

INCREASE IN THE EFFECTIVENESS OF THE FUNCTIONING OF THE RURAL DISTRIBUTION NETWORKS

Summary

The aim of this article is to show the problems of rural electrical distribution networks. Analysis of the contemporary state of electrical networks, analysis of the accident rate and reason for turning off of the electrotechnical equipment are presented. The ways for increasing the effectiveness of the functioning of the rural distribution networks are outlined.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЕЛЬСКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Аннотация

Статья посвящена проблемам сельских электрических распределительных сетей. Представлен анализ современного состояния электрических сетей, анализ аварийности и причины отключения электротехнического оборудования. Намечены пути повышения эффективности функционирования сельских распределительных сетей.

В Российской Федерации номинальное напряжение электрических установок, в том числе электрических сетей, ограничено небольшим количеством стандартных значений, благодаря чему отечественная промышленность производит меньшее количество различных типоразмеров машин и оборудования. С другой стороны, большее разнообразие значений стандартных напряжений позволяет выполнить сети более экономичными и сократить в них расход металла.

Если с напряжением до 1000 В ситуация в сельской местности более менее ясная: многолетний опыт применения системы напряжением 380 В (четырёх-проводная система с заземленной нейтралью) доказал относительную безопасность сетей данного класса напряжения, и сейчас данное напряжение является единственным, применяемым в сельских сетях до 1000 В.

Что касается напряжения свыше 1000 В, то в действующем стандарте (ГОСТ 721-77) установлены определенные стандартные напряжения 6, 10, 20, 35, 110, 220, 330, 500, 750, 1150 кВ. Причем только первые пять номинальных значений (выделены жирным шрифтом), применяются в сельских электрических сетях.

Напряжение 110 кВ применяют в сельских районах, питающихся от мощных энергосистем. Сети данного класса напряжения и выше всегда работают с глухозаземленной нейтралью или с нейтралью, заземленной через небольшое сопротивление. При этом условия работы сетевого оборудования облегчаются, так как снижаются перенапряжения в линии, а стоимость оборудования соответственно сокращается. Для уменьшения тока однофазного короткого замыкания на землю заземляются нейтрали не всех, а только части трансформаторов.

Напряжение 35 кВ широко используют для питающих линий с последующей трансформацией на 10 либо 6 кВ. Используется так же непосредственная трансформация с 35 кВ на 380 В, так называемый «глубокий ввод» напряжения 35 кВ к потребителю.

В сетях напряжением свыше 1000 В до 35000 В включительно применяется режим изолированной от земли нейтрали. Такие сети выполняются трехпроводными. В этом случае при замыкании фазного провода

на землю через заземление будет протекать только небольшой ток, определяемый емкостью проводов сети по отношению к земле и номинальным напряжением сети. Величина емкостного тока воздушной линии может быть приближенно определена по следующей формуле:

$$I=U \cdot l/350,$$

где I – ток замыкания на землю, А; U – номинальное напряжение сети, кВ; l – длина всех линий данного напряжения, электрически соединенных между собой, км.

Так как, ток замыкания на землю невелик, он не вызывает срабатывания релейной защиты данной линии. Вследствие этого сеть при замыкании фазы на землю не отключается и может работать до определения места замыкания и устранения аварии, что и является важным преимуществом линий с изолированной нейтралью.

Однако если ток замыкания на землю превысит определенную величину, то при неметаллическом замыкании на землю в месте повреждения может возникнуть перемежающаяся, то есть с большой частотой зажигающаяся и гасящаяся дуга. Помимо повреждений от теплового действия, перемежающаяся дуга вызывает повышение напряжения на «здоровых» фазах в 2,5-3,2 раза. Это может привести к пробое изоляции в ослабленных местах и является крайне нежелательным.

Чтобы перемежающаяся дуга не могла возникнуть, ток замыкания на землю не должен превышать в сетях напряжением 6 кВ – 30 А, 10 кВ – 20 А, 20 кВ – 15 А и 35 кВ – 10 А.

Если ток замыкания на землю превышает указанные выше величины, необходимо компенсировать его, для чего нейтраль одного из трансформаторов заземляют через индуктивную катушку со стальным сердечником. Индуктивное сопротивление катушки подбирают так, чтобы оно было близко к емкостному сопротивлению сети. Тогда ток замыкания на землю резко уменьшается и в пределе стремится к нулю. Сети с такими катушками называют компенсированными. Нетрудно определить, что сети 10 кВ нужно компенсировать при их общей длине свыше 700 км, что на практике не встречается. А сети напряжением 35 кВ уже при длине 100 км, что бывает довольно часто, требуют применения компенсированных устройств.

Распределительные сети выполняются на напряжение 6 и 10 кВ. При этом за последние несколько десятилетий напряжение 10 кВ почти полностью вытеснило 6 кВ, которое применяется лишь при расширении существующих установок.

Применительно к распределительным сетям Российской Федерации необходимо отметить, что на балансе электросетевых компаний в настоящее время находятся: около 17 тыс. подстанций 35...220 кВ и более 500 тыс. подстанций 6...35/0,4 кВ с установленной мощностью трансформаторов около 423 млн. кВ·А; около 2,35 млн. км воздушных и кабельных линий 0,38...220 кВ, в том числе 840 тыс. км линий напряжением 0,38 кВ; 1,1 млн км напряжением 6...10 кВ; 180 тыс. км напряжением 35 кВ и 220 тыс. км – напряжением 110...220 кВ [1].

Воздушные сети выполнены по радиальному принципу, на ВЛ 6...10 кВ использованы в основном алюминиевые и сталеалюминиевые провода, деревянные и железобетонные опоры с механической прочностью не более 27 кН·м. К настоящему времени отработали свой ресурс более 560 тыс. км, это около 51% от общей протяженности.

Учитывая, то, что воздушные сети 6...10 кВ в основном сосредоточены в сельской местности, становится понятным, что без их надежной и качественной работы невозможно устойчивое развитие агропромышленного комплекса нашей страны.

В Орловской области воздушные линии электропередачи 6...10 кВ по состоянию на конец 2008 года имеют протяженность 12951 км, что составляет 45% от общей протяженности линий электропередачи 0,38-110 кВ, как и в целом по стране.

Рассмотрим состояние ВЛ 6...10 кВ (табл. 1) в Орловской энергосистеме - филиал ОАО «МРСК-Центра»-«Орелэнерго».

По данным ОАО «РОСЭП» (Открытое Акционерное общество по проектированию сетевых и энергетических объектов), длительность отключений потребителей составляет порядка 70-100 ч в год, что на 2 два порядка

выше, чем в технически развитых западных странах. Среднее число устойчивых повреждений, вызывающих отключения в ВЛ напряжением до 35 кВ, достигает значения 25 случаев на 100 км линии в год, при этом, около 80% повреждений по своей природе являются неустойчивыми. Об этом свидетельствуют исследования как российских, так и зарубежных специалистов [2]. Значительная часть повреждений, которые по природе своей являются неустойчивыми, устраняются простым применением многократного автоматического повторного включения (АПВ). Однако существующие в распределительных сетях средства релейной защиты и коммутационные аппараты не позволяют эффективно выполнять подобные функции.

Что касается парка силовых трансформаторов то он морально и технически устарел, доля новых трансформаторов не превышает 7%. Трансформаторные подстанции 6...10/0,4 кВ, как правило, однотрансформаторные и подключены к линиям электропередачи (ЛЭП) в основном по тупиковой схеме. В закрытом исполнении выполнено всего 13% подстанций, в неудовлетворительном состоянии от общего числа трансформаторных подстанций находятся 15%.

В результате, показатели надежности электрообеспечения в последние годы практически не изменяются, оставаясь относительно невысокими в сравнении с аналогичными показателями зарубежных стран. В электрических сетях 6...10 кВ в среднем регистрируется 26 отключений в год на 100 км ЛЭП, в электросетях 0,4 кВ происходит до 100 отключений на 100 км.

Проанализируем аварийность (табл. 2) в филиале ОАО «МРСК-Центра»-«Орелэнерго» за осенне-зимний период прохождения максимума нагрузок 2004–2008 гг.

Основными причинами повреждений являются: старение конструкций и материалов при эксплуатации - 18%, климатические воздействия (ветер, гололед и их сочетание) выше расчетных значений - 19%, грозовые перенапряжения - 13%, недостатки эксплуатации - 6%, посторонние воздействия - 16% и невыясненные причины повреждений - 28%.

Таблица 1. Состояние ВЛ 6...10 кВ в филиале ОАО «МРСК-Центра»-«Орелэнерго» в период 2004–2008 гг

Table 1. State of the aerial lines of 6...10 kW in the Joint Stock Company „MRSK-Centres”-“Orelenrgo” branch in the period of 2004-2008

Состояние ВЛ 6...10 кВ	2004 г	2005 г	2006 г	2007 г	2008 г
Протяженность, км	13093	13071	13037	12994	12951
В хорошем состоянии, %	53,2	52,8	50,9	50,5	49,6
В удовлетворительном, %	28,9	28,9	30,1	30,2	30,4
В неудовлетворительном, %	15,0	15,2	15,7	15,7	15,9
В непригодном, %	2,9	3,1	3,3	3,6	4,1

Таблица 2. Анализ аварийности в осенне-зимний период 2004–2008 гг.

Table 2. Analysis of the accident rate in the period of autumn-winter 2004-2008

Наименование	Ед. изм.	2004 г	2005 г	2006 г	2007 г	2008 г
Число отключений	шт	1527	1760	1828	1959	2046
Устранившиеся от АПВ	шт	482	557	621	703	793
Устранившиеся от руки	шт	453	495	537	584	627
Устойчивые отключения	шт	592	708	812	973	1092
Время простоев от отключения	час	4275	6609	7867	8951	9745
Время устранения устойчивого отключения	час	7,22	9,34	11,59	12,93	14,63
Время простоев по заявкам	час	5283	5567	5224	5107	4909
Количество плановых отключений	шт	2195	2195	1911	1765	1849
Время одного планового отключения	час	2,41	2,54	2,41	2,23	2,05
Число отключений на 100 км	шт	11,48	13,30	14,33	15,89	16,98
Число устойчивых отключений на 100 км	шт	4,45	5,35	6,46	7,05	8,62
Число аварий	шт	0	0	0	0	1
Число технологических отказов	шт	232	281	356	484	563
Число функциональных отказов	шт	209	223	277	316	404
Недоотпуск	тыс. кВт·ч	479,290	469,060	490,816	497,959	835,170

В настоящее время во многих регионах страны возобновился устойчивый рост электрических нагрузок, потребление электроэнергии в коммунально-бытовом секторе имеет устойчивую тенденцию роста. К 2015 г. потребление электроэнергии в этом секторе удвоится, а электрические нагрузки увеличатся в 2...4 раза. В основных отраслях экономики наметилась устойчивая тенденция роста потребностей в электрической энергии и мощности. В такой ситуации рынок электроэнергии может предъявить очень серьезные санкции к распределительным сетевым компаниям по надежности и качеству электроснабжения потребителей. Если не готовиться к этому заранее, в самое ближайшее время сетевые компании будут нести серьезные материальные убытки, что еще более усугубит ситуацию.

В электрических распределительных сетях всех классов напряжения за последние 10 лет потери электроэнергии увеличились с 10,09 до 12,95%. В отдельных сетевых компаниях фактические потери электроэнергии доходят до 40%, при обоснованных технических потерях 5...12%. Для сравнения: потери электроэнергии в сетях промышленно развитых стран находятся в диапазоне 4...10%, коммерческие потери - 0,15...2,0%.

Принимая во внимание недостаточно удовлетворительное техническое состояние и уровень сетевых объектов, прогнозные показатели электрических нагрузок, а так же опыт развития сетей в технически развитых странах перед распределительным электро-сетевым комплексом стоит сложнейшая задача по его совершенствованию. Необходимо провести технический аудит и диагностику технического состояния сетевых объектов, разработать схемы развития распределительных электрических сетей.

Согласно [3], до 2015 г. подлежит восстановлению или замене более 1,0 млн. км воздушных и кабельных линий всех классов напряжения, около 45% силовых трансформаторов (240 тыс. единиц) на подстанциях 6...10/0,4 кВ, почти 60% масляных выключателей, установленных в распределительных устройствах и пунктах секционирования, и более 50% измерительных трансформаторов тока и напряжения.

Так же до 2015 г. предусматривается переход на более высокие классы среднего напряжения: с 6...10 кВ на 20...35 кВ. Выбор системы напряжений распределения электроэнергии планируется осуществлять в процессе разработки схем перспективного развития сетей на основе анализа роста прогнозируемых электрических нагрузок.

Основной принцип построения сетей напряжением от 6 кВ до 20 кВ - магистральный, предусматривающий формирование линий электропередачи (магистралей) в разветвленной сети между двумя центрами питания через точку поточкораздела (пункт автоматического включения резерва) с обеспечением нормированного качества напряжения всех потребителей в зоне действия магистралей при отключении одного из центров питания (послеаварийный режим).

Подстанции 6...10(20)/0,4 кВ мощностью 10...100 кВ·А должны иметь возможность установки на опоре (подстанции столбового исполнения). При нагрузках 160 кВ·А и более рекомендуется применять конструкции подстанций закрытого исполнения или киоскового типа с воздушными и кабельными вводами.

Основные требования выдвигаемые к ТП 6...10(20)/0,4 кВ: герметичные масляные трансформаторы с уменьшенными удельными техническими потерями электроэнергии и массогабаритными параметрами; трансформаторы со схемой соединения «треугольник-треугольник-нейтраль»; трансформаторы с симметрирующим устройством или со схемой

соединения «звезда-зигзаг-нейтраль». В сетях напряжением 6...10(20) кВ предусматриваются вакуумные выключатели нагрузки наружной установки; предохранители-разъединители. Не рекомендуются к применению: мачтовые и комплектные подстанции 6...10(20)/0,4 кВ шкафового типа с вертикальной компоновкой оборудования; трансформаторы и реакторы со сроком службы менее 30 лет. Выдвигаются общие требования к линиям электропередачи: элементы ВЛ должны быть рассчитаны на механические нагрузки с повторяемостью региональных климатических условий 1 раз в 25 лет для конкретных условий расположения сетевого объекта. Магистральные ВЛ 6...10(20) кВ необходимо выполнять с подвесными изоляторами на опорах с повышенной механической прочностью и изгибающим моментом не менее 70 кН·м. На ответвлениях от ВЛ допускается применение штыревых изоляторов. Высоковольтные линии 6...10(20) и 35 кВ не должны подвергаться реконструкции путем замены проводов на протяжении всего срока службы, в населенной местности и лесопарковой зоне при соответствующем обосновании рекомендуется выполнять с использованием защищенных проводов. Мероприятия по повышению пропускной способности электросетей должны разрабатываться при подготовке схем развития электросетевого комплекса с учетом схем развития района электрических сетей. Повышение пропускной способности сетей 6...10(20) кВ при отсутствии разработанных схем развития сетей следует обеспечивать в основном посредством строительства разгрузочных подстанций, подвески дополнительных цепей на опорах действующих ВЛ, установки вольтодобавочных трансформаторов в точках ВЛ 6...10(20) кВ, в которых потери напряжения превышают допустимые значения. Реконструкции и техническому перевооружению подлежат ПС и ВЛ, находящиеся в эксплуатации 25...30 лет. Для коренного обновления сетей 6...10(20) кВ с учетом нарастания их износа потребуется ежегодно вводить в действие около 100 000 км линий различного напряжения и реконструировать до 10000 трансформаторных подстанций.

На фоне всего вышеперечисленного к распределительным электрическим сетям выдвигаются общие требования, такие как: надежность электроснабжения с учетом требований потребителей, роста электрических нагрузок и объемов потребления электроэнергии; повышение надежности отдельных элементов сети; нормированный уровень качества электрической энергии; адаптивность сетей к росту электрических нагрузок, применению новых технологий обслуживания сетевых объектов и их автоматизации; электрическая и экологическая безопасность функционирования сетевых объектов; сокращение затрат на распределение электроэнергии; применение новых информационных технологий при управлении сетями.

Только выполнение сетевыми компаниями и системными операторами данных требований позволит добиться надежного и качественного функционирования сельских распределительных сетей, что положительно скажется на развитии агропромышленного комплекса страны в целом.

Литература

- [1] Руководящие материалы по проектированию электроснабжения сельского хозяйства. – М.: ОАО «РОСЭП», 1993-2008.
- [2] Повышение эффективности функционирования сетевого автоматического резервирования в электрических распределительных сетях 6-10 кВ: моно-графия / С.М. Астахов. – Орел: изд-во Орел ГАУ, 2008. – 172 с.
- [3] Положение о технической политике в распределительном электросетевом комплексе. – М.: ОАО «РОСЭП», 2006. – 73 с.