>

---

### Recommended Citation

Otakulov, O. X.; Ergashev, S. F.; Kuldashov, O. X.; and Rustamov, U. (2020) "MODELING OF GEOTHERMAL MICRO-GES," *Scientific-technical journal*: Vol. 24 : Iss. 2 , Article 8.

Available at: <https://uzjournals.edu.uz/ferpi/vol24/iss2/8>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Scientific-technical journal by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact [sh.erkinov@edu.uz](mailto:sh.erkinov@edu.uz).

## SHORT MESSAGES

УДК 667.1(072)

## MODELING OF GEOTHERMAL MICRO-GES

O.X. Otakulov<sup>1</sup>, S.F. Ergashev<sup>1</sup>, O.X. Kuldashov<sup>2</sup>, U. Rustamov<sup>1</sup><sup>1</sup>Fergana polytechnic institute, <sup>2</sup>Fergana branch of the Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Kharezmi

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ МИКРО- ГЭС

O.X. Отакулов<sup>1</sup>, С.Ф. Эргашев<sup>1</sup>, O.X. Кулдашов<sup>2</sup>, У. Рустамов<sup>1</sup><sup>1</sup>Ферганский политехнический институт, <sup>2</sup>Ферганский филиал Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммад аль-Харезми

## ГЕОТЕРМАЛ МИКРО-ГЭСНИ МОДЕЛЛАШТИРИШ

O.X. Отакулов<sup>1</sup>, С.Ф. Эргашев<sup>1</sup>, O.X. Кулдашов<sup>2</sup>, У. Рустамов<sup>1</sup><sup>1</sup>Фарғона политехника институти, <sup>2</sup>Мухаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари университети Фарғона филиали

**Abstract.** The article considers the state of geothermal energy in the world. The problems that hinder the wider use of geothermal energy are analyzed. The block diagram of a geothermal microhydro-power plant is given.

A computer model has been developed for calculating and optimizing the modes of joint operation of geothermal microhydroelectric power plants and a geothermal water facility.

**Keywords:** geothermal energy, geothermal microhydro-power station, block diagram, model, turbine, hydro generator.

**Аннотация.** В статье рассматривается состояние геотермальной энергетики в мире. Анализированы проблемы, которые сдерживают более широкое использование геотермальной энергии. Приведена блок-схема геотермальной микрогидро-электростанции.

Разработана компьютерная модель по расчету и оптимизацию режимов совместной работы геотермальной микрогидроэлектростанций и объекта геотермальной воды.

**Ключевые слова:** геотермальная энергия, геотермальная микрогидро-электростанция, блок-схема, модель, гидротурбина, гидрогенератор.

**Аннотация.** Мақолада геотермал энергетиканинг дунёдаги ҳолати, муаммолари ва ундан кенг фойдаланишига қаршилик қилаётган сабаблари таҳлил қилинган. Геотермал микрогидроэлектрстанция блок-схмаси келтирилган. Геотермал микрогидроэлектрстанцияни ҳисоблаш ва уш режимларини оптималлаштиришнинг компьютер модели яратилган.

**Таянч сўзлар :** геотермал энергия, геотермал микрогидроэлектрстанция, блок-схема, модель, гидротурбина, гидрогенератор

**Введение**

По данным Международного энергетического агентства, доля геотермальной энергетики в общем энергетическом балансе мира составляет около 0,3% с перспективой роста до 0,5% к 2030 г. [1]. По сравнению с другими возобновляемыми источниками энергии, объемы геотермальной энергетики также малы – около 0,5%. Несмотря на кажущуюся доступность этих ресурсов, широкое их использование требует целого ряда сложных решений.

Сегодня геотермальные ресурсы идентифицированы почти в 90 странах и более чем в 80 странах они используются [2]. Из трех возможных носителей геотермальной

**SHORT MESSAGES**

энергии – подземные флюиды, раскаленные скальные породы и расплавленная магма – в настоящее время практическое распространение получило использование нагретых подземных вод, которые содержатся в пластах горных пород, образуя т.н. гидротермальную оболочку, залегающую на различных глубинах по всему земному шару.

По оценкам [3-5], тепловая геотермальная энергия используется следующим образом: около 55,3% – в сочетании с геотермальными тепловыми насосами, 20,3% – для купания и плавания (включая бальнеологию), 15,0% – для обогрева помещений (из них 89% для централизованного теплоснабжения), 4,5% – для те- плит и подогрева открытого грунта, 2,0% – для аквакультуры и обогрева дорожного покрытия, 1,8% – в промышленных технологических процессах, 0,4% – для таяния и производства снега, 0,4% – для сушки в сельском хозяйстве и 0,3% – для других целей.

Общей тенденцией развития геотермальной энергетики является расширение мировых территорий, использующих тепло Земных недр. Эксперты считают, что основной прирост территорий будет происходить в Азиатском регионе, главным образом в Индонезии, в Восточно-Африканской рифтовой долине, Центральной и Южной Америке, а также в Соединенных Штатах, Японии, Новой Зеландии. Интенсивно развивают свои программы в области геотермальной энергетики Китай, Венгрия, Мексика, Исландия и Новая Зеландия. Ряд потенциальных объектов разрабатывается в Южной Африке [6].

Геотермальные воды могут быть обнаружены практически во всех регионах Узбекистана и выделены крупные артезианские бассейны с гидротермальными водами [7].

**Основная часть**

В Узбекистане наиболее перспективными для энергетического использования считаются петротермальные ресурсы – огромные массивы гранитоидов, залегающих на глубине 4-6 км, нагретые от 70 до 300°C в зонах Амударьинской геологической впадины, Южного Приаралья, пустыне Кызылкум, Чустско-Адрасмановской петротермальной аномалии в Ферганской долине.

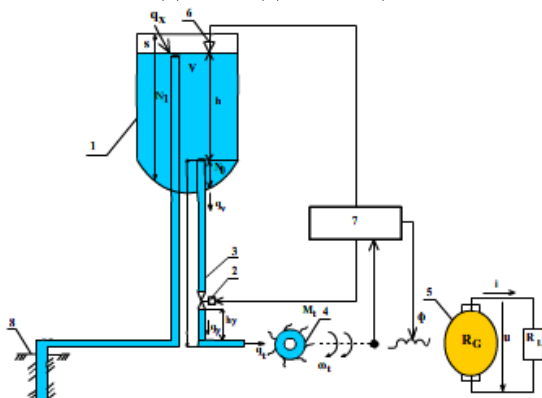


Рис.1. Блок-схема геотермальной микрогидроэлектростанций.

Валовой потенциал геотермальных вод Узбекистана оценивается в объеме 170,8 тыс. т. н. э. Наибольшим потенциалом обладают Бухарская (56,8 тыс. т. н.э.) и Наманганская (29,8 тыс. т. н. э.) области. Однако, использование термальной воды все еще находится на начальной стадии.

25 июня 2019 года между Национальным агентством проектного управления при Президенте Республики Узбекистан и финской компанией «KaukoInternational» подписан Меморандум о взаимопонимании в целях развития энергетического сектора путем привлечения инвестиций и внедрения устойчивых, надежных и доступных технологий производства энергии.

В связи с этим актуальность настоящей работы обусловлена, с одной стороны, большим научным интересом темы геотермальной энергетики, с другой стороны, ее практическим использованием как нетрадиционный и возобновляемый вид энергии.

На рис.1. приведена блок схема геотермальной микрогидроэлектростанций.

Геотермальная микрогидроэлектростанция включает в себя водонапорную башню -1, вентиль - 2, трубу -3, гидротурбину - 4, гидрогенератор -5, уровнемер -6, контролер -7 и геотермальную скважину – 8.

Модель гидравлической части.

Сначала мы напишем математическую модель для водонапорной башни.

Учитывая объем воды водонапорной башне -  $V$ , поверхность  $S$  и уровень  $h$ , можно записать соотношение:

SHORT MESSAGES

$$\frac{dV}{dt} = q_x - q_v \tag{1}$$

Соотношение между давлением  $\Delta h_v$  и расходом  $q_v$  имеет вид:

$$\Delta h_v = \frac{q_0}{2 \cdot g \cdot C_d^2 \cdot A_g^2} \cdot q_v = k_v \cdot q_v \tag{2}$$

где:  $C_d$  и  $A_g$  – данные геотермальной воды, а  $q_0$  - поток установившегося состояния.

Результаты отношения:  $q_v = \frac{1}{k_v} \cdot \Delta h_v$  (3)

Чтобы смоделировать принцип управления включением-выключением вентиля, введем в вышеприведенном отношении поправку  $h$ , в результате чего:

Используя обозначения  $m \ V = S \cdot h$ ,  $\Delta h = h, TV = kV \cdot S$ ,  $y$ , получаем математическую модель, башни и лопасти:

$$q_v = \frac{1}{k_v} \cdot \Delta h_v \cdot \theta(x) \tag{4}$$

Итак, передаточная функция водонапорной башни и вентиля имеет вид:

$$T_v \cdot \frac{dh}{dt} + h \cdot \theta(x) = k_v \cdot q_x \tag{5}$$

Учитывая заданную точку  $y$  на подающем трубопроводе, мы получим следующее соотношение между потоком  $q_y$  и давлением  $h_y$ :

$$G_w = \frac{h(s)}{q_x(s)} = \frac{k_v}{\theta(x) + T_v \cdot s} = \begin{cases} \frac{k_v}{T \cdot s}; \theta(x) = 0(\text{closedvane}) \\ \frac{k_v}{1 + T_v \cdot s}; \theta(x) = 1(\text{openedvane}) \end{cases} \tag{6}$$

$$\frac{\partial q_y(y,t)}{\partial t} = -C_0 \frac{\partial h_y(y,t)}{\partial t} \tag{7}$$

где  $L_q$ ,  $C_0$ ,  $R_q$  - гидравлическая индуктивность, емкость, сопротивление на единицу длины трубы.

Результаты уравнения:

$$\frac{\partial h_y(y,t)}{\partial t} = -L_0 \frac{\partial q_y(y,t)}{\partial t} - R_0 \cdot q_y(y,t) \tag{8}$$

Это уравнение можно решить, применив преобразование Лапласа к аргументу  $t$ . Используя обозначение  $h_y$  для входного давления турбины, получаем:

$$\frac{\partial^2 h(y,t)}{\partial y^2} - L_0 \cdot C_0 \frac{\partial^2 h(y,t)}{\partial t^2} - R_0 \cdot C_0 \frac{\partial h(y,t)}{\partial t} = 0 \tag{9}$$

Разработана компьютерная модель по расчету и оптимизацию режимов совместной работы микро - ГЭС и объекта геотермальной воды с учетом их основных технико-технологических характеристик в широком диапазоне эксплуатационных условий; в том числе скорости вращения ротора, напряжение возбуждения генератора, фазные токи генератора и выходные напряжения в целом.

Модель геотермальной микрогидроэлектростанций, состоящая из гидравлической турбины и синхронного генератора. Блок Hydraulic Turbine and Governor (HTG) является моделью гидравлической турбины с системой регулирования. Система регулирования включает пропорционально-дифференциальный (ПИД) регулятор и управляющий сервомотор. Общая схема модели показана на рисунке 2.

SHORT MESSAGES

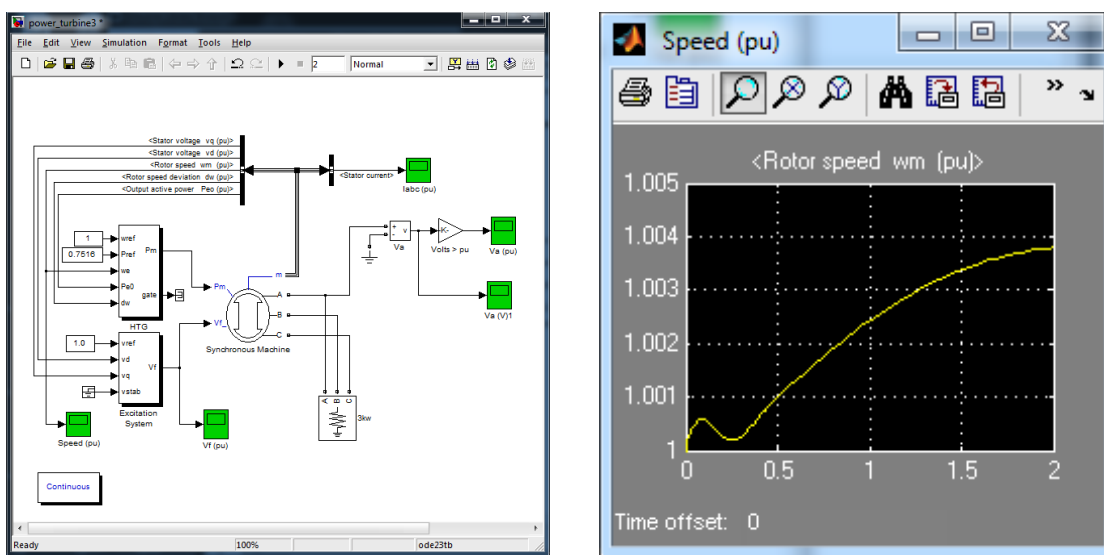


Рис. 2. Общая схема модели и скорость ротора.

На первые два входа блока подаются требуемые значения угловой частоты вращения ( $\omega_{ref}$ ) и мощности ( $P_{ref}$ ). На третий и четвертый входы блока поступает фактические значения угловой частоты вращения ( $\omega_e$ ) и активной мощности ( $P_e$ ). На пятый вход подается отклонение угловой частоты вращения ротора синхронного генератора ( $\Delta\omega$ ). Выходными сигналами являются механическая мощность, которая должна подаваться на соответствующий вход блока синхронной машины ( $P_m$ ), и величина открытия затвора гидротурбины ( $gate$ ). Входы 2 и 4 могут оставаться неподключенными, если в качестве обратной связи будет использоваться сигнал о положении затвора, а не отклонении частоты вращения. Все входные и выходные величины измеряются в относительных единицах.

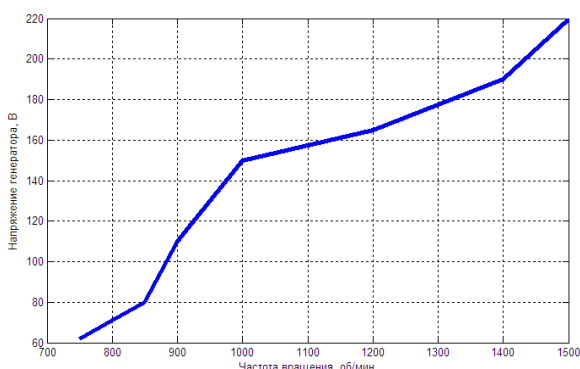


Рис.3. График зависимости напряжения генератора от оборотов турбинного вала.

на рисунке 3.

**Заключение**

Разработана компьютерная модель по расчету и оптимизации режимов совместной работы геотермальной микрогидроэлектростанции и объекта геотермальной воды с учетом их основных технико-технологических характеристик в широком диапазоне эксплуатационных условий, кроме этого учтены скорости вращения ротора, напряжение возбуждения генератора, фазные токи генератора и выходные напряжения в целом.

**References:**

- [1]. World Energy Outlook. Explore WEO 2018. URL: <https://www.iea.org/topics/renewables/geothermal/> (Last accessed: 15.01.2019).
- [2]. Geotermalnaya energetika: mirovie tendentsii i rossiyskie perspektivi. URL: [http://www.cleandex.ru/articles /2016/05/20/ geotherm\\_energy \\_world\\_tendency russian\\_prospects](http://www.cleandex.ru/articles /2016/05/20/ geotherm_energy _world_tendency russian_prospects) (Last accessed: 17.12.2018).
- [3]. Ruggero Bertani, Geothermal Power Generation in the World 2010-2014 Update Report. URL:<https://pangea.stanford.edu> (Last accessed: 25.12.2018).
- [4]. Tomarov G.V., Nikolskiy A.I., Semyonov V.N., SHipkov A.A. Geotermalnaya energetika: sprav.- metod. izd. Pod red. P.P. Bezrukix. M.: Teploenergetik, 2015. 304 s.
- [5]. Geotermalnaya energiya: novie tehnologii SSHA. 2009. URL: <https://www.golos-ameriki.ru/a/a-33- 2009->

**SHORT MESSAGES**

- 
- [6]. 04-14-voa16/646050.html (Last accessed: 01.02.2019).
- [7]. Innovatsionnie tehnologii v geotermalnoy energetike. Alternativnaya energetika. *Energorus.com*. URL: <http://energorus.com/innovacionnye-tehnologii-v-geotermalnoj-energetike/> (Last accessed: 25.01.2019).
- [8]. Ergashev S.F., Kuldashov O.X. Perspektivi mikroGES ,ispol'zuuyushix potentsialnuyu energiyu geotermalnix vod. // *Jurnal Gidrotexnicheskoe stroitelstvo*, 2019, №.7., s.39-43.

**Литература**

- [1]. World Energy Outlook. Explore WEO 2018. URL: <https://www.iea.org/topics/renewables/geothermal/> (Last accessed: 15.01.2019).
- [2]. Геотермальная энергетика: мировые тенденции и российские перспективы. URL: [http://www.cleandex.ru/articles /2016/05/20/ geotherm\\_energy \\_world\\_tendency russian\\_prospects](http://www.cleandex.ru/articles /2016/05/20/ geotherm_energy _world_tendency russian_prospects) (Last accessed: 17.12.2018).
- [3]. Ruggero Bertani, Geothermal Power Generation in the World 2010-2014 Update Report. URL: <https://pangea.stanford.edu> (Last accessed: 25.12.2018).
- [4]. Томаров Г.В., Никольский А.И., Семёнов В.Н., Шипков А.А. Геотермальная энергетика: справ.-метод. изд. Под ред. П.П. Безруких. М.: Теплоэнергетик, 2015. 304 с.
- [5]. Геотермальная энергия: новые технологии США. 2009. URL: <https://www.golos-ameriki.ru/a/a-33-2009-04-14-voa16/646050.html> (Last accessed: 01.02.2019).
- [6]. Инновационные технологии в геотермальной энергетике. Альтернативная энергетика. *Energorus.com*. URL: <http://energorus.com/innovacionnye-tehnologii-v-geotermalnoj-energetike/> (Last accessed: 25.01.2019).
- [7]. Эргашев С.Ф., Кулдашов О.Х. Перспективы микроГЭС ,использующих потенциальную энергию геотермальных вод. // *Журнал Гидротехническое строительство*, 2019, №.7., с.39-43.