

УДК 621.3

**АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕТЯХ 35-10-6 КВ В  
УСЛОВИЯХ ПРЕДПРИЯТИЯ  
ООО "БЕРЕЗОВСКИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ"**

Шершунов Д.А., студент гр. ЭПбз-181, 3 курс  
Научный руководитель: Паскарь И.Н., старший преподаватель  
Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

**Аннотация:**

В статье отмечается актуальность повышения эффективности распределительных сетей 6-35 кВ, уделяется внимание основным критическим моментам отключений и простоев для потребителей предприятия, описывается проблема надежности отдельных элементов сетей через снижение технических потерь, затрагивается вопрос использования источников бесперебойного питания, динамических компенсаторов искажения напряжения и трансформаторов.

**Ключевые слова:** качество электроэнергии, отключения и простои, низкая энергоэффективность, резервирование и бесперебойное снабжение, колебания и провалы напряжения.

Бесперебойность протекающих на производстве процессов обуславливается, в частности, качеством потребляемой электроэнергии, в силу чего на любом предприятии представляется необходимым обеспечение постоянного контроля функционирования соответствующей системы, в т.ч. на участке раздела ответственности между потребителем и компанией энергоснабжения [4, с.5].

В рамках анализируемой компании ООО «Березовские электрические сети» сформирован специальный отдел, выполняющий контрольные функции, связанные, в частности, с контролем эффективности генерирования электроэнергии, её передачи и распределения между потребителями. Это обуславливает важность такой дефиниции, как КЭ, т.е. качество электроэнергии, под которой подразумевается совокупность характеристик данного ресурса, от которых зависит его воздействие на различную электроаппаратуру и оборудование. Для адекватной оценки КЭ применяются такие критерии, как уровень ЭМ-помех в рамках энергоснабжающей системы в соответствии с текущим значением показателей напряжения, частоты и т.д. [2].

Общие расходы на электроэнергию в условиях функционирования производственного предприятия состоят из следующих элементов – оплаты установленной мощности трансформаторов; оплаты установленных максимальных нагрузок; оплаты определённого КЭ. Наиболее широко распространены сети 1-го типа, как самые доступные по цене; такие сети на данный момент используются в целях снабжения электроэнергией

потребителей, относящихся по уровню надёжности к 3-й категории и расположенных в сельской местности [3, с.18].

Определяющая уровень производительности асинхронных электрических двигателей скорость их вращения непосредственно зависит от текущего напряжения в распределительной сети предприятия; уровень потребляемой реактивной мощности также зависит от значения данного показателя, что на определённых участках сети оказывает прямое влияние на потери мощности и напряжения, а под влиянием последнего обстоятельства, в свою очередь, при функционировании электротермического и электролизного оборудования увеличивается продолжительность технологических процессов.

Для производств, потребляющих электроэнергию, поставляемую компанией ООО «Березовские электрические сети» на данный момент наиболее актуальны следующие проблемы [5, с.7]:

- возникновение во внешних сетях аварийных ситуаций, приводящих к простоям технологического оборудования;
- несоответствие плановым показателям производства продукции, из-за чего предприятия терпят убытки;
- издержки косвенного характера на техобслуживание и ремонт оборудования;
- снижение уровня надёжности электроснабжающей системы, используемой предприятием;
- повышение удельного потребления электроэнергии на производство единицы продукции;
- сокращение сроков эксплуатации электрической аппаратуры.

В числе разновидностей конфигурации эксплуатируемых производственными организациями распределительных сетей напряжением от 6 до 35 кВ можно выделить следующие:

- сеть радиального типа (одинарная или двойная);
- замкнутая (кольцевая) сеть, одинарная или двойная, опирающаяся на 2 центра питания;
- сети узлового и многоконтурного типа.

На производственных предприятиях, использующих сети указанного уровня напряжения, основными причинами снижения показателя КЭ, что общеизвестно, выступают источники, расположенные на уровнях распределения и конечного потребления электроэнергии. Синусоидальная траектория тока и напряжения деформируется, а мощность электроэнергии снижается под влиянием такого фактора, как распространённость нагрузок нелинейного характера, связанных с эксплуатацией ПК, различной оргтехники, электроприводов с регулируемой скоростью, осветительных систем и т.п. Значение показателя КЭ находится под влиянием функционирования оборудования распределенной генерации, а также резервных систем электропитания [6, с.12].

Благодаря наличию дополнительных связей, сети, относящиеся ко 2-му и 3-му типам, при выходе из строя одной из ЛЭП, дают возможность

обеспечивать отсутствие перебоев в снабжение потребителей электроэнергией; вместе с тем, чтобы ограничить токи короткого замыкания и сократить потери, при отсутствии подобных эксцессов необходима эксплуатация этих сетей в разомкнутом режиме, что обуславливает актуальность такой проблемы, как определение оптимальных мест размыкания, направленное на повышение уровня результативности эксплуатации сетей [8, с.3].

Весьма значимый фактор представляет собой обеспечение повышения уровня надежности отдельных элементов сетей; за счёт этого обеспечивается сокращение и технических, и финансовых издержек, обусловленных низкой эффективностью хозяйствования и возможными хищениями электроэнергии. В рамках оптимизации режима для таких сетей используется в большинстве случаев один из следующих подходов – либо обеспечение минимизации потерь при штатном режиме работы посредством оптимального распределения потоков, либо предельно возможное повышение уровня надежности сети посредством применения элементов, демонстрирующих лучшие показатели бесперебойной работы при нормальном режиме эксплуатации [1].

При использовании второго из приведённых подходов обеспечивается максимальная продолжительность эксплуатации сети в нормальном режиме, а также сокращение суммарного количества аварийных (послеаварийных) режимов; закономерным следствием этого выступает снижение вероятности перебоев поставок электроэнергии конечному потребителю. Вместе с тем, в соответствии с конфигурацией сети и значениями показателей надёжности по конкретным элементам, при таком режиме может быть значительно снижен уровень эффективности по показателям потерь (по отношению к минимально допустимым значениям), что обуславливает необходимость выработки унифицированных методик оптимизации мест размыкания сетей многоконтурного и узлового типа [9, с.10].

При этом подход, предусматривающий учёт общего объёма потерь по сети при нормальном режиме эксплуатации, а также вероятность сокращения, при возникновении аварийного (послеаварийного) режима, потребления электроэнергии, отвечает установленным требованиям. Определение частоты режимов работы, не соответствующих норме, осуществляется при учёте определяемого для ключевых элементов электросети потока отказов, рассчитываемого на основании статистических данных за предшествующие эксплуатационные периоды.

Наиболее часто (более, чем в 90% случаев) КЭ, в соответствии с результатами статистического анализа EPRI, снижается под влиянием такого фактора, как провалы напряжения, обусловленные, как правило, техническими работами на ЛЭП либо природными стихийными явлениями (воздействием сильного ветра, гроз и т.д.).

Если значение напряжения в сети колеблется в рамках пяти процентов, с серьёзными потерями это обычно не связано; технологические простои бывают вызваны снижением напряжения более чем на 15 процентов либо т.н. «скачками», т.е. кратковременным перебоем энергоснабжения.

В течение небольшого временного промежутка наиболее значимые производственные процессы могут обеспечиваться электроэнергией за счёт применения так называемых ИБП, т.е. источников бесперебойного питания; благодаря таким источникам, можно, например, корректно отключить чувствительную к колебаниям напряжения аппаратуру [5, с.23].

Рабочее время электропитания в аварийном режиме на практике определяется ёмкостью и нагрузками энергонакопителей. Так, в качестве накопителей в ИБП PCS 100 UPS-I выступают суперконденсаторы или снабжённые спиральными электродами аккумуляторы, изготовленные из свинца, тогда как связующим оборудованием выступает инвертор, за счёт чего при перепадах напряжения в сети нагрузка ещё в течение полуминуты остаётся в рабочем режиме.

ДКИН или динамический компенсатор искажения напряжения – это устройство, в котором предусматривается 2-кратное преобразование напряжения. Вход ДКИН подключается к системе снабжения электроэнергией, а выход подключается к нагрузке через регулируемый инвертор и ВДТ, на котором вторичная обмотка включена последовательно с нагрузкой, и напряжение в ней возмещает возникающие в системе перепады [2].

Основанные, как и ИБП, на работе инвертора, ДКИН демонстрируют весьма высокую скорость и почти стопроцентное значение КПД; вместе с тем, для размещения ДКИН, в сравнении с ИБП, требуется намного меньше площади (разница почти 5-кратная). Преимущество ДКИН для потребителя обусловлено также тем, что, благодаря отсутствию накопителей энергии, его стоимость существенно ниже [6, с.3].

При помощи трансформаторов тока измеряется ток нагрузки, который анализируется ЦСП для определения картины спектра гармоник. Полученные данные используются генератором тока ррдля производства и инъекции в сеть именно такой гармонической величины (по амплитуде, форме и фазе), которая необходима для компенсации искажений нагрузки в следующем цикле синусоиды тока.

Большую долю ответственности за снижение качества электроэнергии сегодня несут не типовые нелинейные нагрузки (вентильные преобразователи, дуговые печи, сварочные установки и т.д.), достаточно мощные, но контролируемые энергетическими подразделениями предприятий с устранением негативов их влияния на локальную/магистральную сеть с помощью устройств компенсации реактивной мощности, без которого на текущий момент не обходится ни одно современное предприятие [7, с.22].

На сегодняшний день, для внедрения вышеописанного комплекса мероприятий основное препятствие состоит в необходимости определения дополнительных финансовых источников обеспечения программ энергосбережения. Потребитель, который заинтересован в повышении надёжности электросетей, согласно нормам действующего законодательства, вправе за дополнительную плату изменить категорию электроснабжения, но необходимого уровня надёжности при этом удаётся достичь далеко не во всех

случаях. Вместе с тем, наблюдается и обратная ситуация – категория надежности потребительских электроустановок оказывает значительное влияние на величину оплаты присоединения к электросети, в силу чего потребитель при заключении соответствующего договора заинтересован в том, чтобы значение указанного показателя было снижено.

### Список использованной литературы

1. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
2. ГОСТ-Р54149 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
3. Анчарова, Т.В. Электроснабжение и электрооборудование.: Учебник / Т.В. Анчарова, М.А. Рашевская, Е.Д. Стебунова. - М.: Форум, 2018. - 48 с.
4. Воротницкий В. Э., Заслонов С. В., Калинин М. А. Расчет, нормирование и снижение потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям. М. : ВНИИЭ, 2016.
5. Железко Ю. С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: Руководство для практических расчетов. М. : ЭНАС, 2019.
6. Малый А.С. Выравнивание нагрузки и емкостная компенсация погрешностей трансформаторов напряжения, включенных по схеме открытого треугольника.// Электрические станции, 2018, №9.
7. Раскулов Р.Ф. Трансформаторы напряжения 3-35 кВ. Метрологические функции первичны. // Новости электротехники, №6(42), 2018. С 58-60.
8. Сибикин, Ю.Д. Электроснабжение / Ю.Д. Сибикин. - М.: Радио и связь, 2018. - 328 с.