

## СИМУЛАЦИЯ НА ЛАБОРАТОРЕН СТЕНД ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА ТОВАРОВИ ГРАФИЦИ

Цветозар Петков<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Технически университет – Габрово

## SIMULATION OF LABORATORY STAND FOR LOAD SCHEDULES STUDY

Tsvetozar Petkov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Technical University – Gabrovo

### Abstract

*The technical education requires special laboratory equipment like stands and measurement apparatus. In the distance form of education, the laboratory technics is not available. One of possibility solution is using special software. The paper shows results of simulation model used to study typical electric load schedules. The simulation model corresponds to a real laboratory stand located in department of electric power supply at Technical University of Gabrovo.*

**Keywords:** simulation model; load schedules; laboratory stand; power supply distribution.

### ВЪВЕДЕНИЕ

Дистанционното обучение на студенти от техническите специалности е значително затруднено във връзка с провеждането на лабораторни упражнения, които при присъствено провеждане са свързани с практически дейности, като работа с измервателна апаратура и специализирани лабораторни стендове. При дистанционно обучение, за адекватно провеждане на лабораторното упражнение, се появява необходимостта от действия от страна на преподавателя за обучение, еквивалентно на присъственото. За постигането на тази цел, една от възможностите е използването на специализирани софтуерни продукти, с които да се работи съответстващо на зададените дейности в лабораторното упражнение. Софтуерният продукт MATLAB разполага със симулационно приложение Simulink и с негова помощ могат да се разработват

симулации, съответстващи на практическите занятия [1].

В доклада се разглежда възможност за симулацията на лабораторен стенд, служещ за изследване на типови товарни графици по дисциплината „Електроснабдяване” в Технически университет – Габрово [2, 3].

### ИЗЛОЖЕНИЕ

В катедра „Електроснабдяване и електрообзавеждане” при ТУ-Габрово се намира специализирана лаборатория „Електроснабдяване”, в която се провеждат лабораторни упражнения, изискващи специализирани лабораторни стендове и измервателна апаратура. Едно от лабораторните упражнения цели изследването на типови електрически товарни графици и във връзка с това е разработен лабораторен стенд, външния вид на който е показан на фиг. 1.

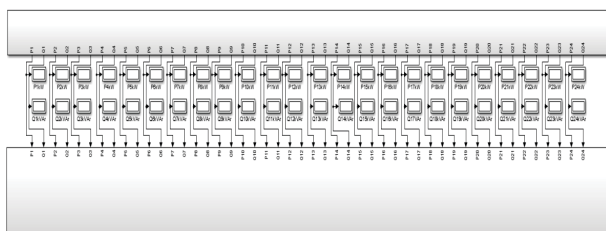


**Фиг. 1.** Лабораторен стенд за изследване на типови товарни графици

Задачата, която се поставя пред студентите, е да се снимат типови товарни графици в зависимост от режима на работа на електропотребителите и да се определят изчислителни електрически товари, и показатели на товарите графици описващи особеностите им.

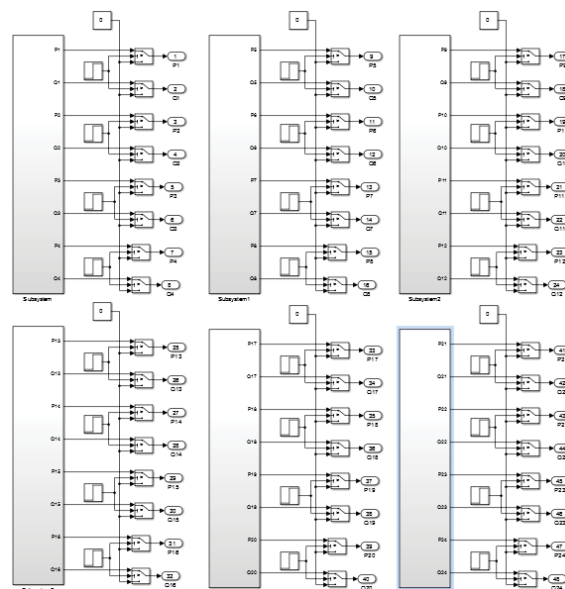
При дистанционно провеждане на лабораторното упражнение практическите измервания на активните и реактивните мощности за построяването на графици е невъзможно. Това обстоятелство налага да се намери решение за провеждане на упражнението в електронна среда, по начин, аналогичен на присъствената форма на обучение. За целта се разработва симулационен модел, с който успешно се провежда упражнението, аналогично с практическия лабораторен стенд. Софтуерният продукт, използван за разработката, е MATLAB и приложението Simulink.

Общ вид на разработения симулационен модел е показан на фиг. 2. Моделът има две подсистеми с различни предназначения, както и симулационни дисплеи, на които се визуализират стойностите на активните и реактивни мощности.

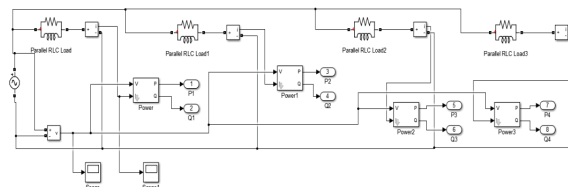


**Фиг. 2.** Общ вид на разработения модел

Моделът симулира 24 часов товарен график, като в зависимост от настройките на модела се изследват различни типове графици. Необходимо е да се зададат стойности на активния и реактивния товар за всеки час от денонощието. Определянето на мощностите е последователно за всеки час, като показанията се визуализират след предварително зададена пауза, съответстваща на реалния стенд. Вътрешната структура на едната подсистема е показан на фиг. 3. Както се вижда от фиг. 3, тя е изградена от шест подсистеми, в които се задават стойностите на мощностите. Структурата на една от тях е показана на фиг. 4.



**Фиг. 3.** Вътрешна структура на подсистема за последователно визуализиране



**Фиг. 4.** Вътрешна структура на подсистема за задаване на активни и реактивни мощности

Товарите графици имат изчислителни товари и различни показатели. Определят се средният активен, реактивен, пълнен и средноквадратичен товар, както

и факторът на мощността за всички 24 часа:

$$P_{cp} = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n p_i; \quad (1)$$

$$Q_{cp} = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n q_i; \quad (2)$$

$$S_{cp} = \sqrt{P_{cp}^2 + Q_{cp}^2}; \quad (3)$$

$$P_{cp.kв} = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n p_i^2};$$

$$\cos \varphi_{cp} = \frac{P_{cp}}{S_{cp}};$$

където:  $P_{cp}$ ,  $Q_{cp}$ ,  $S_{cp}$ ,  $P_{cp.kв}$  - активен, реактивен пълнен и средноквадратичен товар съответно;  $\cos \varphi$  - фактор на мощността;  $p_i$ ,  $q_i$  - активни и реактивни мощности, отчитани за всеки час;  $T$  - продължителност, брой часове (24 часа).

Определят се и различни показатели на товарите графици - коефициент на използване  $K_u$ , коефициент на максимума  $K_M$ , коефициент на търсене  $K_T$ , коефициент на запълване  $K_3$  и коефициент на формата  $K_\phi$ :

$$K_u = \frac{P_{cp}}{P_n}; \quad (6)$$

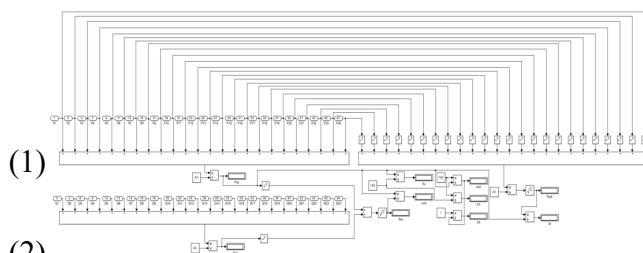
$$K_M = \frac{P_M}{P_{cp}}; \quad (7)$$

$$K_T = \frac{P_M}{P_n}; \quad (8)$$

$$K_3 = \frac{1}{K_M}; \quad (9)$$

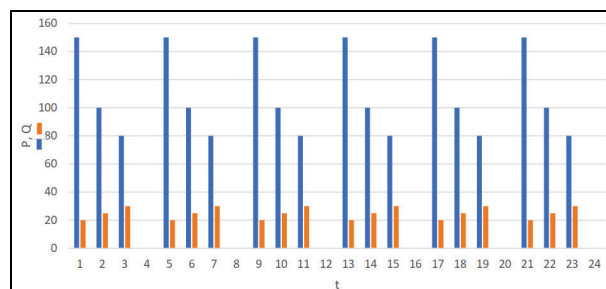
$$K_\phi = \frac{P_{cp.kв}}{P_{cp}}. \quad (10)$$

За определянето на електрическите изчислителни товари и показателите на товарите графици е разработена втората подсистема в общия модел. Вътрешният вид на подсистемата за изчисление е показан на фиг. 5.



Фиг. 5. Вътрешна структура на подсистема за изчисление

Товарите графици, които могат да се симулират, са различни. Тук са показани основни типове товари графици, получени с разработения симулационен модел. Резултати са аналогични на резултатите, които се получават при изследване с реалния стенд в лабораторни условия. На фиг. 6 е показан периодичен товаров график.



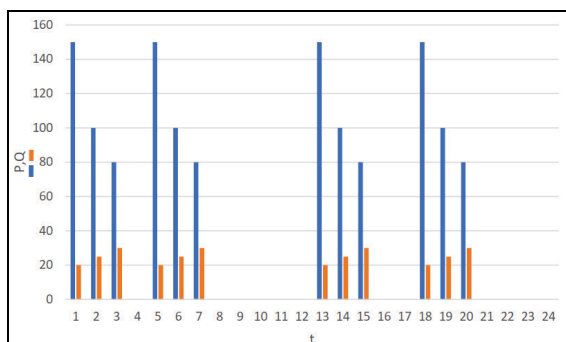
Фиг. 6. Периодичен товаров график

При периодичния товаров график законът на потреблението на електроенергията е строго определен. Всички времена на работа са равни помежду си, всички времена на пауза също са еднакви. Товарът по времето на работа се изменя по еднакъв закон. Периодични товари графици се получават при поточно и автоматизирано производство с еднакъв период на повторяемост. В таблица 1 са показани изчислителните товари и показателите на получения периодичен товаров график.

Табл. 1. Изчислителни товари и показатели на получения периодичен товаров график

Рср	Qcp	Scp	Рср.кв.	cosφ	Ku	KM	KT	K3	Kφ
kW	kVAr	kVA	kW	-	-	-	-	-	-
82,5	18,75	84,6	98,62	0,975	0,55	1,818	1	0,55	1,195

На фиг. 7 е показан циклически товаров график.



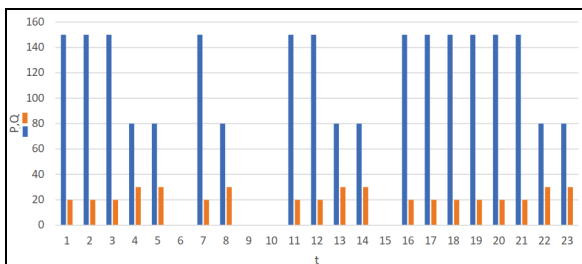
Фиг. 7. Циклический товарный график

Циклические товарные графики характеризуются тем, что продолжительность времени на работу одинакова, но времена паузы различны, как закон, по которому изменяется потребление электрической энергии во время рабочего периода. Циклические товарные графики имеют машины, которые выполняют одинаковые операции, но не в точном производстве. В таблице 2 показаны вычислительные товары и показатели на полученный циклический товарный график.

Табл. 2. Вычислительные товары и показатели на полученный циклический товарный график

Рср	Qср	Sср	Рср.кв.	cosφ	Ku	KM	KT	K3	Kф
kW	kVAr	kVA	kW	-	-	-	-	-	-
55	12,5	56,4	80,52	0,975	0,366	2,727	1	0,366	1,464

На фиг. 8 показан вид нециклического товарного графика. При этом виде товарного графика как продолжительность рабочих периодов, так и времена паузы различаются между собой, но характерно для этого типа графиков постоянное по величине потребление электрической энергии за базовый период времени, например за одну рабочую смену.



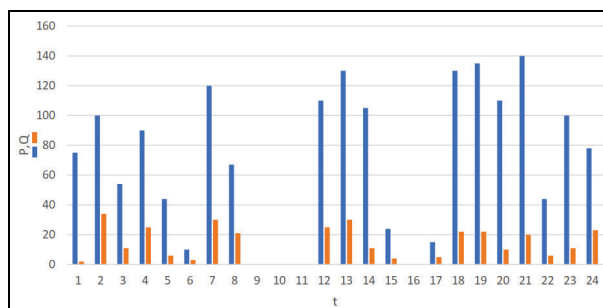
Фиг. 8. Нециклический товарный график

В таблице 3 показаны вычислительные товары и показатели на полученный нециклический товарный график.

Табл. 3. Вычислительные товары и показатели на полученный нециклический товарный график

Рср	Qср	Sср	Рср.кв.	cosφ	Ku	KM	KT	K3	Kф
kW	kVAr	kVA	kW	-	-	-	-	-	-
104,6	19,58	106,4	118,6	0,982	0,697	1,434	1	0,069	1,134

Последний вид товарных графиков, исследованных с разработкой симуляционного моделирования (нерегулярные). При этом не в силе ни одно из главных особенностей потребления электрической энергии. Времена работы и паузы всегда различны. Различны также и законы изменения потребления электрической энергии. Такой тип товарного графика показан на фиг. 9.



Фиг. 9. Произвольный товарный график

В таблице 4 показаны вычислительные товары и показатели на полученный произвольный товарный график.

Табл. 4. Вычислительные товары и показатели на полученный произвольный товарный график

Рср	Qср	Sср	Рср.кв.	cosφ	Ku	KM	KT	K3	Kф
kW	kVAr	kVA	kW	-	-	-	-	-	-
71,62	13,88	72,96	85,31	0,981	0,477	2,094	1	0,477	1,191

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение симуляционных программных продуктов может успешно использоваться в дистанционной форме обучения. Развитие информационных технологий позволяет обучению осуществляться на расстоянии. Это означает, что необходима подготовка преподавательского состава, как для качественного обучения следовало разработать модели, соответствующие предвиденным в учебной программе упражнениям.

Разработанный симуляционный модель для исследования типовых электрических товарных графиков успешно применяется в

учебния процес в лабораторно упражнение по „Електроснабдяване“ в дистанционна форма на обучение.

#### REFERENCE

[1] Beucher O. Weeks M. Introduction to MATLAB&Simulink A Project Approach.

Engineering Series. 2007. ISBN 9781934015049.

[2] Tsankov P. Electrical Power Distribution. V. Aprilov. 2014 Gabrovo. ISBN 978-954-683-514-7.

[3] Vasilev N., S. Siderov. Electrical Power Distribution of Industrial Factories. Sofia, Technica, 1988.