

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 10 КВ В СВЕТЕ МОНИТОРИНГА ОТКАЗОВ

Н.И. Черкасова

На основе мониторинга и анализа отключений выявлены значимые факторы и определены особенности их влияния на надежность сельских воздушных линий 10 кВ.

Ключевые слова: сельские электрические сети, мониторинг отказов, значимые факторы.

Состояние сельских электрических сетей вызывает все большую тревогу. Системы сельского электроснабжения характеризуются большой протяженностью линий, значительной их разветвленностью, недостатком информации о режимах электрических нагрузок, большим объемом электрических сетей на одно предприятие электрических сетей. Сети характеризуются большим числом аварийных и плановых отключений. Из-за сверхнормативного износа электрических сетей продолжительность перерывов в электроснабжении сельских объектов возросла до 75 часов в год, а потери электроэнергии увеличились на 20-25 процентов. Ухудшилось качество электроэнергии (отклонения напряжения потребителей достигают значений от -15% до +15%, несимметрия тока и напряжения и искажение кривых тока и напряжения

гораздо выше предельно допустимых значений), что приводит к порче оборудования, браку продукции и дополнительным потерям электроэнергии. Сельские электрические распределительные сети 10 - 0,4 кВ, находящиеся в собственности ОАО «Холдинг МРСК», пребывают в крайне тяжелом техническом состоянии. Около 35 - 40 % воздушных линий и трансформаторных подстанций отработали свой нормативный срок. В результате чего обостряются проблемы с надежностью электроснабжения.

На основе статистики отключений сельских линий 10 кВ (таблица 1) построены диаграммы, позволяющие визуальнo оценить количество отключений, величину недоотпуска электроэнергии, кВт·ч. и время перерыва электроэнергии каждый месяц года и за 19 дней декабря 2012 года (рис. 1, 2, 3).

Таблица 1 – Статистика отключений (отказов) сельских линий 10 кВ на 20.12.12 г.

Месяц	К-во дней	Число отключений		Недоотпуск электроэнергии		Время простоя	
		Шт.	%	кВт·ч	%	Час:мин.	%
01	31	15	2,98	2768	3,37	18:53	3,43
02	29	7	1,39	968	1,18	7:01	1,28
03	31	50	9,96	13898	16,94	58:38	10,66
04	30	50	9,96	8666	10,56	51:49	9,43
05	31	73	14,54	5156	6,28	77:48	14,15
06	30	76	15,14	16770	20,44	88:43	16,14
07	31	68	13,54	9452	11,52	59:54	10,90
08	31	47	9,36	5205	6,34	41:04	7,47
09	30	14	2,79	978	1,19	9:30	1,73
10	31	22	4,38	946	1,15	25:23	4,62
11	30	64	12,75	14860	18,38	92:28	16,82
12	19	16	3,19	2376	2,89	18:36	3,38
Итого:	354	502	100	82043	100	549:46	100

Автором произведен анализ состояния сельских распределительных сетей на основе статистики отключений четырехсот (400 шт.) воздушных линий 10 кВ, находящихся на

обслуживании и в собственности ОАО «Холдинг МРСК» Сибири. Информация любезно предоставлена автору работниками оперативно-диспетчерской службы компании



Рисунок 1 – Статистика отключений воздушных линий 10 кВ за 2012 год

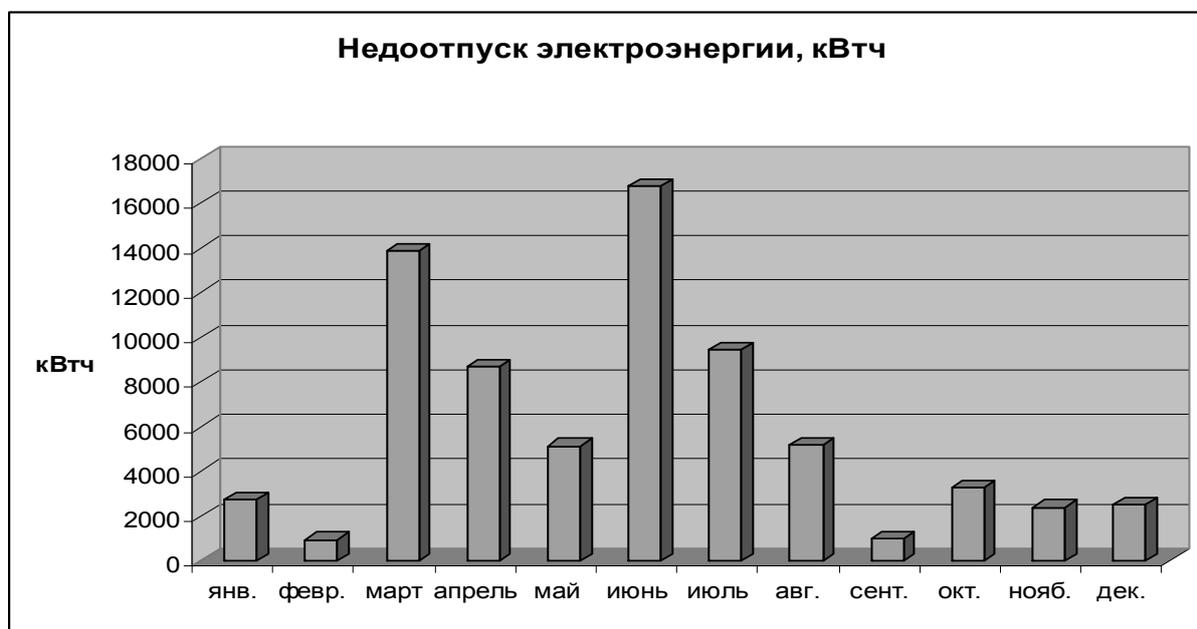


Рисунок 2 – Недоотпуск электроэнергии по воздушным линиям 10 кВ за 2012 год

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ
10 КВ В СВЕТЕ МОНИТОРИНГА ОТКАЗОВ

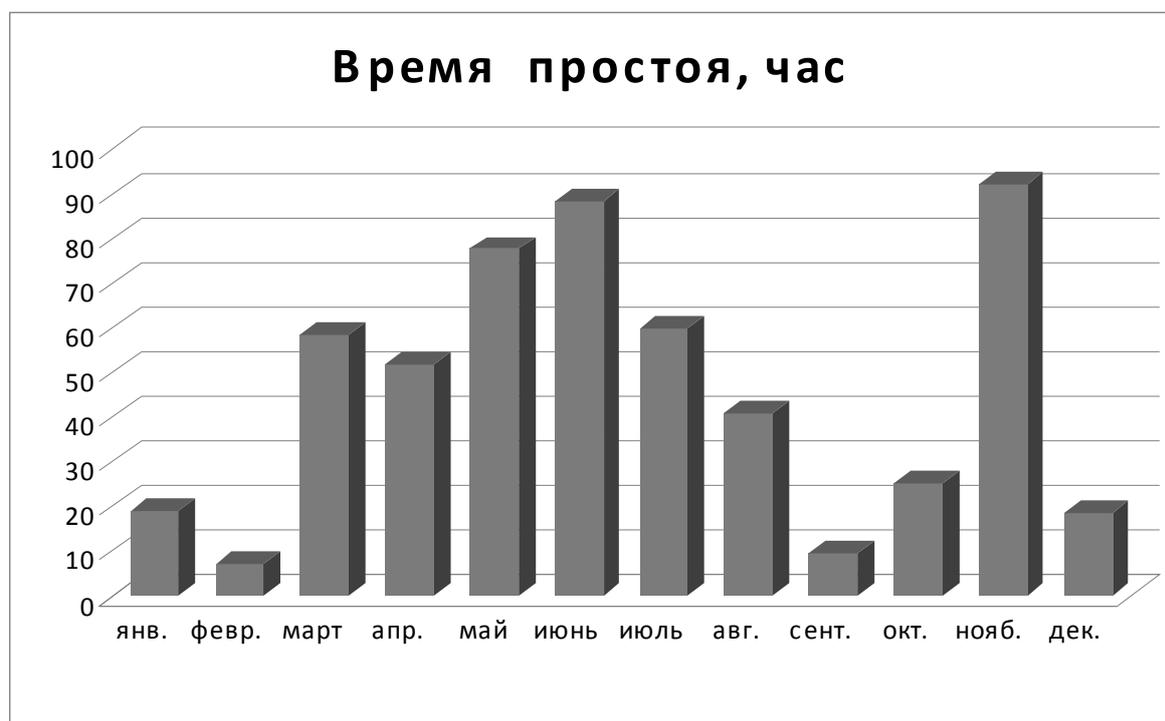


Рисунок 3 – Время перерыва электроэнергии по сельским линиям 10 кВ за 2012 г.

Таблица 2 – Работа автоматики и причина отказов по сельским линиям

2012 год	Отключения, к-во	АПВ в работе	АПВ выведено	Причина отключения				
		УАПВ/НАПВ	УПВ/НПВ	Недостаток эксплуатации	Вина потребителя	Погода	Птица	Другое
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Январь	15	1/4	4/5	6	5	4	0	0
Февраль	7	1/2	2/1	2	3	2	0	0
Март	50	9 / 2	16/15	23	11	13	3	0
Апрель	50	14/8	17/10	16	18	4	10	2
Май	73	18/1	9/26	12	28	28	4	1
Июнь	76	16/9	22/15	6	32	28	10	0
Июль	68	8/8	17/3	6	19	33	10	0
Август	47	2/3	19/10	5	18	20	3	1
Сентябрь	14	2/2	6/3	3	9	-	2	0
Октябрь	22	3/4	4/11	3	8	6	5	0
Ноябрь	64	7/10	17/25	8	25	30	1	0
Декабрь	16	2/4	5/5	7	3	6	0	0
Итого:	502	83/57	129/129	97	179	174	48	4

Для анализа причин отключений обратимся к таблице 2. Столбцы 3 и 4 указывают на работу АПВ. При наличии и срабатывании АПВ возможно два варианта развития событий: 1) - успешное автоматическое повторное включение (УАПВ), при котором линия ставится под напряжение и продолжает работу без недоотпуска электроэнергии (недоотпуск 0); 2) - неуспешное автоматическое повторное включение (НАПВ) - и линия вновь отключается до выяснения и устранения причин повреждения. В столбце 3 указано количество успешных и неуспешных автоматических повторных включений (УАПВ / НАПВ). Если АПВ отсутствует или выведено, то повторное включение линии производится вручную и также может быть успешным и неуспешным, столбец 4 (УПВ / НПВ). «Недостаток эксплуатации» отражает известные причины, произошедшие по вине эксплуатирующей организации, некачественно или несвоевременно проводивших планово-предупредительные работы, включая обходы и осмотры, расчистку трассы линии, перетяжку проводов и т. д. «Инструкция по заполнению таблицы технического несоответствия» (отказов ВЛ) делает следующие пояснения для работников оперативно-диспетчерской службы компании: К недостаткам эксплуатации относятся также не найденное (не выявленное) повреждение, обрыв провода при морозе до минус 35 °С включительно; повреждение, произошедшее при силе ветра менее 25 м/сек. В строке «Причина» отмечается «Вина потребителя», если следствием отключения явились повреждения, произошедшие на оборудовании или ЛЭП потребителя, или повреждения, произошедшие на оборудовании или ЛЭП других сетей. В графе «Погода» делается отметка, если следствием отключения явились гроза, порывы ветра более 25 м/сек или сильное гололёдообразование.» В списке отдельных причин выделена графа «Птица», так как случается, что птицы являются «виновниками» более 20 % отключений. В графе «Другое» вынесены довольно редкие причины, например, обрыв провода при падении дерева, разрушение опоры в результате поджога травы (опора сгорела), хищение металлических деталей оттяжек опоры и др.

Анализ причин отказов линий выявил следующее. В январе произошло всего около 3 % всех отключений, несмотря на то, что зима стояла морозная, во второй половине января морозы достигали минус 40-45°С. Обрыв провода происходил при температуре минус 29 - 37 (недостаток эксплуатации) и

при температуре минус 40-45°С (погода) при отсутствии ветра. Дважды произошло разрушение предохранителя ПК-10 как при температуре минус 42°С, так и при минус 7°С (недостаток эксплуатации). В марте произошло 12% всех отключений по причине погоды (резкие порывы ветра, снег, метель). За один день 20 марта зафиксировано 26 отключений, почти вдвое больше, чем за весь январь по причине обрыва провода и схлестывания проводов. Однако, все причины, отнесенные к столбцу «Погода», можно смело отнести к «Недостаткам эксплуатации». Так как порывы ветра не достигали скорости 25 м/с, а фиксировались величиной 7 – 12 м/с. В апреле 20% отключений произошли по «вине» птиц (перекрытие изоляторов ВЛ и КТП), также произошли разрушение изоляторов, перекрытие РВ-10 (гроза, дождь), две опоры разбиты грозой, опора сгорела из-за несанкционированного поджога травы.

В столбце 6 «Вина потребителя» сокрыты аналогичные причины, приведшие к отказу таких же сетей, но принадлежащих другому собственнику. Следовательно, «не искажая отчетность», столбец 6 можно расформировать между столбцами «Недостаток эксплуатации» и «Погода».

Анализ статистики отключений (см. рис. 1) показывает, что наибольшее число отключений произошло в теплые месяцы (май, июнь, июль, август), когда сельскохозяйственные работы проводятся наиболее интенсивно. Июнь 2012 г. явился рекордным месяцем (рис. 2) по величине недоотпуска электроэнергии, который составил 16770 кВт·ч (20,44 %). Период простоя, то есть отсутствия электроэнергии, составил 88 часов 43 минуты. Всего за четыре теплых месяца, 1/3 годового периода (время самое производительное для сельского хозяйства), произошло 276 отключений (53,2 %). Период отсутствия электроэнергии составил 287 часов (52,5 %), недоотпуск электроэнергии – 40 тыс. кВт·ч. Были лишены электроэнергии летние дойки, животноводческие комплексы, механизированные тока, кормоприготовительные цеха и множество других сельскохозяйственных производителей. Трудно подсчитать ущерб от недоотпуска и брака продукции. От перебоев в электроснабжении страдают также объекты инфраструктуры села.

Снизить время простоя могло бы применение устройства автоматического повторного включения. Однако на части подстанций (65%) АПВ либо выведено, либо отсутствует. Возможность применения автоматического

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 10 кВ В СВЕТЕ МОНИТОРИНГА ОТКАЗОВ

повторного включения на линиях 10 кВ сельских распределительных сетей ограничена следующими причинами. Большинство понижающих подстанций 110/35/10 кВ, 35/10 кВ введены в строй в 60-х и 70-х годах и устарели не только морально, но и физически. Приводы существующих высоковольтных масляных выключателей в основном пружинные с запуском АПВ от механических устройств. Вследствие износа приводы бывают часто неработоспособны, и повторное включение может привести к отказу привода («зависа-

нию» в процессе отключения) и взрыву масляного выключателя. Поэтому, чтобы избежать больших неприятностей в виде аварии выключателя, обслуживающий персонал просто выводит АПВ из работы.

Мониторинг статистики отключений почти за весь 2012 год (до 20 декабря) позволил выявить факторы, влияющие на величину отключений, и определить значимые из них на основании корреляционной матрицы (табл. 3).

Таблица 3 – Корреляционная матрица факторов, влияющих на частоту отказов ВЛ-10 кВ

	Кол-во отключений	Время	Недоотпуск	Сезон	Темп.	Ветер	УАПВ	НАПВ
Кол-во отключений	1,00	0,21	0,31	0,47	0,60	0,15	-0,15	0,29
Время	0,21	1,00	0,85	0,54	0,49	0,77	0,48	0,58
Недоотпуск	0,31	0,85	1,00	0,38	0,23	0,60	0,45	0,72
Сезон	0,47	0,54	0,38	1,00	0,88	0,24	0,38	0,40
Темп.	0,60	0,49	0,23	0,88	1,00	0,35	0,48	0,25
Ветер	0,15	0,77	0,60	0,24	0,35	1,00	0,75	0,36
УАПВ	-0,15	0,48	0,45	0,38	0,48	0,75	1,00	0,31
НАПВ	0,29	0,58	0,72	0,40	0,25	0,36	0,31	1,00

Значимыми, влияющими на частоту отказов, явились следующие факторы:

температура окружающего воздуха, коэффициент корреляции 0,6;

сезон, или время года, коэффициент корреляции 0,47.

Значимыми факторами, влияющими на длительность отключения (время простоя), явились:

ветер, коэффициент корреляции 0,77;

сезон, коэффициент корреляции 0,54;

температура 0,49;

неуспешное АПВ, коэффициент корреляции 0,58.

Значимыми факторами, влияющими на величину неотпущенной электроэнергии (недоотпуск), явились:

- ветер, коэффициент корреляции 0,6;

- неуспешное АПВ, коэффициент корреляции 0,72.

Последнее надо понимать, как-то, что чем больше произошло неудачных повторных включений, тем больше недоотпуск электроэнергии.

Корреляционная матрица может быть представлена графически диаграммами рассеяния и гистограммами переменных, что позволяет оценить линейные связи визуально (рис. 4.).

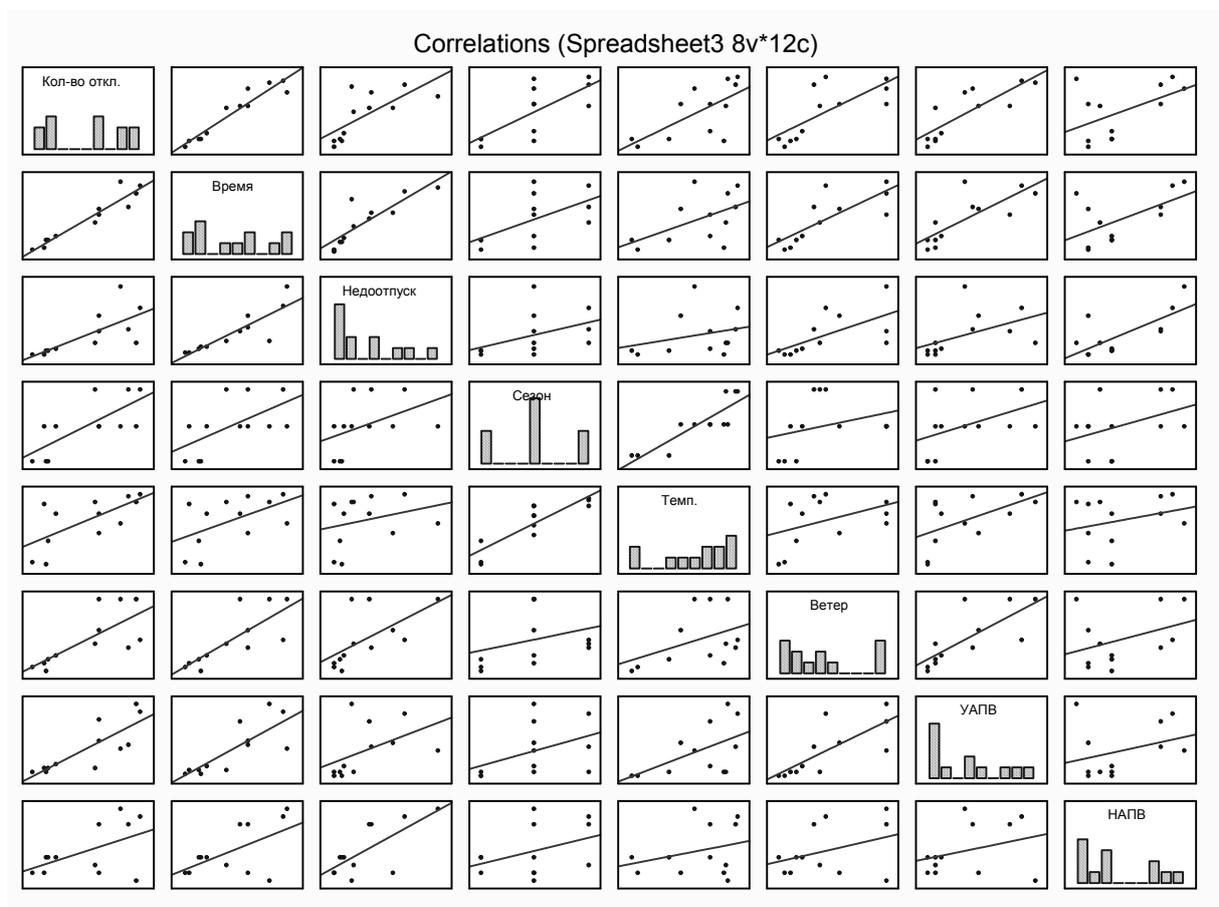


Рисунок 4 – Графическое представление корреляционной матрицы факторов, влияющих на частоту отказов сельских ВЛ-10 кВ

Анализ таблицы 3 обращает внимание на положительное значение коэффициента корреляции количества отказов и температуры (0,6). По логике событий упомянутый коэффициент должен иметь отрицательное значение, так как обрыв проводов при низких температурах (-40°C и ниже) увеличивает число отказов. Однако, статистика показывает, что число отказов растет с ростом температур и достигает максимума в летний период. Это может свидетельствовать лишь о том, что обслуживание сетей ведется на крайне низком техническом уровне. Для снижения количества отказов и времени простоя сельских линий 10 кВ эксплуатирующим организациям необходимо в полном объеме проводить весь комплекс планово-предупредительных мероприятий, в том числе своевременно совершать чистку просек, замену дефектных опор, регулировку стрелы провеса провода, замену деревянных опор на железобетонные, замену дефектных изоляторов, производить внеочередные и верхо-

вые осмотры линий, расчистку трасс и другие предусмотренные техническим регламентом мероприятия.

Вывод:

На основе мониторинга и анализа отказов выявлены значимые факторы и определены особенности их влияния на надежность сельских воздушных линий 10 кВ. Сделаны выводы и даны рекомендации по снижению отказов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Черкасова Н.И. Моделирование, анализ и оптимизация потерь электроэнергии в распределительных электрических сетях 10 - 0,4 кВ. Монография. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2008. - 95 с.

Черкасова Нина Ильинична, к.т.н., доцент, зав. кафедрой РИИ АлтГТУ им. И.И. Ползунова, тел.: 8(38557)5-98-75