

## ОТКАЗИ В ЕЛЕКТРОСНАБДИТЕЛНИТЕ СИСТЕМИ НА РУДНИК "ТРАЯНОВО -СЕВЕР"

**Тодор Върбев<sup>1</sup>, Цанко Георгиев<sup>2</sup>, Иван Котов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Минно-геоложки университет "Св.Иван Рилски", София, 1700

<sup>2</sup> Технически Университет – София, Факултет Автоматика

<sup>3</sup> „Челопеч Майнинг“ ЕАД, с. Челопеч, България

**РЕЗЮМЕ.** Работата е посветена на изследване на отказите в електроснабдителните системи на открития рудник "Трояново-север" към мини "Марица изток" – ЕАД. Събрани са и са обработени данни за отказите за период от пет години. Класифицирани са причините предизвикали отказите в електроснабдителната система. Статистическата обработка на данните е направена в програмните среди MATLAB и STATGRAPHICS.

### FAILURE ANALYSIS OF THE POWER SUPPLY SYSTEMS IN OPEN-AIR MINE "TROJANOV-NORTH"

**Todor Varbev<sup>1</sup>, Tsanko Georgiev<sup>2</sup>, Ivan Kotov<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Sofia, 1700

<sup>2</sup> Technical University – Sofia, Faculty of Automation

<sup>3</sup> "Chelopech Mining" Ltd, village Chelopech, Bulgaria

**ABSTRACT.** This article deals with safety analysis of the electrical power supply systems in open - air mine "Trojanovo-north" of the mines "Maritza-east" – Ltd.. The data of failures are collected and investigated for five years time period. Classification of failures by reason of events is presented. All statistical researches are carried out using MATLAB and STATGRAPHICS packages.

### Въведение

Мини „Марица изток“ ЕАД е най – голямото въгледобивно предприятие за добив на въглища по открит начин в Република България. Добива и транспорта на полезното изкопаемо се осъществява с тежко минно оборудване включващо: верижни багери, роторни багери, релсов транспорт и гумено-лентови транспортъори. Изброеното минно оборудване се захранва с електрическа енергия от изградената на територията на предприятието електроснабдителна система. В нея са включени десетки понижавачи трансформаторни подстанции. Основната част от тях преобразуват напрежението от 110 kV / 6 kV, а има и такива с тринамотъчни трансформатори за напрежение 110 kV / 20 kV / 6 kV.

Електроснабдяването на електрическите консуматори се осъществява от изградената електрическа мрежа за средно напрежение включваща: външни линии изпълнени с проводници тип AC/ACO/ монтирани на железорешетъчни стълбове и кабелни линии.

Електроснабдителната система включваща подстанция и изградената към нея мрежа е важно звено от технологичният процес при добива на въглища. Надеждността на това звено е от особено значение за непрекъснатостта на технологичния процес.

Проведен е анализ на отказите на електроснабдителната система на подстанция „3-ти март“ захранваща електрическите консуматори в рудниците „Трояново – 1“ и „Трояново – север“. Подстанцията е трансформаторна и се захранва с напрежение 110 kV чрез вход „Староселец“ и вход „Звезда“. Оборудвана е с четири силови трансформатори с номинална мощност  $S_N = 25 \text{ MVA}$ . Два от тях са двунамотъчни за напрежение 110 kV / 6.3 kV, а другите са тринамотъчни за напрежение 110 kV / 20 kV / 6 kV. С напрежение 6 kV, чрез двадесет и четири извода (24) се захранват електрическите консуматори в посочените по – горе рудници. От четири извода се захранват електрическите консуматори с напрежение 20 kV.

Отказите в електроснабдителната система на подстанцията „3-ти март“ са наблюдавани в продължение на шестдесет (60) месеца в периода от 02.03.2003 г. до 12.04.2009 г., с изключение на 2004 г. Общият брой на регистрираните откази е 227. Данните са събрани от оперативните дневници в подстанцията и от тези на дежурните енергийни диспечери. Данните за отказите са обработени по месеци и са установени месеците с най – голям брой откази общо за подстанцията. Това са: за 2003г.- септември - 6 отказа, декември – 12 отказа; за 2005 г. – май – 3 отказа, юли – 4 отказа, октомври – 6 отказа; за 2006г.- март – 9 отказа, юни – 8 отказа; за 2007 г. – юни – 4 отказа; за 2008 г. – юни – 6 отказа; за 2009 г. – януари и февруари по 7 отказа, март – 21 отказа и април – 8 отказа. За този период най – много откази в изводите за напрежение 6 kV са регистрирани в седем (7) извода: Страхил – 11, Айтос –

17, Вършец – 31, Даниела – 18, Тервел – 31, Гурко – 10 и Бенковски – 15. В три от четирите извода за напрежение 20 kV също са регистрирани голям брой откази: Деница – 20 отказа, Мая – 13 отказа и Чавдар – 13 отказа.

Анализирани са и причините, които са предизвикали отказите за наблюдавания период в рудника.

Най – често изключвания са настъпвали след повреди в кабелните линии за 6 и 20 kV. Общо 107 повреди, което е 47.1 % от общия брой. От земни съединения изключванията са 20 или 8.8 %. Голям е броят на „неустановени причини“ предизвикали изключвания в електроснабдителната система, 57 или 25% от общия брой изключвания.

## Основни резултати

За да се получи по-голяма представа за отказите като събитие в електроснабдителната система данните са обработени статистически в програмната среда на продукта STATGRAPHICS (1996). Получените основни параметри на статистическата съвкупност са показани в долната таблица, Таблица 1.

Таблица 1.Обобщени статистически резултати

|                              |          |
|------------------------------|----------|
| Брой (обемна извадка)        | 59       |
| Средна стойност              | 3.66932  |
| Медиана                      | 3.0      |
| Геометр. средно отклонение   | 2.7094   |
| Дисперсия                    | 7.28521  |
| Средноквадратично отклонение | 2.69911  |
| Стандартна грешка            | 0.351395 |
| Минимум                      | 1.0      |
| Максимум                     | 12.0     |
| Размах                       | 11.0     |
| Коефициент на вариация       | 75.8322% |
| Сума                         | 227      |

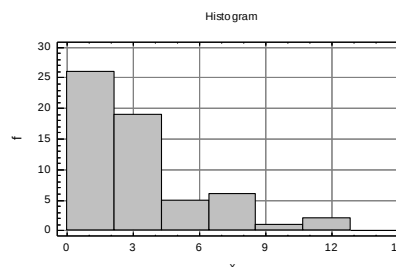
За определяне на закона на разпределение на случайната величина е построена таблицата на разпределението, Таблица 2.

Таблица 2. Таблица на честотите на отказите.

| № | Долна граница       | Горна граница | Средна точка        | Честота             |
|---|---------------------|---------------|---------------------|---------------------|
|   | -∞                  | 0             |                     | 0                   |
| 1 | 0.0                 | 2.14286       | 1.07143             | 26                  |
| 2 | 2.14286             | 4.28571       | 3.21429             | 19                  |
| 3 | 4.28571             | 6.42857       | 5.35714             | 5                   |
| 4 | 6.42857             | 8.57143       | 7.5                 | 6                   |
| 5 | 8.57143             | 10.7143       | 9.64286             | 1                   |
| 6 | 10.7143             | 12.8571       | 11.7857             | 2                   |
| 7 | 12.8571             | 15.0          | 13.9286             | 0                   |
|   | 15.0                | ∞             | 0                   | 0                   |
| № | Относителна честота |               | Кумулативна честота | Относителна честота |
| ∞ | 0,000               |               | 0                   | 0,000               |
| 1 | 0.4407              |               | 26                  | 0.4407              |
| 2 | 0.3220              |               | 45                  | 0.7627              |

|   |        |    |        |
|---|--------|----|--------|
| 3 | 0.0847 | 50 | 0.8475 |
| 4 | 0.1017 | 56 | 0.9492 |
| 5 | 0.0169 | 57 | 0.9661 |
| 6 | 0.0339 | 59 | 1.0000 |
| 7 | 0.0000 | 59 | 1.0000 |
| ∞ | 0.0000 | 59 | 1.0000 |

По данните от статистическата таблица е построена хистограма на разпределението на случайната величина, фиг. 1.



Фиг.1.Хистограма на отказите.

На фигурата са използвани означенията: x - брой откази за месец, f -честота на отказите.

От формата на построената хистограма и по посочените в Бекерон П.Г. (1975) показатели сме предположили, че разпределението на случайната величина може да се опише с логаритмичнонормалния закон, Гама-разпределението или с разпределението на Вейбул. Направена е проверка на хипотезите за съответствието им с емпиричното разпределение по критериите на Колмогоров и Пирсън. Отчетените вероятности на съответствие са:

- По закона за логаритмичнонормално разпределение,

по Колмогоров  $P[\lambda] = 0.19337$ ,

по Пирсън  $P[\chi^2] = 0.312692$ ;

- По закона за Гама разпределение,  
по Колмогоров  $P[\lambda] = 0.335086$ ,

по Пирсън  $P[\chi^2] = 0.802781$ ;

- По закона за разпределение на Вейбул,  
по Колмогоров  $P[\lambda] = 0.255027$ ,

по Пирсън  $P[\chi^2] = 0.680349$ .

Плътността на вероятностната функция за трите закона на разпределение се дава с изразите:

- за логаритмичнонормално разпределение,

$$f(x) = \frac{1}{\sigma_1 \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(\ln(x)-\theta)^2}{2\sigma_1^2}},$$

където параметрите на разпределението  $\sigma_1$  и  $\theta$  се определят от изразите  $\sigma_1^2 = \ln(1 + v^2)$ ,

$$\theta = \ln \bar{x} - 0.5\sigma_1^2;$$

- при Гама разпределение

$$f(x) = \frac{\lambda^k x^{k-1}}{\Gamma_K} \cdot e^{-\lambda x},$$

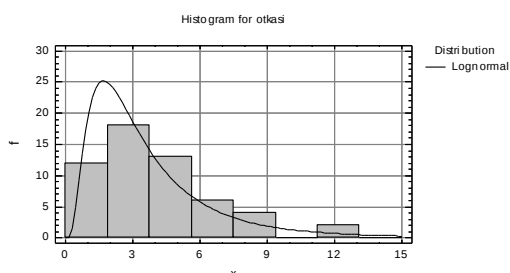
където  $\lambda$  е мащабен коефициент, а  $k$  е коефициент на формата на разпределението;

- при разпределение по Вейбул

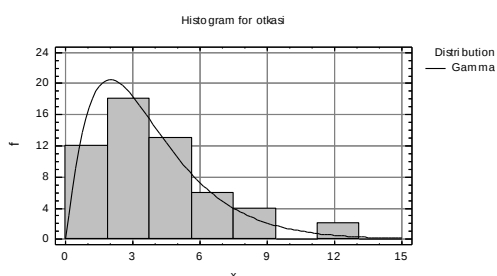
$$f(x) = a \cdot b^{-a} x^{b-1} \cdot e^{-\left(\frac{x}{a}\right)^b}, x \geq 0,$$

където  $a$  е мащабен коефициент, а  $b$  е коефициент формата на разпределение.

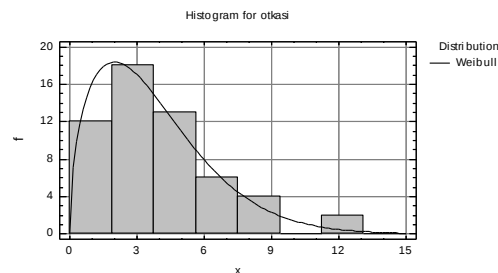
С получените стойности на параметрите на разпределение за трите закона са построени теоретичните функции на плътността на разпределение на случайната величина. Те са показани на следващите фиг. 2, 3 и 4.



Фиг.2. Апроксимация на отказите с логаритмичен нормален закон. Коефициентите на разпределението са:  $\theta=1.06922$ ,  $\sigma_1=0.733382$ .



Фиг.3. Апроксимация на отказите с Гама разпределение. Коефициентите на разпределението са:  $\lambda=0.56998$ ,  $k=2.1349$



Фиг.4. Апроксимация на отказите с разпределение по Вейбул.

Коефициентите на разпределението са:  $a=4.17497$ ,

$b=1.49516$

На фигурите са използвани означенията:  $x$  - брой откази за месец,  $f$  - честота на отказите.

## Изводи

От получените резултати могат да се направят следните изводи:

1. Най – голям е броят на отказите в кабелните линии за 6 и 20 kV, 47% от общия брой. Това означава, че проблема е в кабелите и отделните елементи ( кабелни муфи, разклонителни кутии, кабелни глави, подвижни превключвателни, пунктове и др.), които изграждат кабелната мрежа на рудника.

2. Голям е броят на отказите с неизвестни причини (една четвърт), което затруднява прецизният анализ на отказите в електроснабдителната система на подстанция „3-ти март”.

3. Определени са основните точкови оценки на статистическата извадка на отказите (Таблица 1 и Таблица 2).

5. Нито една от проверените хипотези за теоретичен закон на разпределение на случайната величина (откази на месец) не може да бъде отхвърлена. Гама разпределението е с най – добра оценка за теоретичен закон за разпределение. Получените оценки по критерия на Пирсън и Колмогоров са направени при оптимален брой класове в хистограмите осем (8).

6. Необходимо е да се обърне внимание на конструкцията на разклонителните кутии, кабелните муфи и глави, както и на състоянието на подвижните превключвателни пунктове.

## Литература

Magnugistics Inc., Statgraphics, User Guide, 1996.

Бекерон П.Г. Методика сбора обработки статистической информации о надежности шахтного электрооборудования, И.Г.Д., 1975.