

НЕПРЕКЪСНАТОСТ НА ЕЛЕКТРОСНАБДЯВАНЕТО В РАЗПРЕДЕЛИТЕЛНА МРЕЖА СРЕДНО НАПРЕЖЕНИЕ

Светлана Цветкова

Резюме: В доклада са дадени резултати от изследване на прекъсванията в електроразпределителната мрежа средно напрежение на район Благоевград. Направена е класификация по различни показатели и анализ на получените данни за прекъсванията. Определени са показателите за качество на електроснабдяването и е направен сравнителен анализ със стойностите регламентирани от КЕВР. В заключение са направени препоръки за подобряване на качеството и сигурността на електроснабдяването.

Ключови думи: показатели за качество на електроснабдяването, прекъсвания.

ELECTRICAL SUPPLY WITHOUT INTERRUPTIONS IN MEDIUM VOLTAGE DISTRIBUTION NET

Svetlana Tzvetkova

Abstract: The results from study of interruptions in electrical distribution net in region Blagoevgrad are presented in paper. It has been classified by various criteria and analysis of the statistics of the interruptions. Certain indicators for quality of electricity supply are determined and a comparative analysis with the nominal values specified by the regulator. Finally, recommendations are made to improve the quality and security of electricity supply.

Keywords: quality of electricity supply, interruptions.

1. Въведение

Електроразпределителните предприятия са задължени да доставят електрическа енергия на присъединените към техните мрежи потребители с показатели за качество регламентирани в [1, 2]. Един от показателите за качество на електрическата енергия е прекъсването на електрозахранването на потребителите. Прекъсванията биват планирани, които са свързани с планови работи, като клиентите са уведомени за това и случайни (непланирани), които са по причина на устойчиви или преходни откази на съоръжения, неправилни манипулации и др., и за които не е възможно потребителите да бъдат предварително информирани.

От своя страна случайните прекъсвания се разделят на краткотрайни, при които прекъсването е с продължителност, по-малка или равна на 3 минути и дълготрайни - прекъсвания с продължителност, по-голяма от 3 минути.

В доклада са дадени резултати от изследване на прекъсванията и причините за тях в електроразпределителната мрежа (ЕРМ) средно напрежение (СН) на район Благоевград. Направена е класификация по различни показатели и анализ на получените данни за прекъсванията. Определени са показателите за качество на електроснабдяването и е направен сравнителен анализ със стойностите регламентирани от КЕВР [2]. Изследването, анализът и статистическата обработка на данните за възникнали прекъсвания на електроснабдяването се прави с цел определяне на мерки за повишаване на надеждността на електроразпределителната мрежа и намаляване до възможния минимум на прекъсванията.

2. Класификация и анализ на прекъсванията и повредите

На територията на район Благоевград териториално са обособени пет оперативни центъра:

- Оперативен център Благоевград, който обслужва общините Благоевград и Симитли и на територията му са разположени 3 районни подстанции 110/20kV, 34 кабелни електропровода 20kV, 18 въздушни електропровода 20kV, 5 възлови станции 20/0,4kV, 368 трафопоста 20/0,4kV, от които 284 са градски тип (зидани и панелни), 54 мачтови, 15 вградени, 13 БКТП и 2 МКТП.
- Оперативен център Сандански, който обслужва общините Сандански, Кресна и Струмяни и на територията му са разположени 2 районни подстанции 110/20kV, 10 кабелни електропровода 20kV, 25 въздушни електропровода 20kV, 449 трафопоста 20/0,4kV.
- Оперативен център Петрич, който обслужва община Петрич и на територията му са разположени 1 районна подстанции 110/20kV, 16 кабелни електропровода 20kV, 10 въздушни електропровода 20kV, 385 трафопоста 20/0,4kV.
- Оперативен център Разлог, който обслужва общините Разлог, Банско, Якоруда и Белица и на територията му са разположени 3 районни подстанции 110/20kV, 32 кабелни електропровода 20kV, 20 въздушни електропровода 20kV, 599 трафопоста 20/0,4kV.
- Оперативен център Гоце Делчев, който обслужва общините Гоце Делчев, Гърмен, Сатовча и Хаджидимово и на територията му са разположени 2 районни подстанции 110/20kV, 19 кабелни електропровода 20kV, 23 въздушни електропровода 20kV, 410 трафопоста 20/0,4kV.

Разпределителната мрежа СН на район Благоевград е изградена основно на 20kV, тук липсват 6 и 10kV с изключение на няколко заводски мрежи собственост на потребителите. Характерно за района е присъствието на планински пресечени местности във всичките пет оперативни центъра, което обуславя голям брой изключвания от релейната защита през гръмотевичния период от годината.

Общата дължина на ЕРМ 20 kV е 2797 км, като от тях 2207 км (79%) са въздушните електропроводни линии (ВЕЛ), а 593 км (21%) са кабелните електропроводни линии (КЕЛ). Най-дългата линия СН е ВЕЛ 20kV „Ел Тепе“ от подстанция Сандански с дължина 93 км. Средната дължина на линиите е 12,77 км. Линията с най-много трансформаторни постове (ТП) 69 броя е ВЕЛ 20kV „Оранжеви“ от подстанция Петрич. Средният брой ТП на линия е 11.

Общият брой на подстанциите 110/20kV в експлоатация е 11, в които са монтирани 22 трансформатора с обща инсталирана мощност 638 MVA. Общият брой изводи СН е 219 и се захранват 198973 броя потребители. Общият брой на ТП е 2346.

Мрежата ниско напрежение е кабелна и въздушна. В градската част, където гъстотата на товарите е голяма, преобладава кабелната мрежа (75%). В извънградските части преобладава въздушната мрежа.

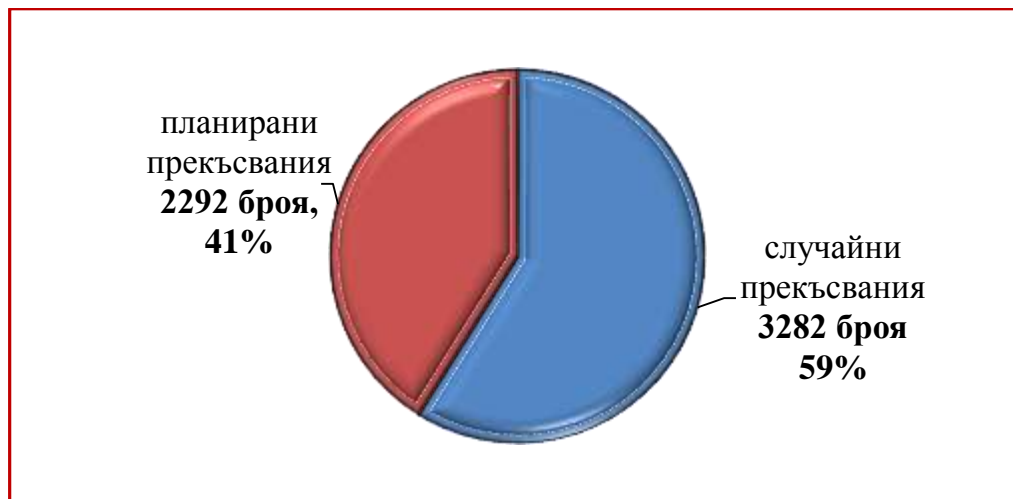
Обект на изследване и анализ е непрекъснатостта на електроснабдяването в разпределителна мрежа 20kV, експлоатирана на територията на район Благоевград за 2014 година. От извадката се получава информация за: мястото на прекъсване на електроснабдяването (подстанция, извод); вида на повредите; час на прекъсване на електроснабдяването; час на възстановяване на електроснабдяването; продължителност на прекъсването в минути; тип на прекъсването (планирано или случайно); причини, поради които е възникнало прекъсването; брой на потребителите засегнати от прекъсването на електроснабдяването; недоставена електрическа енергия, вследствие на прекъсването; метеорологичните условия в момента на прекъсването; сработили защиты.

Обобщени данни за прекъсванията за 2014 г. са дадени в Таблица 1.

Таблица 1

Общ брой прекъсвания	5 574
Общ брой прекъснати потребители	10 620 013
Сумарна продължителност на прекъсванията, минути	509 139
Общ брой случайни прекъсвания	3 282
Сумарна продължителност на случайните прекъсвания, минути	204 006
Общ брой планирани прекъсвания	2 292
Сумарна продължителност на планираните прекъсвания, минути	305 133
Общ брой краткотрайни случайни прекъсвания	1 459
Сумарна продължителност на краткотрайните прекъсвания, минути	2 778
Общ брой дълготрайни прекъсвания	1 823
Сумарна продължителност на дълготрайните прекъсвания, минути	201 228

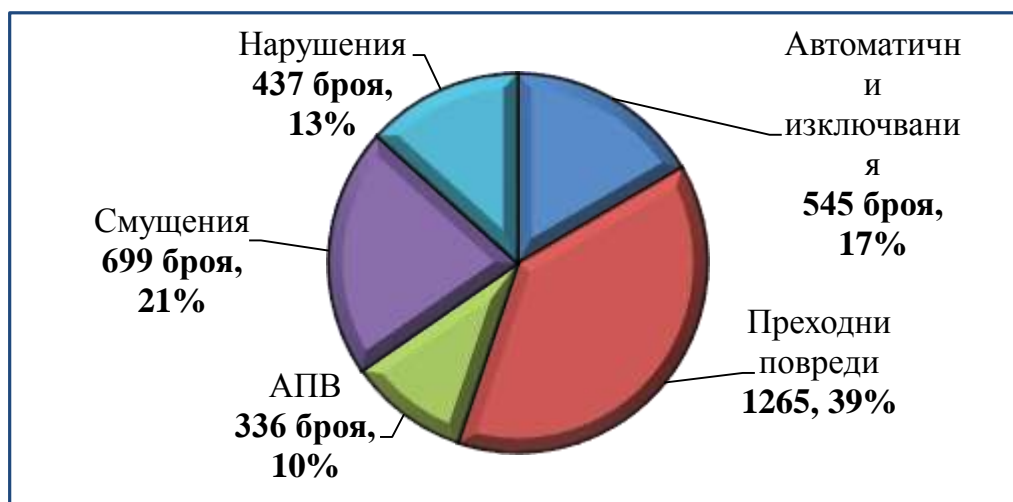
На фиг. 1 е показано отношението на планираните и случайните прекъсвания на електроснабдяването. Общият им брой е 5574, като прави впечатление, че преобладават случайните прекъсвания, които са 59%, т.е. такива възникнали в резултат на непредвидени обстоятелства, докато планираните прекъсвания са 41%.



Фиг. 1. Планирани и случайни прекъсвания за 2014 година

От случайните прекъсвания 1459 броя или 44,5% са краткотрайни прекъсвания и 1823 броя (55,5%) са дълготрайни. Преобладават дълготрайните прекъсвания 55,5%, т.е. прекъсвания с продължителност по-голяма от 3 минути, което се явява недостатък в процеса на електроснабдяването на потребителите с електрическа енергия и електроснабдителното предприятие би следвало да си постави за цел намаляване на процента на тези прекъсвания и повишаване на качеството на електроснабдяването на потребителите.

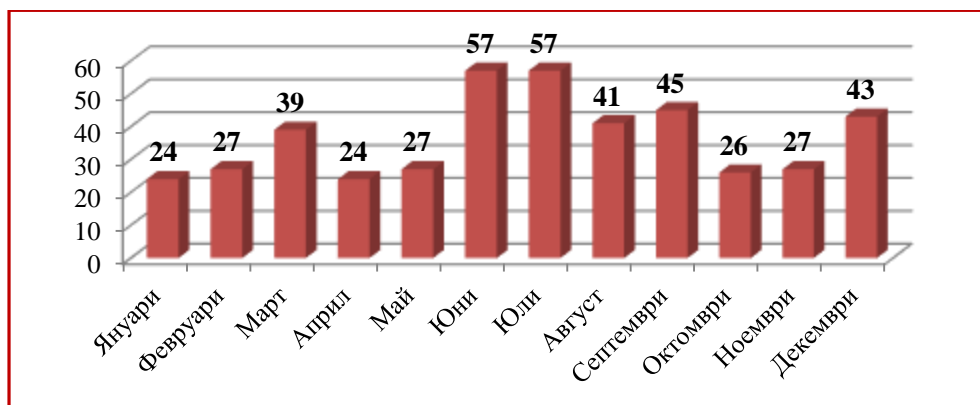
Случайните прекъсвания се класифицират като автоматични, преходни повреди, автоматично повторно включване (АПВ), смущения и нарушения. Както се вижда от фиг. 2 най-многобройни са изключванията регистрирани като преходни повреди 39%, следват смущенията 21%, автоматичните изключвания 17%, нарушенията (това са изключвания с установена повреда) 13% и на последно място са изключванията регистрирани като АПВ 10%.



Фиг. 2. Случайни прекъсвания по вид на регистрацията за 2014 година

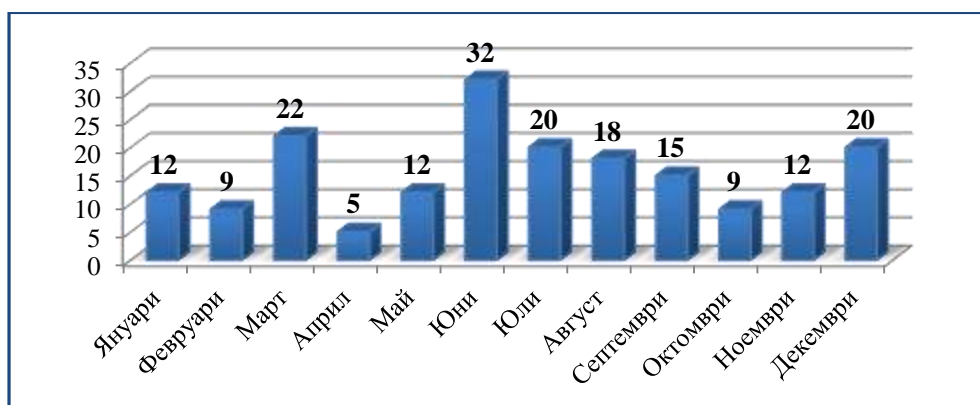
Тук ще се разгледат подробно регистрираните като нарушения прекъсвания, тъй като това всъщност са установените повреди в ЕРМ на район Благоевград.

На фиг. 3 е показан броя на повредите в ЕРМ СН по месеци. Регистрирани са общо 437 броя повреди. Вижда се, че е увеличен броя на регистрираните повреди през месеците юни (57 броя) и юли (57 броя). На пръв поглед е необичайно, но трябва да се има в предвид, че лятото на 2014 г. ще се запомни като изключително влажно с многобройни гръмотевични бури, които са причина за така получените резултати.



Фиг. 3. Брой повреди в ЕРМ СН за 2014 година

На фиг. 4 е показан броя на настъпилите повреди на ВЕЛ СН - общо 186 броя. Най-голям брой повреди (32 броя) са регистрирани през месец юни.



Фиг. 4. Брой повреди на ВЕЛ СН за 2014 година

В Таблица 2 е показан броя и процентното съотношение на повредите на ВЕЛ според причините. 33 броя повреди са настъпили в резултат на бури, 9 броя поради паднали дървета, но основно повредите настъпват вследствие на механични повреди по елементите на електропроводите, като при регистриране на повредата не е посочена друга причина.

В Таблица 3 е направена класификация на повредите на ВЕЛ според повредения елемент. Най-слабото им място се оказва съединителната арматура (съединителен мост, превръзка), следват изолацията и проводниците.

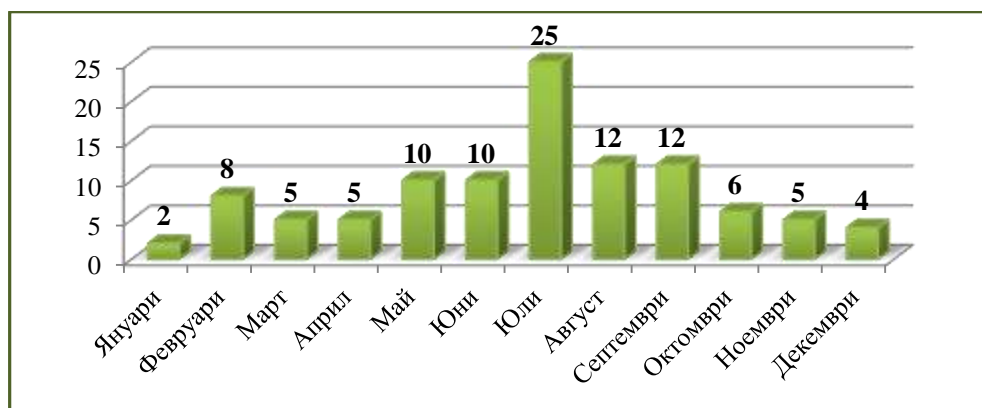
Общият брой установени повреди на КЕЛ СН настъпили през 2014 г. е 104 броя. На фиг. 5 е показано разпределението им по месеци. С изключение на месец юли се вижда приблизително равен брой повреди с леко завишение през летните месеци, с изключение на месец юли когато са регистрирани 25 броя.

Таблица 2

Причина	Повреди	
	брой	%
Бури, мълнии, градушки	33	17,7
Кражби	1	0,54
Намеса на трета страна	7	3,80
Непреодолима сила	1	0,54
Паднали дървета	9	4,80
Повреда на елементите на ВЕЛ СН	123	66,1
Пожари	1	0,54
Проливни дъждове и наводнения	2	1,1
Птици (животни)	1	0,54
Снежни затрупвания, заледявания	7	3,80
Строителни работи	1	0,54

Таблица 3

Причина	Повреди	
	брой	%
Линейна изолация	42	22,6
Проводници	42	22,6
Съединителна арматура	50	26,9
Комутационна апаратура	35	18,8
Стълбове	10	5,3
Защита от пренапрежение	7	3,8



Фиг. 5. Брой повреди на КЕЛ СН за 2014 година

В Таблица 4 е показан броя и процентното съотношение на повредите на КЕЛ според причините. 23 броя повреди са причинени при изкопни работи от трети лица, което обяснява увеличението брой повреди от фиг. 5 през летните месеци. 80 броя от повредите се дължат на повреда на кабелната линия СН и само 1 брой на бури, мълнии и градушки. Основно повредите настъпват в кабелите (91 броя, 87,5%) и в по-редки случаи в кабелната арматура (кабелни глави, съединителни муфи) – 13 броя, 12,5%.

На фиг. 6 е показан броят на повредите настъпили през 2014 г. в ТП и възлови станции (ВСт). Най-голям е броят на повредите през месеците януари и април (по 7 броя), а най-малък през месеците юни, юли и ноември (по 2 броя).

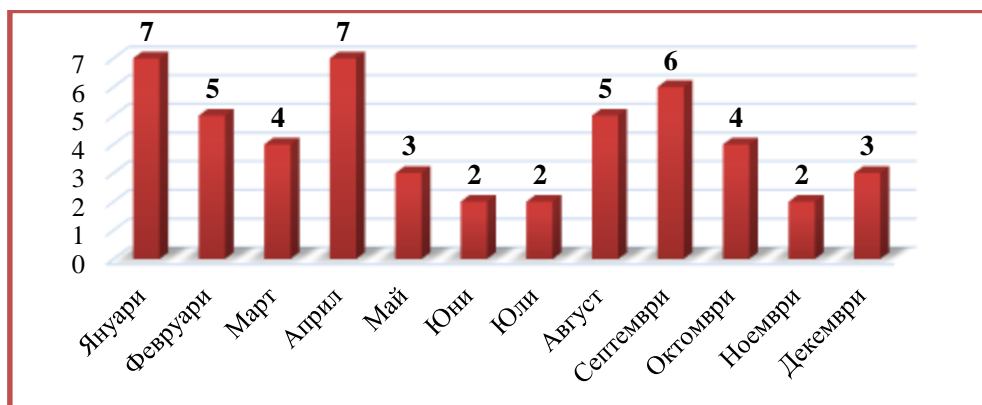
В Таблица 5 е показан броя и процентното съотношение на повредите в ТП и ВСт според причините. От общо 50 повреди само 5 са причинени от намеса на трета страна, животни и течове. Всички останали повреди са причинени от механични повреди, износване, претоварване на елементите.

В Таблица 6 е показан броя и процентното съотношение на повредите в ТП

Таблица 4

Причина	Повреди	
	брой	%
Бури, мълнии, градушки	1	1,0
Повреда на кабелна линия СН	80	76,9
Строителни работи	23	22,1

и ВСт според повредения елемент. Най-често повредите настъпват в разединителите (28%), следват силовите трансформатори (24%), защиты от пренапрежения (18%) и повреди на шинната система (14%).



Фиг. 6. Брой повреди в ТП и ВСт за 2014 година

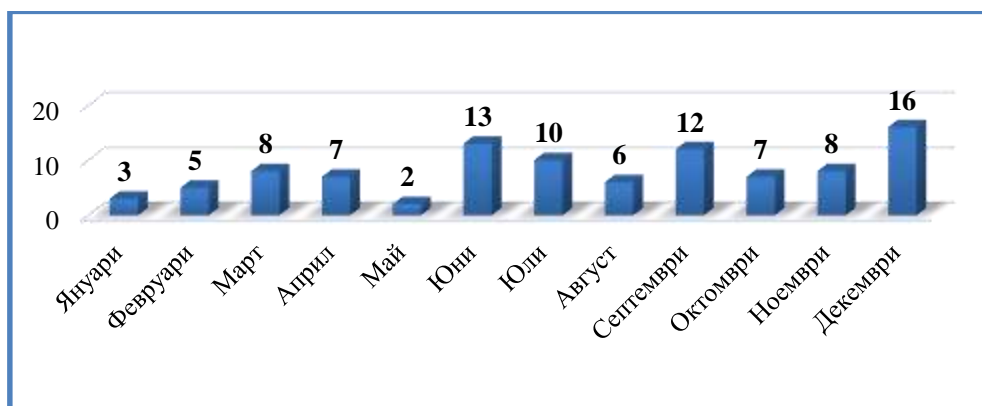
Таблица 5

Причина	Повреди	
	брой	%
Намеса на трета страна	1	2,0
Повреда в ТП и ВСт	45	90,0
Животни	3	6,0
Течове и конденз	1	2,0

Таблица 6

Причина	Повреди	
	брой	%
Защитни вентилни отводи, предпазители ВН	9	18,0
Измервателни трансформатори	2	4,0
Прекъсвачи	3	6,0
Разединители	14	28,0
Силови трансформатори	12	24,0
Шинна система	7	14,0
Подпорни изолатори	3	6,0

На фиг. 7 са показани повредите настъпили през 2014 г. в съоръжения чужда собственост.



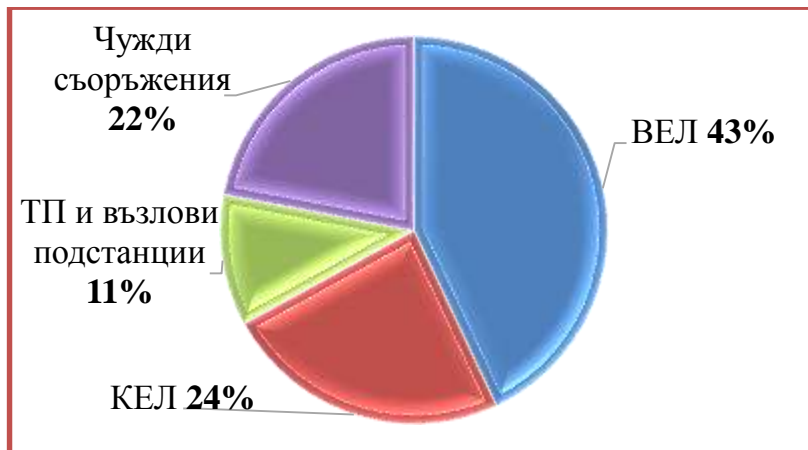
Фиг. 7. Брой повреди в съоръжения чужда собственост за 2014 година

На фиг. 8 е показано обобщено съотношението на повредите в проценти според типа на съоръжението. Вижда се, че най-голям процент повреди настъпват във ВЕЛ 43%, следвани от КЕЛ 24%. Голям е процента и на повредите в чуждите

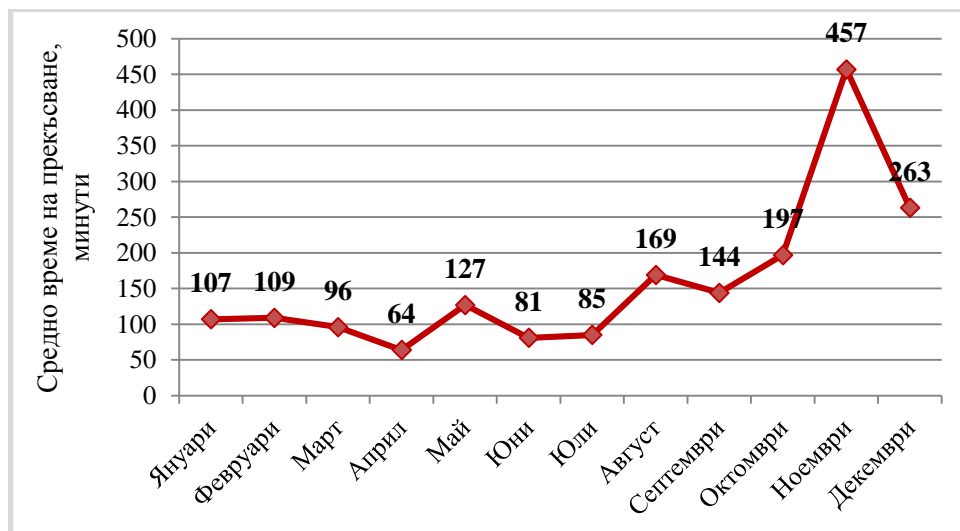
съоръжения 22%, въпреки че техния брой е значително по-малък. Това се дължи на липсата на квалифициран обслужващ персонал, не добрата поддръжка и експлоатация. Повредите в ТП и ВСт са 11%.

На фиг. 9 са показани средните времена на прекъсванията в ЕРМ СН по месеци за 2014 година. През месеците ноември и декември е най-голяма средната продължителност на прекъсванията, съответно 457 и 263 минути. Средното време на прекъсване за 2014 година е 150,7 минути.

В Таблица 7 са дадени броя на прекъсванията, сумарните и средните времена на прекъсвания за 2014 г., за отделните съоръжения.



Фиг. 8. Повреди според типа на съоръжението



Фиг. 9. Средно време на прекъсване по месеци за 2014 година

Таблица 7

Съоръжение	Сумарно време на прекъсване, мин.	Прекъсвания, бр.	Средно време на прекъсване, мин.
ВЕЛ	32 324	186	174
КЕЛ	12 394	104	119
ТП и ВСт	5 147	50	103
Чужди съоръжения	15 986	97	165
Общо	65 851	437	151

3. Определяне на показателите за качество на електроснабдяването

Индексът на средната честота на прекъсванията SAIFI и индексът на средната продължителност на прекъсванията SAIDI се определят по формулите

$$(1) SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^m n_i}{N}, \text{ броя/година} \quad (2) SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^m t_i n_i}{N}, \text{ минути,}$$

където: n_i е броя абонати, засегнати при i -тото прекъсване; N - общия брой на присъединените клиенти; m - броя на прекъсванията, t_i - времетраенето на i -тото прекъсване.

В Таблица 8 са дадени резултатите от изчисленията за двата показателя за прекъсванията, съответно за случайни и планирани прекъсвания, при 198 973 потребители за 2014 година, както и препоръчителните стойности на SAIFI и SAIDI за 2014 г. [2].

Таблица 8

Период	Случайни прекъсвания		Планирани прекъсвания	
	SAIFI, бр./год.	SAIDI, мин.	SAIFI, бр./год.	SAIDI, мин.
I тримесечие	1,28	76,64	0,90	89,82
II тримесечие	1,82	69,62	1,62	174,23
III тримесечие	3,19	146,60	2,11	275,51
IV тримесечие	1,88	90,28	1,02	94,79
Общо за 2014	8,16	383,14	5,64	634,35
Норма за 2014	3,45	184,4	5,15	290,80

От Таблица 8 се вижда, че за планираните прекъсвания при норма за показателя SAIDI от 290,8 минути, реализираната стойност за региона е 634,35 минути. Това е показателно за лошото планиране на прекъсванията и не добрата координация между НЕК, ЕСО, ЧЕЗ и останалите участници в процеса. Постигнатата стойност на показателя SAIDI за случайните прекъсвания от 383,14 минути е също доста над нормата от 184,4 минути. От изключително значение за подобряване на показателя е осъвременяване на процеса по локализиране на повредите в електроразпределителната мрежа и монтиране на устройства с възможност за дистанционно управление от оператора на мрежата.

Стойността на показателя SAIFI за планираните прекъсвания е 5,64 бр./година, и се доближава до нормата от 5,15 бр./година. Не по този начин стоят нещата при показателя SAIFI за случайните прекъсвания. Вижда се, че получената стойност от 8,16 бр./година е почти двойно по-голяма от нормата от 3,45 бр./година. Необходимо е да се направи подробен анализ на случайните прекъсвания класифицирани като смущения, при които няма установена повреда. Както се вижда от фиг. 2 броят им през 2014 г. е значителен (699 броя), което донякъде е причина за лошите показатели.

4. Заключение

Анализът на прекъсванията и повредите в електроразпределителната мре-

жа СН, експлоатирана на територията на район Благоевград за 2014 година, показва голям брой прекъсвания и повреди в съоръженията, както и значителни загуби от недоставена електрическа енергия. Основни причини са механичните повреди по електрическите съоръжения, както и повреди причинени от къси съединения и претоварвания.

За повишаване на качеството на електроснабдяване на крайния потребител, е нужно да се вземат мерки, които да ограничат броя на повредите и прекъсванията в ЕРМ СН, намаляване на средното време за възстановяване на снабдяването с електрическа енергия, както и намаляване на броя на засегнатите от прекъсванията потребители.

За да се намалят повредите във ВЕЛ СН, е необходимо да се заменят всички износени и остарели механични части по електропроводите, да се осигури по-добрата им експлоатация и по-добро поддържане.

За намаляване на повредите в КЕЛ СН би спомогнало закупуването и използването на нова техника за откриване и локализиране на повредите в тях. Осигуряването на по-добра експлоатация на КЕЛ, както и по-добро поддържане, също би допринесло за ограничаване на повредите в тези съоръжения.

Модернизацията на електрическите съоръжения, използвани в ТП и ВСт, както и тяхното автоматизиране, ще намали броя на повредите в тях, както и времето за отстраняването им.

Повишаването на контрола върху съоръженията и създаване на условия за непримиримост към посегателствата върху електросъоръженията и към скритото ползване на електрическа енергия, би ограничило повредите, настъпили поради кражба.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Цанев Ц., С. Цветкова, *Качество на електрическата енергия*, София, Авангард Прима, 2011.

[2] ДКЕВР, *Методика за отчитане изпълнението на целевите показатели и контрол на показателите за качество на електрическата енергия и качество на обслужването на мрежовите оператори, обществените доставчици и крайни снабдители*, 2010-2013.

[3] Цветкова С., И. Георгиев, А. Петлешков, Ц. Цанев, В. Петрова, *Изследване на повредите в електроразпределителна мрежа средно напрежение*, Енергиен форум 2012, 13-17 юни 2012, Варна, стр. 318-329.

Автор: Светлана Цветкова, доц. д-р – катедра „Електроснабдяване, електрообзавеждане и електротранспорт“, *email: stzvet@tu-sofia.bg*.

Постъпила на 19.09.2015 г.

Рецензент: доц. д-р В. Господинов