

## **ИЗСЛЕДВАНЕ ВЛИЯНИЕТО НА ПРОМЕНЛИВОТОКОВИ ЗАРЯДНИ СТАНЦИИ ВЪРХУ РАБОТАТА НА ПОНИЗИТЕЛНИ ТРАНСФОРМАТОРИ**

**Мартина Томчева**

[mtomcheva@vtu.bg](mailto:mtomcheva@vtu.bg)

*Висше транспортно училище „Тодор Каблешков”*

*гр. София, ул. „Гео Милев” 158*

*РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ*

**Ключови думи:** *електрическа енергия, понизителни трансформатори, зарядни станции, електромобили, енергетични показатели.*

**Резюме:** *В настоящия доклад са направени реални измервания за определен период от време на понизителен трансформатор, към чиято страна ниско напрежение са присъединени една постояннотокова зарядна станция и четири променливотокови зарядни станции за електромобили, като постояннотоковата зарядна станция не е разгледана в този доклад. Целта е да се направи анализ по отношение влиянието на променливотоковите зарядни станции върху показателите за качество на електрическа енергия и по-конкретно, влиянието им по отношение на фактора на мощността  $\cos\varphi$  на първичната страна на понизителния трансформатор.*

*Разгледани са енергетичните показатели на страна средно напрежение и ниско напрежение на понизителен трансформаторен пост на територията на ВТУ „Тодор Каблешков“ в момента на работа на зарядните станции. Измерванията са направени на захранващия клон на зарядните станции и на страна средно напрежение на понизителния трансформатор. Направен е сравнителен анализ на  $\cos\varphi$ , който определя реактивната енергия на първичната страна на трансформатора.*

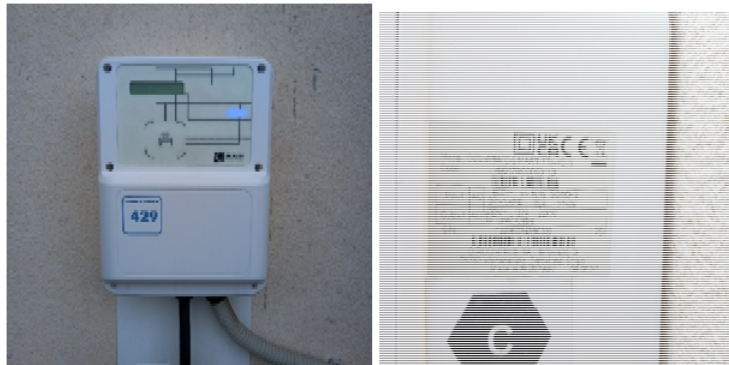
*Направените измервания се отнасят до промяната на качеството на електроенергията от присъединените променливотокови зарядни станции за електромобили на страна ниско напрежение. Измерванията са при различен товар на трансформатора във всички вторични клонове. По време на изследването натоварването на трансформатора е в широк диапазон поради разнообразния товаров график и независимо от работата на зарядните станции.*

### **1. ВЪВЕДЕНИЕ**

В доклада са разгледани получените резултати от проведени експериментални измервания на трансформаторен пост (ТП) №4 на ВТУ „Тодор Каблешков“, към който е монтирани една постояннотокова (DC) и четири променливотокови (AC) зарядни станции за електромобили, като постояннотоковата станция и режими ѝ на работа не са разгледани в този доклад [2, 3, 4].

Променливотоковите зарядни станции са с мощност 27 kVA и стандартно присъединяване към електромобилите чрез стандартен куплунг CCS2 [5].

Външния вид на променливотоковите (АС) зарядни станции и характеристики им според информационната табела на производителя са показани на фиг. 1.



Фиг. 1. Променливотокова монофазна зарядна станция

## 2. ИЗПОЛЗВАНА АПАРАТУРА ПРИ ПРОВЕЖДАНЕ НА ИЗМЕРВАНИЯТА

За ВТУ „Тодор Каблешков“ отчитането на електрическата енергия средно напрежение (СН) се извършва в трафопостовете чрез електромери. Електромерите са модел *Landis&gyr*. [3] Отчитането на електрическата енергия става дистанционно посредством рутери на всеки 15 минути (kWh/4 и kvarh/4), съобразно действащите нормативи. Рутерите са модел *Frodexim FGM300*. Отчитането на данните се отнася до стойностите на активната, реактивната енергия и фактора на мощност  $\cos\varphi$ .



Фиг. 2. Електромер Landis&gyr



Фиг. 3. Frodexim FGM300

Измерванията на страна ниско напрежение (НН) са направени с мрежови анализатор *Janitza* модел UMG 604. [3] Уредът измерва всички енергетични показатели по зададена програма от оператора. Семплирането на информацията може да се променя в широк диапазон, като използваното време за семплиране в доклада е 1 минута.



Фиг. 4. Мрежови анализатор Janitza

### 3. ПРОВЕДЕНИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ

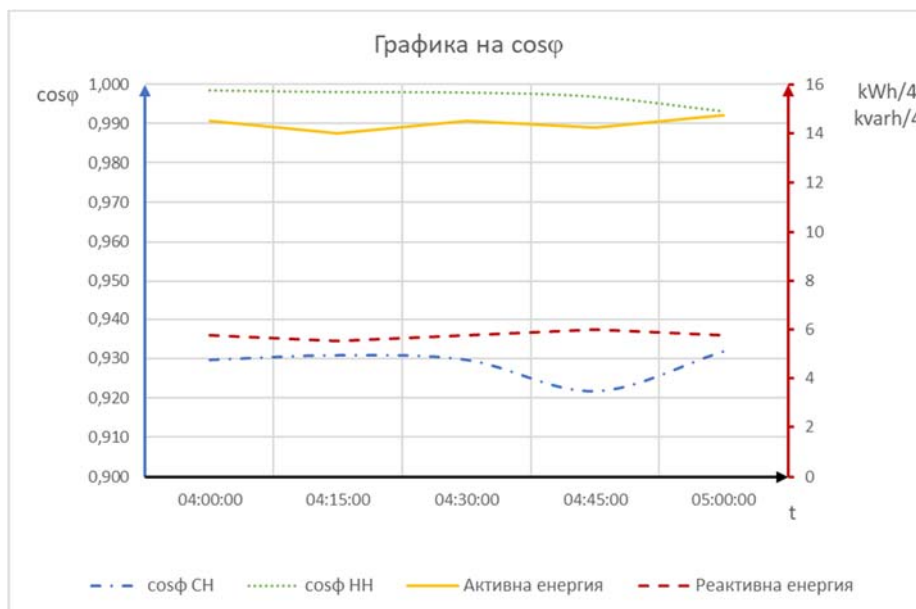
Направени са множество измервания на страна НН на ТП №4 с цел да се анализират енергетичните показатели след монтиране на зарядните станции. Периодът на измерване е 01.11.2023 г. до 30.11.2023 г., което определя и актуалността на получените резултати [1]. Направен е анализ на влиянието на зарядните станции като са сравнени данните за  $\cos\phi$  на страна СН и измерените стойности на  $\cos\phi$  на страна НН (към клона на зарядните станции) на трансформатора за определени дни от месеца, в моментите в които се осъществява заряд.

В табличен и графичен вид са показани измерените стойности на активната, реактивната енергия и  $\cos\phi$ . На графиките на лявата ордината са визуализирани стойностите на  $\cos\phi$  на страна СН и НН, а на дясната ордината – активната и реактивната енергия.

В таблица 1 са дадени измерените стойности на активната енергия, реактивната енергия и  $\cos\phi$  на страна СН, както и измерената стойност на  $\cos\phi$  на страна НН за 23.11.2023 година. На фиг. 5 графично е дадено сравнението между  $\cos\phi$ , измерен на страна НН и СН.

Таблица 1. Измерени стойности на активната, реактивната енергия и  $\cos\phi$  за дата 23.11.2023 г.

Дата	Час	Активна енергия kWh/4	Реактивна енергия kvarh/4	$\cos\phi$ СН	$\cos\phi$ НН
23.11.2023	04:00:00	14,5	5,75	0,930	0,999
23.11.2023	04:15:00	14	5,5	0,931	0,998
23.11.2023	04:30:00	14,5	5,75	0,930	0,998
23.11.2023	04:45:00	14,25	6	0,922	0,997
23.11.2023	05:00:00	14,75	5,75	0,932	0,993

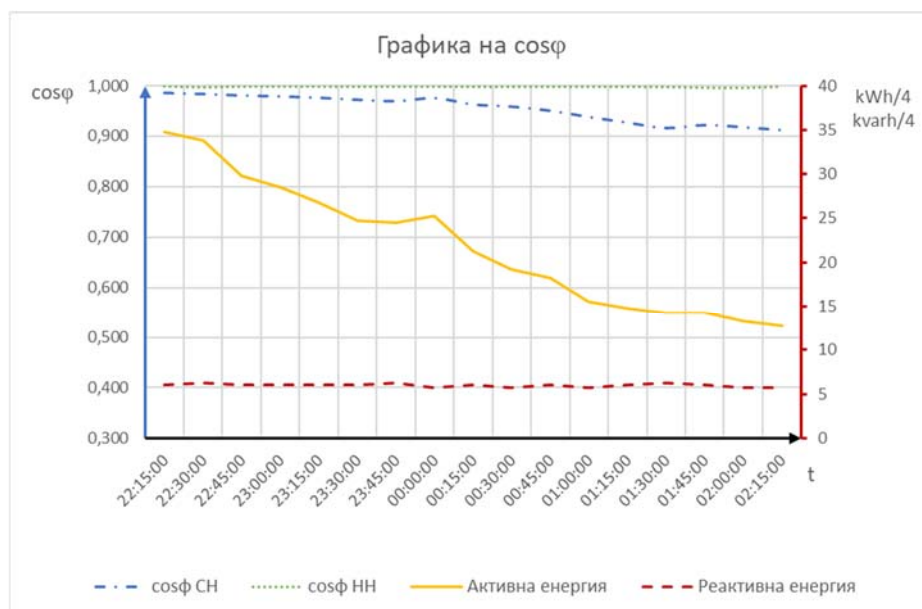


Фиг. 5. Стойности на  $\cos\phi$  на страна НН и СН за 23.11.2023 г.

В таблица 2 са дадени измерените стойности на активната енергия, реактивната енергия и  $\cos\phi$  на страна СН, както и измерената стойност на  $\cos\phi$  на страна НН за 23.11.2023 и 24.11.2023 година, тъй като заряда се осъществява през нощта, в интервала от 22:15 часа на 23.11.2023 г. и 2:15 часа на 24.11.2023 година. На фиг. 6 графично е дадено сравнението между  $\cos\phi$ , измерен на страна НН и СН.

**Таблица 2. Измерени стойности на активната, реактивната енергия и  $\cos\phi$  за периода 23-24.11.2023 г.**

Дата	Час	Активна енергия kWh/4	Реактивна енергия kvarh/4	$\cos\phi$ СН	$\cos\phi$ НН
23.11.2023	22:15:00	34,75	6	0,985	1,000
23.11.2023	22:30:00	33,75	6,25	0,983	0,997
23.11.2023	22:45:00	29,75	6	0,980	0,999
23.11.2023	23:00:00	28,5	6	0,979	0,999
23.11.2023	23:15:00	26,75	6	0,976	0,999
23.11.2023	23:30:00	24,75	6	0,972	0,999
23.11.2023	23:45:00	24,5	6,25	0,969	0,999
24.11.2023	00:00:00	25,25	5,75	0,975	0,999
24.11.2023	00:15:00	21,25	6	0,962	0,998
24.11.2023	00:30:00	19,25	5,75	0,958	0,998
24.11.2023	00:45:00	18,25	6	0,950	0,998
24.11.2023	01:00:00	15,5	5,75	0,938	0,998
24.11.2023	01:15:00	14,75	6	0,926	0,998
24.11.2023	01:30:00	14,25	6,25	0,916	0,998
24.11.2023	01:45:00	14,25	6	0,922	0,996
24.11.2023	02:00:00	13,25	5,75	0,917	0,995
24.11.2023	02:15:00	12,75	5,75	0,912	0,999

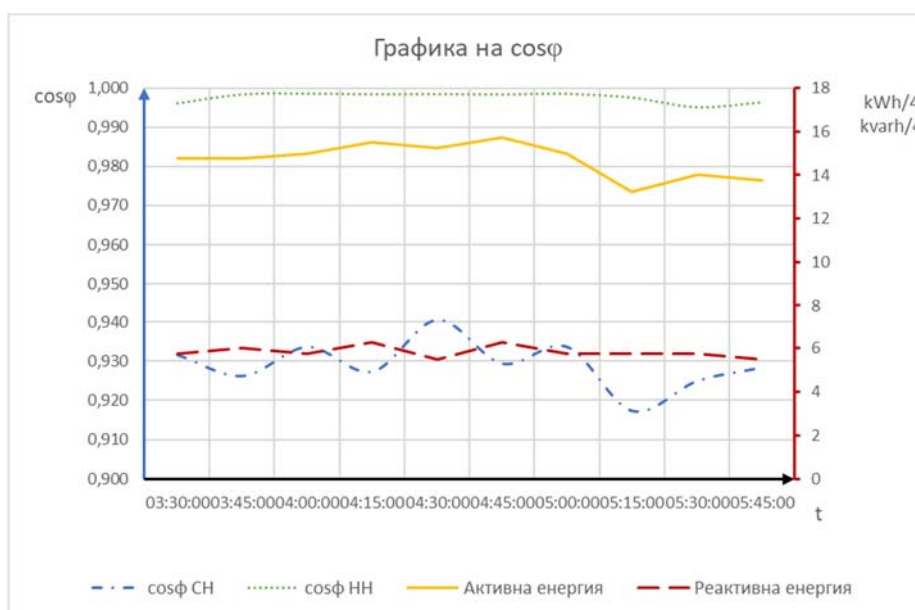


**Фиг. 6. Стойности на  $\cos\phi$  на страна НН и СН за 23 и 24.11.2023 г.**

В таблица 3 са дадени измерените стойности на активната енергия, реактивната енергия и  $\cos\phi$  на страна СН, както и измерената стойност на  $\cos\phi$  на страна НН за 26.11.2023 година. На фиг. 7 графично е дадено сравнението между  $\cos\phi$ , измерен на страна НН и СН.

**Таблица 3. Измерени стойности на активната, реактивната енергия и  $\cos\phi$  за дата 26.11.2023 г.**

Дата	Час	Активна енергия kWh/4	Реактивна енергия kvarh/4	$\cos\phi$ СН	$\cos\phi$ НН
26.11.2023	03:30:00	14,75	5,75	0,932	0,996
26.11.2023	03:45:00	14,75	6	0,926	0,998
26.11.2023	04:00:00	15	5,75	0,934	0,999
26.11.2023	04:15:00	15,5	6,25	0,927	0,998
26.11.2023	04:30:00	15,25	5,5	0,941	0,998
26.11.2023	04:45:00	15,75	6,25	0,929	0,998
26.11.2023	05:00:00	15,00	5,75	0,934	0,999
26.11.2023	05:15:00	13,25	5,75	0,917	0,998
26.11.2023	05:30:00	14,00	5,75	0,925	0,995
26.11.2023	05:45:00	13,75	5,50	0,928	0,996



**Фиг. 7. Стойности на  $\cos\phi$  на страна НН и СН за 27.11.2023 г.**

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ И АНАЛИЗ**

След подробен анализ на получените стойности на фактора на мощност  $\cos\phi$  се установява, че товарът на зарядните станции е много по-малък от общия товар на трансформатора. Установява се, че променливотковите зарядни станции не оказват влияние върху реактивната енергия на страна СН. Измененията на границите на реактивната енергия са в диапазона от 5,50 kvarh/4 до 7 kvarh/4, а активната енергия е в диапазона от 12 kWh/4 до 35 kWh/4.

След направените анализи може да се твърди, че променливотоковите зарядни станции не влияят на качеството на електроенергията на първичната страна на трансформатора.

Интересен би бил резултатът от бъдещи измервания при липса на товар на другите клонове на трансформатора, различни от клон на зарядната станция. Тези изследвания могат да бъдат тема на следващи доклади.

## ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Петров И., Изследване на фактора на мощност и мерки за подобряването му. Годишник на Техническият Университет – София, т. 67, кн. 1, 2017 г., стр. 104-112., 2017 г.;
- [2] Мицева Д. Специфични особености, параметри и характеристика на литиевойонни акумулаторни батерии, Шеста научна конференция с международно участие „Комуникации, електрообзавеждане и информатика в транспорта - КЕИТ – 2022“, гр. Банско, 30.08. - 02.09.2022 г., (сп. „Механика, транспорт, комуникации“, том 20, бр. 3/2, 2022, ISSN 1312-3823 (print), ISSN 2367-6620 (online) <https://mtc-aj.com/library/2260.pdf>
- [3] М. Томчева. Изследване влиянието на постояннотокови зарядни станции върху енергетичните показатели на понизителни трансформатори. сп. Механика, транспорт, комуникации. том 22, брой 2, статия № 2464, стр. IX-1÷IX-7, 2024 г., ISSN 2367-6558, ISSN 1312-3823(print), ISSN 2367-6620(online),
- [4] Gyurov V., Chikov V., Makedonski N., Yordanov Y. Concept for the Use of the Existing Trolleybus Power Supply Networks as Infrastructure for the Electric Vehicle Charging Stations (2022) Proceedings of the 11th International Scientific Symposium on Electrical Power Engineering, ELEKTROENERGETIKA 2022, pp. 192 - 195
- [5] <https://eldrive.eu/bg/> - Официален сайт на фирма Eldrive

## STUDY OF THE IMPACT OF DC CHARGING STATIONS ON THE POWER PERFORMANCE OF STEP-DOWN TRANSFORMERS

**Martina Tomcheva**  
[mtomcheva@vtu.bg](mailto:mtomcheva@vtu.bg)

**Todor Kableshkov University of Transport**  
**Sofia, 158 Geo Milev Str.**  
**THE REPUBLIC OF BULGARIA**

**Key words:** *electricity, step-down transformers, charging stations, electric vehicles, energy performance.*

**Abstract:** *In this report, actual measurements have been made over a period of time on a step-down transformer with one DC charging station and four AC charging stations for electric vehicles connected to the low voltage side, the DC charging station is not considered in this report. The aim is to analyse the impact of the AC charging station on the power quality performance and, in particular, its impact on the power factor  $\cos\phi$  of the primary side of the step-down transformer.*

*The power indices of the medium voltage and low voltage side of the step-down transformer station at the Todor Kableshkov University of Transport at the time of charging station operation are investigated. The measurements were made on the supply branch of the charging stations and on the medium voltage side of the step-down transformer. A comparative analysis of  $\cos\phi$ , which determines the reactive energy on the primary side of the transformer, was made.*

*The measurements made relate to the change in power quality from the connected AC EV charging station to the low voltage side. The measurements are at different transformer loads in all secondary branches. During the study, the transformer load is in a wide range due to the varied commodity schedule and independent of the charging station operation.*