

## **ПРОЕКТИРАНЕ И ИЗГРАЖДАНЕ НА ЛАБОРАТОРИЯ ЗА АВТОМАТИЗАЦИЯ И ДИГИТАЛИЗАЦИЯ НА ТЯГОВА ЕЛЕКТРОЗАХРАНВАЩА СИСТЕМА**

*Тодор Лалев, Георги Павлов*

[lalev85@gmail.com](mailto:lalev85@gmail.com), [g\\_pavlov61@abv.bg](mailto:g_pavlov61@abv.bg)

*Висше транспортно училище „Тодор Каблешков”  
гр. София, ул. „Гео Милев” 158  
РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ*

***Ключови думи:** Тягова електрозахранваща система, дигитализация, система за управление*

***Резюме:** Дигитализацията в днешно време е особено актуална тематика и засяга всяка една сфера от живота на хората. За да отговорят на изискванията на съвременното общество операторите на железопътна инфраструктура и тяговата електрозахранваща система (ТЕС), внедряват цифрови технологии, които да повишат качеството на услугите и същевременно с това да се намалят разходите за експлоатация и поддръжка. В тази връзка и за да отговори на нуждите за кадри във ВТУ „Тодор Каблешков“ е необходимо да се изградят съвременни лаборатории в тази насока. Това е и основната причина тематиката на доклада да засяга проектиране и изграждане на лаборатория за автоматизация и дигитализация.*

*В доклада са разгледани основните етапи при проектирането и изграждането на лабораторни стендове за изследване и анализ на възможностите за дигитализация на ТЕС, чрез използването на PLC контролери. Разработените по проекта работни установки ще послужат за изграждане на съвременна лаборатория към катедра „Електроснабдяване и електрообзавеждане на транспорта“ към ВТУ “Тодор Каблешков”.*

### **1. ВЪВЕДЕНИЕ**

През последните години системите за автоматизация и дигитализация на тягова електрозахранваща система се развиват изключително бурно. Нещо повече, при реализирането на проекти за изграждане на нова или модернизация на съществуваща инфраструктура за тягово електрозахранване, основните иновации са базирани на системите за автоматизация и дигитализация. Тази тенденция се забелязва изключително в развитите страни от западна Европа, които инвестират изключително много в тази сфера [1, 2].

В тази връзка и за да отговори на изискванията на пазара за кадри, както и изискванията на студентите, Висшето Транспортно Училище трябва да поддържа и развива съвременни лаборатории, оборудвани по възможност с актуални системи за автоматизация и дигитализация.

Тягова електрозахранваща система се явява сложна техническа структура, работеща, при всякакви условия с висока степен на надеждност и на практика непрекъснат режим на работа. Затова актуалността на тематиката за разработката на лабораторни стендове за автоматизация и дигитализация на ТЕС се явява една изключително сложна и актуална задача.

Темата на настоящия доклад касае проектиране и изграждане на лабораторни стендове, чрез които да се даде основата за създаване на една съвременна лаборатория за автоматизация и дигитализация на ТЕС.

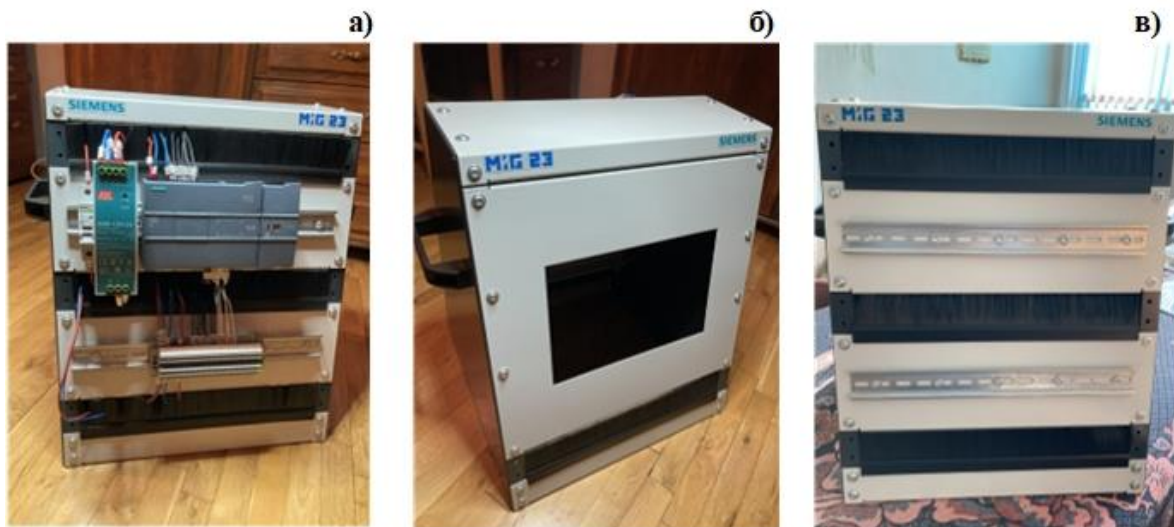
## **2. ОПИСАНИЕ НА РАЗРАБОТЕНИТЕ ЛАБОРАТОРНИ СТЕНДОВЕ**

### **2.1. Проектиране и изработване на стойка за лабораторния стенд**

Основните задачи при разработването на проекта основните задачи, които трябваше да се решат ги разделихме на два етапа. Първият етап беше проектиране на подходяща стойка на която да е възможно да се инсталира различна по вид и тип електрическа апаратура. Вторият етап беше свързан с изграждането на всеки стенд по отделно.

За целите на реализация на проекта, съвместно с фирма МИГ 23 ЕООД бяха проектирани и съответно изработени два модела стойки за лабораторните стендове.

Водещото при проектирането беше те да са удобни за работа, да притежават възможности за разширение, да позволяват монтаж на различна електрическа апаратура чрез DIN шина и същевременно с това те да са мобилни. Водейки се от тези изисквания и проучвайки чуждия опит ние се спряхме на стендове тип пирамида. Общ вид на готов стенд е показан на фиг. 1 а, б и в.



**фиг. 1 а, б, и в. Общ вид на лабораторните стендове**

Произведени бяха 6 броя (по 3 бр. от всеки модел) стойки за стендовете. Стойките са изработени от поцинкована ламарина и съответно са прахово боядисани. Водещо при производството беше стендовете да бъдат направени по начин, по който да позволява лесна работа с тях, съответно лесно да се разглобят и сглобят, т.е. съединението на отделните елемент да са осъществени чрез болтови връзки.

Лицето на двата вида стендове е еднакво, като пространството му е разпределено така, че на него да могат да се инсталират съответно PLC контролер, захранване, разширител модул, клеморед, съответната защитна комутационна апаратура и други елементи, ако това е необходимо. Общ вид на инсталирано оборудване на лицев панел е показан на фиг. 1 а).

Разликата между първия и втория вид стойки е в начина, по който са конструирани и изработени гърбовете.

Първият вид стойки (фиг. 1 б) са проектирани така, че да позволяват на гърба им да бъде инсталиран НМИ (интерфейс човек машина) 12” дисплей с тъчскрийн, който да позволява на него да бъдат симулирани, разглеждани и решавани различни инженерни задачи свързани с автоматизация и дигитализация.

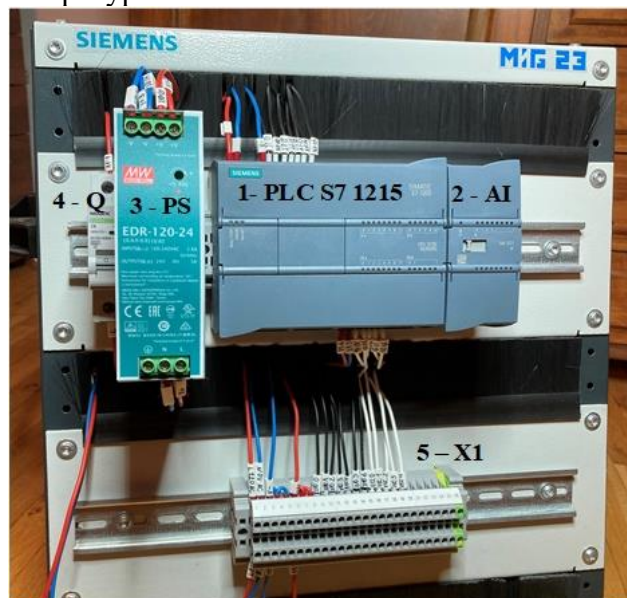
Вторият вид стойки (фиг. 1 в) са проектирани така, че да позволяват инсталирането на различни по вид и тип електрическа апаратура, пригодена за монтажа на DIN шина.

## 2.2. Избор на хардуер и реализиране на проекта

Стендовете са изградени със следната апаратура:

Тук трябва да споменем, че апаратурата е избрана съгласно предварителен технически анализ публикуван в [1]

1. **PLC контролер - Simatic S7 1200 тип 1215C;** - Този тип PLC освен за автоматизация, дигитализация и управление на процеси често се използват и локални устройства за управление (ЛЛУ) (част от SCADA система), чрез тях се супервизират всички електросъоръжения в мрежата ТЕС. ЛЛУ са микрокомпютри, които обхващат и комуникират съоръженията на процесното ниво, чрез интерфейс човек машина, сензори и крайни устройства, а след това насочват информацията за тях към система за управление на станцията (СУС). Подробно описание на контролера е публикувано в [1,3,4]
2. **AI Разширителен модул аналогови входове** – Брой входове 4 бр.; Обхват и разделност 13 bit +/-10V; 0 – 20 mA; Този модул позволява свързването към PLC на различни сензори и периферия, чрез които да се следят параметрите на реални обекти от ТЕС. Може да се следят – температура, сила (тегло), големина на електрически величини (ток, напрежение) и т.н.
3. **PS Захранващ модул EDR – 120-24V, 5A;** - Захранващия модул е за номинално напрежение 24 V DC и големина на тока 5 А. Избран е така че да бъде подходящ за индустриални нужди и да може да осигурява необходимата мощност, както на PLC и разширителните модули така и на допълнителни периферни устройства.
4. **Q Защитен/комутационен прекъсвач;**
5. **X1 – Основен клеморед** – Служи за окабеляване на стенда и присъединяване на допълнителна апаратура.



фиг. 2. Общ вид на стенд с инсталиран контролер PLC 1215 C

### 2.3. Софтуер за програмиране на PLC

За реализация на настоящия проект в пакета PLC бяха доставени и 6 броя софтуерни пакета Siemens SIMATIC STEP 7 Basic V17. Те ще служат за програмиране на PLC контролери от семейството S7 1200. Общ вид на графичния интерфейс на доставения софтуерен пакет е показан на фигура 3.

Към момента платформата SIMATIC STEP 7 е най-известният и най-широко използваният софтуер за програмиране в индустриалната автоматизация/ цифровизация.

Инженерният софтуер на Siemens STEP 7 Basic V17 включва нови функции за всички фази на инженерния работен процес подходящ за целите на настоящия проект. SIMATIC STEP 7 Basic V17 позволява проектиране на система за управление и контрол на контролери от фамилията S7-1200 или SIMATIC Basic Panels в TIA Portal [3,4].



фиг. 3. Общ вид на графичния интерфейс Siemens STEP 7 Basic V17

### 2.4. Периферия за симулиране на входни сигнали към PLC

2.4.1. **Сигнален генератор за дигитални входове** – За да се стимулират дигиталните входове бяха изработени платки с превключватели и светодионна индикация, която да показва дали даден изход на платката е активиран или не. Чрез активиране на конкретен превключвател се активира и даден вход. Общ вид на симулатора за дигитални входове е показан на фиг. 5 а.

2.4.2. **Сигнален генератор за аналогови входове** – за да се симулират аналоговите величини към контролера бяха закупени два типа генератори. Първия тип е двуканален съответно  $\pm 10V$ ;  $0 - 20 mA$  с един потенциометър и един измервателен прибор на лицевия панел фиг. 5 б. Втория тип е съответно двуканален като основната разлика е, че той е снабден с 2 потенциометъра и измервателен прибор на лицевия панел по този начин могат да се управляват двата канала едновременно фиг. 5 в.



фиг. 5 а, б, и в. Общ вид на лабораторните стендове

### 3. ИЗВОДИ

Задачите, които студентите и преподавателите могат да решават на изградените стендове може да се конкретизират по следният начин:

- Избрани обекти от ТЕС могат да бъдат следени и управлявани дистанционно в реално време от безопасно разстояние;
- Могат да се изпращат подробни съобщения за неизправности (откази) на различни обекти на ТЕС на диспечерската система, като по този начин се улесняват възстановяването на работните функции на следения обект в най-кратки срокове;
- Може да се извършва операторски контрол и визуализация на текущото състояние на елементите от ТЕС (комутационните устройства, трансформатори, токоизправители, елементи от контактната мрежа и т.н.);
- Може да се извършва диагностика на повреди и да се анализират записи от релейните защиты в реално време;
- Може да се създават цифрови близнаци, които може да сигнализират за вероятни откази и да препоръчват превантивни проверки;

### 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При реализацията на проекта бяха проектирани и изработени работни стендове за изследване и анализ на възможностите за дигитализация на ТЕС, чрез използването на PLC контролери. Разработените по проекта работни установки ще послужат за изграждане на съвременна лаборатория на територията на ВТУ „Тодор Каблешков“.

**Постигнати резултати** при реализацията на проекта могат да бъдат конкретизирани по следният начин:

- ✓ Разработена е първоначална методика за провеждане на експериментални изследвания и анализи /реализирани са стартови модели на шест лабораторни симулатора/;
- ✓ Конкретните лабораторни модели създават възможността на студентите и преподавателите във ВТУ „Тодор Каблешков“ да провеждат експериментални изследвания с цел дигитализация на конкретни обекти от ТЕС в лабораторни условия;
- ✓ Лабораторните модели позволяват обработка и анализ на получените експериментални данни;

### ЛИТЕРАТУРА:

[1] Лалев Т., Г. Павлов, Лабораторен симулатор за дигитализация на тягова електрозахранваща система, Механика Транспорт Комуникации том 19, брой 3, 2021 г. Научно списание <http://www.mtc-aj.com> статия № 2135 ISSN 1312-3823 (print), ISSN 2367-6620 (online)

- [2] Jana Pieriegud, Digital Transformation of Railways, 2018 ISBN 978-83-950826-0-3  
[3] Hans Berger, Automating with SIMATIC S7-1200, 2013 ISBN: 978-3-89578-385-2  
[4] <https://mall.industry.siemens.com/>

## **DESIGN AND CONSTRUCTION OF A LABORATORY FOR AUTOMATION AND DIGITALIZATION OF A TRACTION POWER SUPPLY SYSTEM**

**Todor Lalev, Georgi Pavlov**

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

**Keywords:** *Traction power supply system, digitalization, automation.*

**Abstract:** *Nowadays, digitalization is a popular topic and affects every sphere of people's lives. To meet the demands of modern society, railway infrastructure and traction power system operators are implementing digital technologies. The main goals are to increase the quality of services and at the same time reduce the costs of operation and maintenance. In this regard, and to meet the needs for specialist at VTU "Todor Kableshkov", it is necessary to be build modern laboratories. For that reason, the topic of the study concerns the design and construction of a laboratory for automation and digitization.*

*The report examines the main stages in the design and construction of laboratory stands for research and analysis of the possibilities of TPP digitization through the use of PLC controllers. The work units developed under the project will serve for the construction of a modern laboratory at the "Electricity supply and electrical equipment of transport" department at the Todor Kableshkov University of Transport.*