

Research and Analysis of the reliable indexes of the distribution network 20 kV supplied by substation Krivodol

Изследване и анализ на надеждностните показатели на разпределителната мрежа 20 kV захранвана от подстанция Криводол

Stoyan Dimov¹ Dimo Stoilov²

Стоян Димов¹ Димо Стоилов²

Abstract: The paper presents results from research of the reliable indexes of the distribution network 20 kV supplied by substation Krivodol. Authors make an analysis on the tendency for development of those indexes – they are compared on the one hand with the results of previous researches, and on the other hand – with the targets set by the State Energy and Water Regulatory Commission.

Keywords: electricity network, reliability, indexes for reliability.

I. ПОКАЗАТЕЛИ ЗА НАДЕЖНОСТ

Оптималната степен на надеждност на електроразпределителните мрежи има голямо значение за повишаване на печалбата на електроразпределителните компании. Тя следва да бъде определяна като се отчитат разходите за поддържането ѝ и разходите свързани със загубите на потребителите от прекъсване на електроснабдяването и получаване на електроенергия със влошено качество.

Оценката на степента на надеждност на електроснабдяването става чрез показателите за надеждност. Основните показатели за надеждност на електроразпределителните мрежи, които доскоро бяха използвани у нас [1], се определят на годишна основа и са както следва:

1. Средна продължителност на работното състояние на системите (в случая електропроводните линии 20 kV):

$$t = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} t_{ij}}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad (1),$$

¹ Стоян Димов – Бакалавър електроинженер, Електротехнически факултет, Катедра „Електроенергетика”, ТУ - София,

² Димо Стоилов – Доцент д-р, Електротехнически факултет, Катедра „Електроенергетика”, ТУ - София, София 1000, бул. Климент Охридски 8, България, dstoilov@tu-sofia.bg

където n е броят на разглежданите системи, а m_i е броят на работните цикли (отказите) на системата с индекс i , t_{ij} е продължителността на j -то работно състояние на система i .

2. Средно време за престой на системите:

$$\tau = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} \tau_{ij}}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad (2),$$

където τ_{ij} е продължителността на j -ти престой на система i .

3. Показател на потока на отказите

$$\omega(t) = \frac{n(t)}{N(t)\Delta t} \quad (3),$$

където $n(t)$ - брой откази на разглежданите системи за периода, $N(t)$ - брой разглеждани системи; периодът Δt обикновено се приема с продължителност една година.

4. Вероятност за отказ на системата $q(t)$:

$$q = \frac{\omega\tau}{8760} \quad (4),$$

5. Вероятност за безотказна работа $p(t)$:

$$p = 1 - q \quad (5),$$

6. Коефициент на готовност на системата - отношението на сумарното време на изправна работа на елемента към общото време на изправна работа и времето за

възстановяване, взети за един и същи период на експлоатация:

$$K_r = \frac{T}{T_B + T} \quad (6),$$

където T - сумарното време на работно състояние на системата; T_B - сумарното време за възстановяване.

7. Коэффициент на техническо използване - отношението на сумарното време на изправна работа на елемента към общото време на изправна работа, времето за възстановяване и времето за планови ремонти, взети за един и същи период на експлоатация:

$$K_T = \frac{T}{T + T_B + T_{пл.р.}} \quad (7),$$

където $T_{пл.р.}$ - сумарното време за планови ремонти.

Използваните в момента от електроразпределителните дружества и наблюдавани от Държавната комисия по енергийно и водно регулиране (ДКЕВР) показатели за надеждност (непрекъснатост) на електроснабдяването [3] са следните:

1. Показател (индекс) на средната продължителност на прекъсванията за системата (ИСППС) (System Average Interruption Duration Index – SAIDI) – отчита средната продължителност на прекъсванията, която се пада на един потребител за период от една година (в минути за година). Той се определя като отношение на сумарната продължителност на прекъсванията на засегнатите потребители към общия брой потребители в мрежата за периода.

$$SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^m t_i n_i}{N}, \min \quad (8),$$

където:

- n_i – брой абонатни номера засегнати при i -то прекъсване;
- t_i – времетраенето на i -то прекъсване;
- N – общ брой присъединени потребители;
- m – брой на прекъсванията.

2. Индекс на средния брой прекъсвания за системата (ИСБПС) (System Annual Interruption Frequency Index – SAIFI) - отчита средния брой прекъсвания на един потребител за период от една година. Той се определя като отношение на общия брой прекъсвания на засегнатите потребители към общия брой на потребителите в мрежата за периода (година) по следната формула:

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^m n_i}{N}, \text{ брой/год.} \quad (9),$$

3. Индекс на средната продължителност на прекъсване на потребител (ИСППП) (Customer Average Interruption Duration Index -CAIDI). Определя се като отношение на сумарната продължителност на прекъсванията на засегнатите потребители към общия брой прекъсвания на засегнатите потребители за периода (година) по следната формула:

$$CAIDI = \frac{\sum_{i=1}^m t_i n_i}{\sum_{i=1}^m n_i}, \min \quad (10)$$

Тези показатели са дефинирани в стандарт IEEE 1366-1998 [4].

Съгласно методиката [3] при определяне на тези показатели (индекси) се отчитат прекъсванията с по-голяма продължителност от 3 минути. Поотделно се определят стойности на показателите за:

- планирани прекъсвания в минути за година, за които потребителите са предварително информирани от дружествата;
- непланирани прекъсвания, за които потребителите не са предварително уведомени.

Прекъсвания, предизвикани от трети страни и непреодолима сила (непредвидено или непредотвратимо събитие от извънреден характер) се изключват. На ДКЕВР се предоставя информация за всички прекъсвания с посочване на причината за всяко едно от тях.

II. ОБЩИ СВЕДЕНИЯ ЗА ПОДСТАНЦИЯ КРИВОДОЛ

Подстанцията се захранва от ЕП 110 kV “М. Камък” и “Леденика”. Инсталирани са два трансформатора 110/20 kV – ТМРУ-25 MVA и ТМРУ-20 MVA.

Мрежата 20 kV, осигуряваща захранването на трансформаторните постове за всяко от населените места в община Криводол се състои от изводите описани в таблица 1.

ТАБЛИЦА 1
ИЗВОДИ 20 KV ЗАХРАНВАНИ ОТ ПС КРИВОДОЛ

| Наименование Извод | Дължина , км | Сечение | Брой абонати |
|--------------------|-------------------------------|---------------------|--------------|
| Криводол | 6,34 въздушна / 3,75 кабелна | АС 70 САПЕкТ 180 | 414 |
| ЗРММ | 1,125 въздушна / 1,25 кабелна | АС 70 САПЕкТ 180 | 737 |
| Свежест | 1,57 кабелна | САПЕкТ 180 | 431 |
| Кладенец | 53,250 въздушна | АС 70 | 3878 |
| Ботуня | 37,54 въздушна | АС 70 | 2198 |
| Лева | 28,350 въздушна | АС 70 | 1414 |

| | | | |
|----------|-----------------|-------|------|
| Лъката | 42,400 въздушна | АС 70 | 2156 |
| Пъстрина | 8,850 въздушна | АС 70 | 243 |
| Лиляче | 7,320 въздушна | АС 70 | 1 |
| Понора | 16,600 въздушна | АС 70 | 5 |

Общият брой ТП за общината е 130 броя. Трансформаторната мощност е 50,73 МВА. Техническото състояние на мрежата средно напрежение като цяло е добро.

Към ПС Криводол са присъединени общо 11477 абоната. Общата дължина на изводите на подстанцията е 208,345 км. През 2005год. на подстанцията са изпълнени 125 планови прекъсвания и са отразени 185 непредвидени (непланирани) откази.

III. РЕЗУЛТАТИ ОТ ПРОВЕДЕНОТО ИЗСЛЕДВАНЕ

Получените резултати след обработката на изходната информация за периода 2004-2005г. от подстанция “Криводол” и проведените изчисления на показателите по формули (1) – (7) са систематизирани по-долу:

Средна продължителност на работното състояние:

$$t = 471,2 \text{ h}$$

Средно време за престой: $\tau = 2,34 \text{ h}$

Показател на потока на отказите: $\omega = 8,88 \text{ броя/100km}$

Вероятност за отказ $q = 2,37 \cdot 10^{-3}$

Резултатите относно определените коефициенти на готовност и техническо използване са дадени съответно в таблица 2.

ТАБЛИЦА 2
РЕЗУЛТАТИ ОТ ПРОВЕДЕНОТО ИЗСЛЕДВАНЕ

| Извод \ Показател | k_T | k_{TI} |
|-------------------|----------|----------|
| Криводол | 0,999499 | 0,994861 |
| ЗРММ | 0,999848 | 0,996518 |
| Свежест | 0,999594 | 0,997329 |
| Кладенец | 0,993387 | 0,989993 |
| Ботуня | 0,998215 | 0,995647 |
| Лева | 0,995151 | 0,991042 |
| Лъката | 0,993965 | 0,989584 |
| Пъстрина | 0,998388 | 0,996919 |
| Лиляче | 0,999905 | 0,999201 |
| Понора | 0,999817 | 0,999452 |

Резултатите получени от катедра “Електроенергетика” относно тези показатели при изследвания проведени в началото на 90-те години на миналия век са както следва:

$$t = 456,3 \text{ h}$$

$$\tau = 6,16 \text{ h/отказ,}$$

$$\omega = 10,3 \text{ броя/100km,}$$

$$q = 7,24 \cdot 10^{-3}$$

Получените резултати за показателите по формули (8) – (10) са както следва:

ТАБЛИЦА 3
ГОДИШНИ РЕЗУЛТАТИ НА ПОКАЗАТЕЛИТЕ ЗА
НАДЕЖДНОСТ
НЕПЛАНИРАНИ ПРЕКЪСВАНИЯ

| Извод \ Показател | SAIFI | SAIDI | CAIDI |
|-------------------|-------|-------|--------|
| Криводол | 17 | 2439 | 143,47 |
| ЗРММ | 5 | 1750 | 350 |
| Свежест | 4 | 1191 | 297,75 |
| Кладенец | 26 | 3878 | 63,077 |
| Ботуня | 20 | 1352 | 67,6 |
| Лева | 18 | 2171 | 120,6 |
| Лъката | 20 | 2313 | 115,65 |
| Пъстрина | 8 | 772 | 96,5 |
| Лиляче | 4 | 370 | 92,5 |
| Понора | 3 | 195 | 65 |

ТАБЛИЦА 4
ГОДИШНИ РЕЗУЛТАТИ ЗА ПОКАЗАТЕЛИТЕ ЗА
НАДЕЖДНОСТ
ПЛАНИРАНИ ПРЕКЪСВАНИЯ

| Извод \ Показател | SAIFI | SAIDI | CAIDI |
|-------------------|-------|-------|--------|
| Криводол | 4 | 262 | 65,6 |
| ЗРММ | 2 | 80 | 40 |
| Свежест | 2 | 213 | 106,5 |
| Кладенец | 65 | 3464 | 53,29 |
| Ботуня | 23 | 936 | 40,7 |
| Лева | 23 | 2538 | 110,35 |
| Лъката | 46 | 3158 | 68,65 |
| Пъстрина | 10 | 847 | 84,7 |
| Лиляче | 4 | 50 | 12,5 |
| Понора | 6 | 95 | 15,8 |

Резултати общо за подстанцията:

- Непланирани изключения

$$\text{SAIFI} = 38,4 \text{ бр/год,}$$

$$\text{SAIDI} = 2296,22 \text{ min}$$

$$\text{CAIDI} = 59,797 \text{ min.}$$

- Планирани изключения

$$\text{SAIFI} = 19,85 \text{ бр./год,}$$

$$\text{SAIDI} = 1829,31 \text{ min,}$$

$$\text{CAIDI} = 92,157 \text{ min.}$$

Целевите стойности на показателите за непрекъснатост на електроснабдяването публикувани в [3] са както следва:

ТАБЛИЦА 4
ЦЕЛЕВИ СТОЙНОСТИ ЗА ПЛАНИРАНИ ПОКАЗАТЕЛИ

| Дружество | Показатели | 31.12.2006 г. | 31.12.2007 г. | 31.12.2008 г. | 31.12.2009 г. | 31.12.2010 г. |
|---|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| ЧЕЗ (ЕРД „Столично” АД, ЕРД ”София област” АД, ЕРД ”Плевен” АД) | SAIFI | 4,29 | 3 | 2,12 | 1,47 | 1 |
| | SAIDI | 179 | 92 | 48 | 24 | 12,79 |
| „ЕОН България Мрежи” АД | SAIFI | 9,94 | 5,54 | 3,16 | 1,78 | 1 |
| | SAIDI | 513 | 205 | 81 | 32 | 12,79 |
| „ЕВН България Електроразпределение” АД | SAIFI | 5,25 | 3,50 | 2,32 | 1,52 | 1 |
| | SAIDI | 600 | 228 | 88 | 34 | 12,79 |
| ЕРП ”Златни пясъци” АД | SAIFI | 0,72 | 0,43 | 0,30 | 0,20 | 0,13 |
| | SAIDI | 130,37 | 73 | 41 | 23 | 12,79 |
| „Слънчев бряг” АД | SAIFI | | | | | 0,13 |
| | SAIDI | | | | | 12,79 |

ТАБЛИЦА 4
ЦЕЛЕВИ СТОЙНОСТИ ЗА НЕПЛАНИРАНИ ПОКАЗАТЕЛИ

| Дружество | Показатели | 31.12.2006 г. | 31.12.2007 г. | 31.12.2008 г. | 31.12.2009 г. | 31.12.2010г. |
|---|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| ЧЕЗ (ЕРД „Столично” АД, ЕРД ”София област” АД, ЕРД ”Плевен” АД) | SAIFI | 10,67 | 5,30 | 2,68 | 1,32 | 0,67 |
| | SAIDI | 242,33 | 150,00 | 97,00 | 61,00 | 38,43 |
| „ЕОН България Мрежи” АД | SAIFI | 14,55 | 6,7 | 3,18 | 1,43 | 0,67 |
| | SAIDI | 496 | 259 | 138 | 74 | 38,43 |
| „ЕВН България Електроразпределение” АД | SAIFI | 14,9 | 6,8 | 3,19 | 1,44 | 0,67 |
| | SAIDI | 544 | 277 | 145 | 76 | 38,43 |
| ЕРП ”Златни пясъци” АД | SAIFI | 2,93 | 2 | 1,4 | 0,98 | 0,67 |
| | SAIDI | 117,78 | 89 | 67 | 51 | 38,43 |
| „Слънчев бряг” АД | SAIFI | | | | | 0,67 |
| | SAIDI | | | | | 38,43 |

Сравнението с настоящето изследване показва значително подобрене на показателите (1)-(7), но от друга страна сравнението на изчислените показатели (8)-(10) и целевите показатели определени от ДКЕВР показва, че електроразпределителното предприятие следва да предприеме още мерки за подобряване на надеждността (непрекъснатостта) на електроснабдяване на потребителите.

ИЗВОДИ

Оптималната степен на надеждност на електроразпределителните мрежи следва да бъде определяна като се отчитат разходите за поддържането ѝ и разходите свързани със загубите на потребителите от прекъсване на електроснабдяването и получаване на електроенергия със влошено качество. Оценката на степента на надеждност се дава от показателите за надеждност.

Настоящото изследване показва значително подобрене на надеждностните показатели спрямо предишни години, но следва да се предприемат още мерки за подобряване на надеждността на електроснабдяване на потребителите за постигане на целевите показатели, определени от ДКЕВР.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Михайлов В. В., Надежность электроснабжения промышленных предприятий, Москва, Энергия, 1974
- [2] <http://www.dker.bg/>, Показатели за качество на електроснабдяването
- [3] <http://www.dker.bg/>, Методика за отчитане изпълнението на целевите показатели за качество на електрическата енергия
- [4] IEEE Tutorial on Electric Delivery System Reliability Evaluation, IEEE Power Engineering Society, General Meeting 2006, Montreal