

FRI-ONLINE-1-EEEE-03

---

## INVESTIGATION THE ELECTRIC ENERGY CONSUMPTION OF A METALS MELTING ELECTRIC INDUCTION FURNACE<sup>3</sup>

---

**Assist. Svetlozar Grigorov, M.Sc.Eng. – PhD Student**

Department of Philological and Natural Sciences, Silistra Branch,  
University of Ruse “Angel Kanchev”

E-mail: [sgrigorov@uni-ruse.bg](mailto:sgrigorov@uni-ruse.bg)

**Assoc. Prof. Konstantin Koev, PhD**

Department of Electric Power Supply and Electrical Equipment,  
Department of Philological and Natural Sciences, Silistra Branch,  
University of Ruse “Angel Kanchev”

Phone: +359 82 888/ 201, 661

E-mail: [kkoev@uni-ruse.bg](mailto:kkoev@uni-ruse.bg)

***Abstract:** The paper analyses electric energy consumption of a metals melting electric induction furnace for a longer period of time. The values of consumed monthly and yearly electric energy by price tariffs are measured and presented. The results are analysed.*

***Keywords:** metals melting electric inductance furnace, electric energy, price tariff.*

### ВЪВЕДЕНИЕ

Индустриалните електрически уредби, които са част от технологичните процеси, са основен консуматор на електрическа енергия в промишлените обекти. Мощните съоръжения използват голямо количество енергия, което, в общия случай, не е разпределено равномерно по дни, месеци и в денонощието. Характерни съоръжения в тежката промишленост с голяма мощност (няколко стотици/хиляди kW) са металургичните топлилни пещи. Изследвано е потреблението на електрическа енергия от индукционна пещ за топене на цветни метали с мощност 400 kW, в индустриален металургичен обект, в продължение на една година. Установена е характерната неравномерност в електропотреблението по месеци, като най-големите стойности са в началото и в средата на годината (Коев, К., Sv. Grigorov, 2021). В разглеждания промишлен обект са инсталирани и работят мощни индукционни пещи за леене на стомана. Консумираната от тях електроенергия трябва да се отчита, за да се определи общото електропотребление на индустриалния обект.

В условията на ограничени ресурси и изисквания за повишаване на енергийната ефективност на индустриалните уредби, е целесъобразно да се анализира потреблението на електрическа енергия, за да се предложат подходящи решения (Belgaum Foundry Cluster, Kermeli, 2016).

Целта на изследването е да се представят и анализират резултати за консумираната електрическа енергия от индукционна пещ за топене на стомана за продължителен период.

### ИЗЛОЖЕНИЕ

**Характеристики на изследвания обект и измервателна апаратура**

---

<sup>3</sup> Докладът е представен на заседание на секция 3.1 на 29 октомври 2021 с оригинално заглавие на български език: ИЗСЛЕДВАНЕ ПОТРЕБЛЕНИЕТО НА ЕЛЕКТРИЧЕСКА ЕНЕРГИЯ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКА ИНДУКЦИОННА ПЕЩ ЗА ТОПЕНЕ НА МЕТАЛИ.

Изследваната електрическа индукционна пещ е от тигелен тип (цилиндричен работен съд, с отвор в горния край) и представлява намотка, навита от тръбен проводник върху външната повърхност на съда, без стоманен магнитопровод. В проводника циркулира вода, за да се осигури необходимия температурен режим. Технологичната температура за топене на стоманения материал е около 1600°C, в зависимост от химичния състав на суровината, а масата му - до 600 kg (фиг.1), но тази стойност е по-малка при реализацията на технологичния процес. Електрическата мощност на термичната уредба е 400 kW, а захранването – с трифазно променливо напрежение 380 V. Честотата на това напрежение е 50 Hz, но чрез електронна система се повишава до 1 kHz.

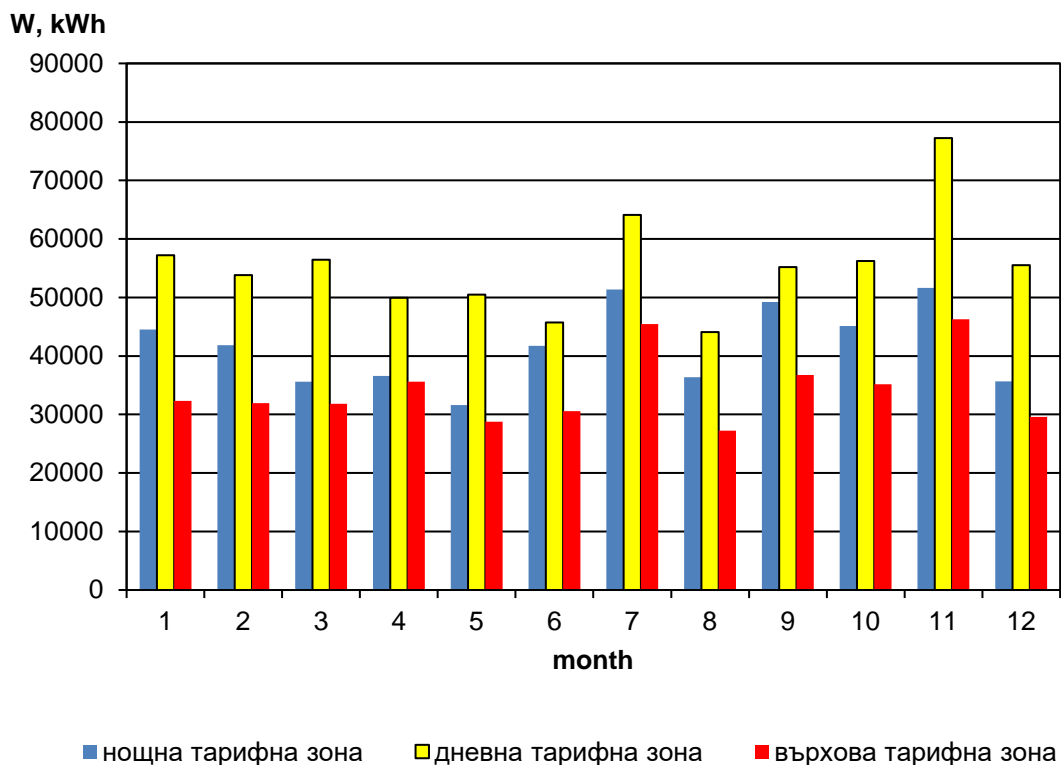


Фиг.1. Индукционна пещ в процес на топене.

Консумираната електрическа енергия от индукционната пещ се измерва чрез електромер, стационарно монтиран след вторичната намотка (СрН 6 kV) на трансформатор. Напрежението се разпределя в подходяща уредба и чрез един извод захранва друг трансформатор за напрежение 6 kV/0,4 kV. Напрежението на страна НН на този трансформатор се подава на разпределителната уредба за захранване на индукционната пещ и за други консуматори.

#### **Изследване на потреблението на електрическа енергия**

Консумираната активна електрическа енергия от индукционната пещ се изменя през годините по месеци (фиг.2). Най-голямо общо потребление, общо за трите години, е отчетено през м. Ноември – 175 188 kWh, а най-малко – през м. Август – 107 700 kWh. От графиката може да се забележи, че общото количество електроенергия през второто полугодие е по-голямо от това за първите 6 месеца с 105 768 kWh (14,3%). Тогав се наблюдава сравнително малко изменение в общото количество консумирана електрическа енергия. Тези особености могат да се обяснят с промените в обема на поръчките, които са по-големи през есенно-зимния период и едно изключение през лятото – за м. Юли.



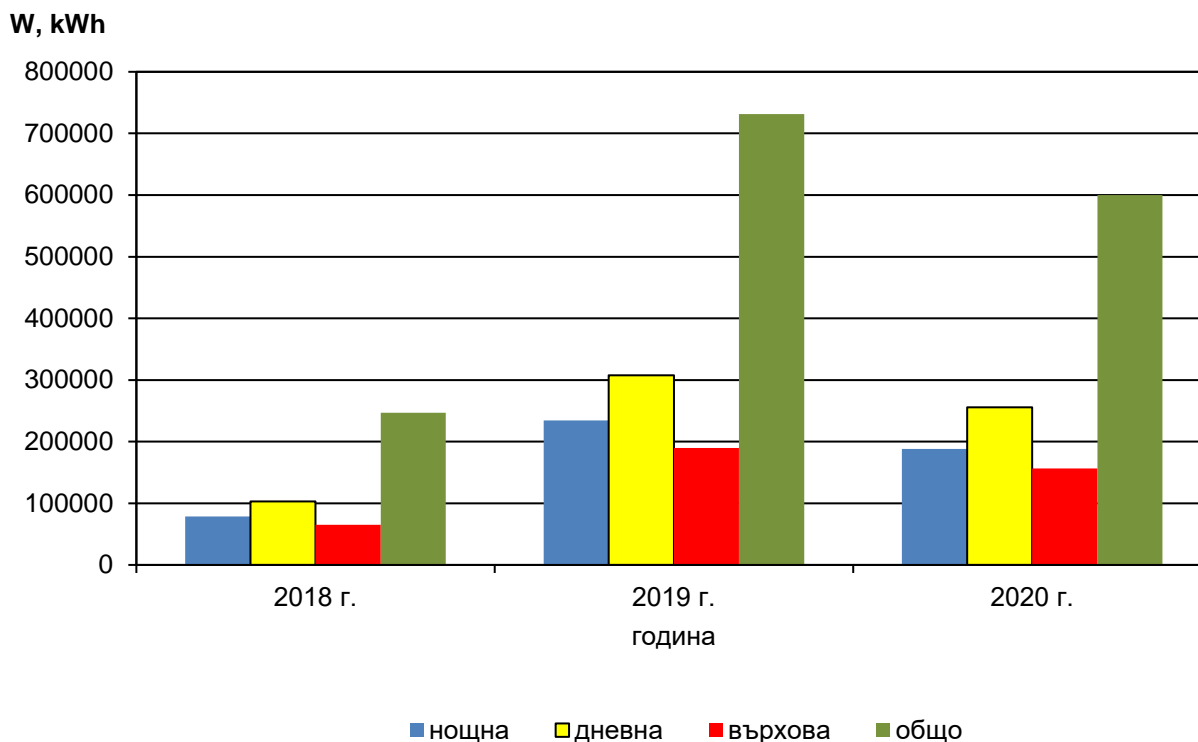
Фиг.2. Изменение на консумираната активна електрическа енергия (W, kWh), за една календарна година, по месеци (month) и тарифни зони.

Прави впечатление, че за всеки месец потреблението на електроенергия е най-голямо през дневната тарифна зона и най-малко – през върховата. Отчетените количества енергия през нощта са по-големи от тези през върховата зона, като разликите не са постоянни. Измененията на електрическата енергия по тарифни зони и по месеци определят промените в общото ѝ количество  $W_0$ . Разликите в стойностите по тарифни зони, за всеки месец, се дължат на разпределението на технологичните дейности в денонощието. Основният работен период е през деня, но може да обхване ранните и късните часове.

Графиката на фиг.3 представя изменението на консумираната електрическа енергия от индукционната пещ, общо по тарифни зони и общо, за всяка от трите последователни години 2018-2020 г.

Характерната за трите години тенденция е същата, както и при месечните изменения (фиг.2) – най-голямо количество електроенергия е отчетено през дневната тарифна зона, а най-малко - през върховата. Разликите между тях не са големи. Тази графика (фиг.3) е едно обобщение на резултатите за всеки месец (фиг.2) и затова характерът на промените в количествата на електроенергията се запазва. Най-голямото общо количество е регистрирано през 2019 г., а през следващата година е отчетен спад с 21,9 % (фиг.3). Вероятна основна причина е извънредната пандемична обстановка. Независимо от това, през 2018 г. потреблението на електроенергия е най-малко за разглеждания период. Причините за това не са известни, но най-общо те могат да бъдат технически и/или икономически.

Разпределението на количеството консумирана електрическа енергия по тарифни зони, общо за целия период, е 42% - през дневната, 32% - през нощната и 26% - през върховата. Това съотношение се запазва през първите две години, а през последната, 2020 г., малко се променя за две от тарифните зони – дневна 43% и нощна 31%. Анализът на разпределението на електроенергията по тарифни зони по месеци (фиг.2) показва, че стойностите за всяка зона варират с няколко процента.



Фиг.3. Изменение на консумираната активна електрическа енергия (W, kWh), по години, по тарифни зони и общо за трите зони.

Представените резултати показват, че е подходящо да се търсят решения за разпределението на електрическата енергия по тарифни зони така, че да се повиши енергийната ефективност на индукционната пещ.

### ИЗВОДИ

Проведеното изследване на консумираната активна електрическа енергия от индукционна пещ за топене на стомана, за период от три години, показва, че:

1. Консумираната електрическа енергия се изменя по месеци, като максималното количество, общо за периода, е регистрирано през месец ноември – 175 188 kWh, а минималното – през месец август – 107 700 kWh. Тези стойности са от второто полугодие, за което месечните изменения на електроенергията и общото ѝ количество са по-големи от това за първите 6 месеца. Разликата в количествата е 14,3%.
2. Разпределението на количеството консумирана електрическа енергия по тарифни зони, общо за целия период, е приблизително: 42% дневна, 32% нощна и 26% върхова. Стойностите за всяка от трите тарифни зони, по месеци, се променя с няколко процента.
3. Измененията на консумираната активна електрическа енергия могат да бъдат обяснени с влиянието на технически и икономически фактори.
4. Проведените изследвания за измененията на количествата консумирана електрическа енергия дават основание да се търсят подходящи технико-икономически решения за повишаване на енергийната ефективност на пещта.

### REFERENCES

Belgaum Foundry Cluster, Best Operating Practices, **A GEF-UNIDO-BEE Project**, Promoting Energy Efficiency and Renewable Energy in Selected MSME Clusters in India, Ministry of New and Renewable Energy, Bureau of Energy Efficiency, MICRO, SMALL & MEDIUM ENTERPRISES, <https://beeindia.gov.in/sites/default/files/BOP-Belgaum.pdf>.

ENERGO-PRO Sales AD, <https://energo-pro-sales.bg/bg/za-klienta/klienti-na-reguliran-pazar/ceni-na-elektroenergijata/dejstvashti-ceni-na-elektroenergijata-ot-01-07-2020-g-stopanski-klienti>

Gönen, T. (2014) Electric Power Distribution Engineering. 3rd Edition, CRC Press, Boca Raton.

Kermeli, K. et al. (2016). Energy Efficiency and Cost Saving Opportunities for Metal Casting. An ENERGY STAR® Guide for Energy and Plant Managers. Document Number 430-R-16-001. United States Environmental Protection Agency. January.

Stefanov, St., V. Ruseva (2010). Electric power supply. University of Ruse “Angel Kanchev” press, Ruse. (**Оригинално заглавие:** Стефанов, Ст., В. Русева (2010). Електроснабдяване. Русенски университет „Ангел Кънчев”, Университетско издателство Русе).

Коев, К., Св. Григоров (2021). Investigation the electric energy consumption of an object of metallurgical industry. 60<sup>th</sup> Science Conference of Ruse University - SSS, Ruse. (**Оригинално заглавие:** Коев, К., Св. Григоров (2021). Изследване потреблението на електрическа енергия от индустриален металургичен обект. 60-та научна конференция на Русенския университет „Ангел Кънчев”, Студентска научна сесия).