

УДК 621.311

И.Н. ПАСКАРЬ, старший преподаватель (КузГТУ)
С.А. ЗАХАРОВ, к.т.н., заведующий кафедрой (КузГТУ)
А.О. БОРОВКОВ, студент гр. ЭПб-121 (КузГТУ)

АНАЛИЗ ОТКЛЮЧЕНИЙ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Потребление электрической энергии (ЭЭ) предприятиями и организациями всех отраслей народного хозяйства, и населением Кемеровской области составляет в среднем около 33 млрд. кВт·ч.

Расположенные на территории области восемь электростанций вырабатывают около 23 млрд. кВт·ч ЭЭ. Дефицит ЭЭ около 10 млрд. кВт·ч покрывается за счет перетока мощности, главным образом, от Саяно-Шушенской ГЭС. Дефицит электрогенерирующих мощностей электростанций в Кемеровской области с учетом необходимости поддерживать 12-ти процентный резерв по генерации составляет 1042 МВт. Сведения о количестве выработанной и потреблённой электроэнергии в Кемеровской области за 2011-2015 года представлены в табл. 1.

Таблица 1

Количество выработанной и потреблённой энергии в Кемеровской области

	2011	2012	2013	2014	2015
Электропотребление, кВт·ч	34048,6	33983,1	33100,5	32183,2	31779,7
Выработка электроэнергии, кВт·ч	24683,1	25110,8	20022,7	21417,8	25692,8

Внутри областное электроснабжение построено по иерархическому принципу: от системных линий электропередачи (воздушных линий – ВЛ) напряжением 110-500 кВ до распределительных сетей 6-10 кВ.

В результате проведенной реформы и ликвидации РАО ЕС произошло отделение предприятий по производству электроэнергии (электростанций) от предприятий, эксплуатирующих электрические распределительные сети и подстанции. Филиал ПАО «МРСК Сибири» (является дочерней компанией ПАО «Россети») - «Кузбассэнерго – РЭС» осуществляет передачу и распределение электроэнергии на территории Кемеровской области.

В составе «Кузбассэнерго – РЭС» 5 производственных отделений: Северо-Восточные электрические сети, Центральные электрические сети, Южные электрические сети, Центр управления сетями и Производственное отделение корпоративных и технологических автоматизированных систем управления. В структуре филиала 24 района электрических сетей, которые базируются в муниципальных образованиях Кемеровской области.

Территория обслуживания – 96,5 тыс. квадратных километров. Общая протяженность линий электропередачи 27775 тыс. км, трансформаторных подстанций 6-10 кВ – 4519 единиц, подстанций 35-110 кВ - 247 единиц.

Общая протяженность распределительных ВЛ 10-6-0,4 кВ составляет 21028 км, из них на сети 10-6 кВ приходится 10975 км, то есть 52% от общей протяженности распределительных сетей, обслуживаемых тремя сетевыми предприятиями в Кемеровской области.

Для сравнения укажем, что протяженность ВЛ 110 кВ, входящих в зону обслуживания ПАО «МРСК Сибири» на территории Кемеровской области, составляет 3037 км. Из сравнения данных видно, что на 1 км ВЛ напряжением 110 кВ приходится 3,61 км ВЛ 10-6 кВ.

Из приведенных данных видно, что сети 10-6-0,4 кВ в существенной мере определяют бесперебойность электроснабжения основной массы потребителей. Изучение причин и последствий отказов распределительных сетей 10-6-0,4 кВ и входящих в них элементов и разработка на этой основе мер по повышению их надежности является важной народно-хозяйственной задачей для нашей области.

Анализ показал, что около 70% всех распределительных ВЛ 10-6-0,4 кВ выполнены на деревянных опорах. Их преимущественное применение объясняется некоторыми положительными качествами, в том числе:

- большая механическая прочность, они хорошо работают на изгиб при воздействии стихийных явлений (порывистый ветер, гололёд), в то время как железобетонные опоры (ЖБО) в таких случаях ломаются;
- они имеют меньшую массу по сравнению с ЖБО, а потому затраты на их транспортирование и установку существенно меньше;
- срок эксплуатации пропитанных антисептиком деревянных опор может составлять 40 лет и более.
- низкая стоимость по сравнению с ЖБО.

В последние годы в Кузбассе при строительстве новых и реконструкции действующих ВЛ применяют самонесущие изолированные провода (СИП), крепление которых предусматривается только к железобетонным опорам. По состоянию на 01.01.2016 г. общая протяженность таких линий составляет более 1000 км [1].

Для оценки состояния надежности электроснабжения в качестве примера были взяты исходные данные по Кузбассэнерго-РЭС. В качестве

источника информации использовались журналы аварийных отключений за промежуток 2010-2014 года.

За исследуемый период времени, число отключений в сетях 6-110 кВ составило 10682 отключения. Из них, в сетях 6-10 кВ произошло 8328 отключений, из которых 1576 отключений произошло у потребителей. На сети 6-10 кВ приходится наибольшая часть – 77,9% от общего числа. Для анализа берём данные по отключениям в сетях РСК, которые составляют 6752 отключения.

По данным технологических нарушений выяснилось, что в сетях 6-10 кВ в 2010 году произошло 1090 отключений, в 2011 году – 827 отключений, в 2012 – 777 отключения, в 2013 году – 1872 отключения, в 2014 году – 2186 отключения.

Данные по отключениям у потребителей представлены в табл. 2.

Таблица 2

Количество отключений у потребителей за 2010-2014 года

	2010		2011		2012		2013		2014	
Кол-во отключений	688	38,69%	216	20,71%	188	19,48%	246	11,61%	238	9,82%

Можно сделать вывод, что количество отключений у потребителей, от общего числа, идёт на спад.

Большую часть отключений ВЛ составляют самоликвидирующиеся нарушения работы линий, длительность которых не превышает времени действия релейной защиты и автоматики [2].

Сведения об успешности повторного включения приведены в табл. 3.

Таблица 3

Успешность повторного включения

	2010		2011		2012		2013		2014	
Кол-во отключений	1090	100%	827	100%	777	100%	1872	100%	2186	100%
УАПВ	360	33,03%	320	38,69%	252	32,43%	552	29,49%	486	22,23%
НАПВ	445	40,83%	308	37,24%	337	43,37%	763	40,76%	1009	46,16%
РПВ	228	20,92%	157	18,98%	143	18,41%	513	27,4%	618	28,27%
Резерв	57	5,22%	42	5,09%	45	5,79%	44	2,35%	73	3,34%

Из проанализированных данных следует, что примерно 41% всех отключений происходят с неуспешным повторным включением, которые переходят в устойчивое повреждение.

Данные по причинам отключений за 5 лет представлены в табл. 4.

Таблица 4
Причины отключения в сетях 6-10 кВ за 5 лет

Причина отключений	Число отключений	Процент
внешние причины	542	8,03%
воздействие 3-х лиц	269	3,98%
гроза	1109	16,42%
деревья	301	4,46%
другие причины	194	2,87%
ж/д	157	2,33%
изоляторы	572	8,47%
не выяснено	1977	29,28%
повреждения электрооборудования на подстанции	849	12,57%
повреждения проводов и на опорах ВЛ	782	11,58%
всего	6752	100%

Из полученных данных видно, что наибольшее число отключений происходит по невыясненным причинам (1977 отключений – 29,28%).

Также большая часть отключений происходит из-за: грозовых перенапряжений (1109 отключений – 16,42%); повреждения оборудования подстанций (849 отключений – 12,57%); повреждения на воздушных линиях (782 отключения – 11,58%). Так же, значительная часть отключений происходит по внешним причинам (отключения из-за неблагоприятных погодных условий, попадания птиц и животных, выдавливание опор из почвы составляют 542 отключения – 8,03%) и по причине повреждения изоляторов (572 отключения – 8,47%). Остальные причины повреждений составляют менее 5% от общего числа. Отключения из-за гололедно-изморозевых явлений практически не наблюдаются.

Причины отключений по годам представлены в табл. 5 и 6.

Таблица 5
Причины отключений за 2010-2014 года

Причина отключений	Число отказов по годам				
	2010	2011	2012	2013	2014
Внешние причины	102	77	70	74	219
воздействие 3-х лиц	52	59	52	43	63
гроза	144	120	95	379	371
деревья	83	18	40	88	72
другие причины	45	10	24	45	70
ж/д	85	19	10	20	23
изоляторы	74	76	75	165	182
не выяснено	197	230	203	682	665

Повреждения электрооборудования на подстанции	190	124	103	187	245
повреждения проводов и на опорах ВЛ	118	94	105	189	276
всего	1090	827	777	1872	2186

Таблица 6

Причины отключений за 2010-2014 года (проценты)

Причина отключений	Число отказов по годам				
	2010	2011	2012	2013	2014
Внешние причины	9,36	9,31	9,01	3,95	10,02
воздействие 3-х лиц	4,77	7,13	6,69	2,30	2,88
гроза	13,21	14,51	12,23	20,25	16,97
деревья	7,61	2,18	5,15	4,70	3,29
другие причины	4,13	1,21	3,09	2,40	3,20
ж/д	7,80	2,30	1,29	1,07	1,05
изоляторы	6,79	9,19	9,65	8,81	8,33
не выяснено	18,07	27,81	26,13	36,43	30,42
повреждения электрооборудования на подстанции	17,43	14,99	13,26	9,99	11,21
повреждения проводов и на опорах ВЛ	10,83	11,37	13,51	10,10	12,63

По проанализированным данным можно сказать, что наибольшее количество отключений электрооборудования происходит в грозовой весенне-летний период времени. Грозовые перенапряжения представляют самую большую угрозу сетям. Они возникают при атмосферных разрядах, и достигают своих пиковых значений за несколько миллисекунд, впоследствии затухают очень быстро. Величина этих перенапряжений в сети может достигать больших значений. Перенапряжения подвергают опасности электрооборудование, поскольку необходимый уровень изоляции оборудования не может быть достигнут по экономическим соображениям [9]. Также, опасность представляет попадание молнии в изоляторы и деревянные опоры, которое приводит к моментальному их разрушению.

Процент отключений по невыясненным причинам увеличился в 1,6 раза, что говорит о следующем: либо идёт сокрытие информации по истинной причине отключения, либо о некачественном выяснении причин отключения.

Число отключений, причиной которых стала гроза, увеличилось в 2,5 раза, что говорит о следующем: что в 2013 и 2014 годах было повышение грозовой активности, либо речь идёт о недостоверных данных об истинных причинах отключений.

Отключения по внешним причинам находятся примерно на одном уровне, только за 2014 год произошло увеличение отключений по этой причине в 2 раза.

По данным отключений из-за повреждений изоляторов, повреждения оборудования на подстанциях и повреждения проводов и на опорах ВЛ можно сказать, что идёт тенденция к ежегодному увеличению отключений из-за морально и физически устаревшего оборудования [3].

Список литературы:

1. Разгильдеев, Г.И. Характеристика распределительных сетей системы электроснабжения Кемеровской области / Г.И. Разгильдеев, Е.В. Ногин // Вестник КузГТУ. – 2009. – №5. – С. 65–69.
2. Сарычев, И.В. Анализ отключений в электрических сетях Кемеровского района / И.В. Сарычев // Вестник КузГТУ. – 2005. – №3. – С. 15–17.
3. Федеральный закон от 26.03.2003 N 35-ФЗ (ред. от 30.03.2016) «Об электроэнергетике».