

УДК 623.44

## ВОПРОСЫ ПОСТРОЕНИЯ И РЕКОНСТРУКЦИИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

**Копейкина Т.В.**

*Камышинский технологический институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный технический университет», Камышин, e-mail: kopeikina.tania@yandex.ru*

В настоящей статье приведена информация о необходимости комплексного подхода к вопросу построения и реконструкции распределительных сетей 0,4-35 кВ. Рассмотрена цель исследования, где внимание уделяется основным проблемам, существующим при эксплуатации распределительных сетей. Отражены результаты исследования с указанием основных положений и новых подходов к построению и реконструкции распределительных электрических сетей. Проведена работа по анализу существующих проблем в эксплуатации распределительных сетей. Отдельное внимание уделяется вопросу выбора типа силового трансформатора в зависимости от способа регулирования напряжения, т.к. технико-экономическая эффективность эксплуатации силовых трансформаторов определяется не только их конструктивными параметрами, но и тем, как соблюдаются уровни напряжения во взаимосвязанных элементах цепи «внешний источник относительно сети 10(6) кВ – линии 10(6) кВ – трансформаторы 10(6)/0,4 кВ – линии 0,4 кВ – потребитель». В выводе проведенных исследований изложены подходы к построению распределительных электрических сетей напряжением 0,4-35 кВ, а также приведены перспективы внедрения предлагаемого проекта.

**Ключевые слова:** распределительные электрические сети, электрическая энергия, передача, потери, трансформатор, реконструкция, напряжение

## QUESTIONS OF CONSTRUCTION AND RECONSTRUCTION OF DISTRIBUTION NETWORKS

**Kopeikina T.V.**

*Kamyshin Technological Institute (branch) of Volgograd State Technical University, Kamyshin, e-mail: kopeikina.tania@yandex.ru*

This article presents information about the need for a comprehensive approach to the issue of construction and reconstruction of distribution networks 0,4-35 kV. The purpose of the research, which focuses on the main problems existing in the operation of the electricity distribution networks. Reflects the results of a study indicating main provisions and new approaches to the construction and reconstruction of distribution electric networks. Conducted analysis of existing problems in the operation of distribution networks. Special attention is paid to the issue of election of the type of power transformer depending on the method of voltage regulation, as technical and economic efficiency of operation of power transformers is determined not only by their design parameters, but also by how the observed voltage levels in an interrelated circuit elements «external source on the network 10(6) kV – lines 10(6) kV – transformers 10(6)/0,4 kV 0,4 kV power line – the consumer. In conclusion of the conducted research describes the approaches to the construction electrical distribution networks with voltage of 0.4-35 kV, and includes the perspectives of implementation of the proposed project.

**Key words:** the electrical distribution network, electrical energy, transmission losses, transformer, reconstruction, voltage

В настоящее время распределительным электрическим сетям напряжением 0,4-35 кВ уделяется не достаточное количество внимания, что является причиной неэффективной работы и замедляет развитие этих сетей, приводит к ускоренному их износу и существенным трудностям, относительно присоединения к ним новых мощностей потребителей.

Как известно, эффективность экономики напрямую зависит от работоспособности распределительных электрических сетей среднего и низкого уровня напряжения. Ведь электроснабжение разных групп потребителей (промышленность, ЖКХ, сельское хозяйство, быт и т.п.) осуществляется от этих сетей, протяженность которых составляет около 90 % сетей всех классов напряжения, а мощность распределитель-

ных установок, к которым присоединены непосредственно указанные потребители, составляет свыше 50% установленной мощности на трансформаторных подстанциях всех электропередающих организаций.

### Цель исследования

Технологические потери электроэнергии в электрических сетях напряжением 35 кВ, 6-10 кВ и 0,4 кВ составляют соответственно в пределах 4-5%, 8-9% и 10-12% объемов ее пропуска по этим электросетям. В то же время многие электросети напряжением 0,4-35 кВ находятся в эксплуатации свыше 50 лет, поэтому морально и физически устарели. Свыше 40% линий электропередачи находятся в неудовлетворительном техническом состоянии, нуждаются в капитальном ремонте, реконструкции и замене.

Электрооборудование некоторых подстанций напряжением 6-35 кВ отработало свой срок службы. Вопрос недоотпуска электроэнергии в электрических сетях напряжением заслуживает особого внимания

Необходимость проведения работы по реконструкции электрических сетей 0,4-35 кВ с обязательным применением передовых мировых и отечественных наработок в области электрооборудования и новых подходов к построению схем электроснабжения потребителей на этих классах напряжения не вызывает сомнения.

### Результаты исследования и их обсуждение

Основные положения новых подходов к построению распределительных электрических сетей напряжением 0,4-35 кВ должны состоять в следующем:

1. Вместо магистралей электрических сетей напряжением 6-10 кВ сооружаются магистрали и перемычки электрических сетей 35 кВ с учетом их пропускной способности. С помощью вакуумных реклоузеров 35 кВ формируются замкнутые схемы электроснабжения с присоединением магистралей 35 кВ к разным источникам питания и с заходами их к каждому перспективному сельскому населенному пункту.

2. Неперспективные сельские населенные пункты запитываются ответвлениями от магистралей (перемычек) 35 кВ путем присоединения существующих электросетей 6-10 кВ к ближним упрощенным распределительным установкам напряжением 35/10 кВ.

3. В населенных пунктах устраиваются упрощенные транзитные и тупиковые распределительные установки 35/6-10 кВ, 35/6-10/0,4 кВ и 35/0,4 кВ на базе вакуумных реклоузеров напряжением 35 кВ.

4. Предприятия малого и среднего бизнеса присоединяются к электрическим сетям 35 кВ по схеме «глубокий ввод».

5. Функции существующих электрических сетей 6-10 кВ суживаются к распределению нагрузки в основном между бытовыми потребителями населенного пункта с устройством с помощью вакуумных реклоузеров 10 кВ кольцевых схем с АВР и упрощенных столбовых трех- и однофазных трансформаторных пунктов.

6. Электрические сети 0,4 кВ строятся протяженностью до 0,5 км с устройством их на опорах электросети 6-10 кВ и использованием упрощенных распределительных установок 35/0,4 кВ, 6-10/0,38 кВ и однофазных трансформаторов 10/0,22 кВ.

7. Автоматизированная система управления электрической сетью напряжением

6-35 кВ осуществляется с помощью вакуумных реклоузеров на эти классы напряжений, которые обеспечены средствами релейной защиты и автоматики, а также соответствующим программным обеспечением, осуществляющее децентрализованное управление автоматикой распределительных электрических сетей с ведением в реальном времени протоколов по параметрам их работы, согласно требованиям нормативных документов для таких систем.

Отдельное внимание необходимо уделить вопросу выбора типа силового трансформатора в зависимости от способа регулирования напряжения. Техничко-экономическая эффективность эксплуатации силовых трансформаторов определяется не только их конструктивными параметрами, но и тем, как соблюдаются уровни напряжения во взаимосвязанных элементах цепи «внешний источник относительно сети 10(6) кВ – линии 10(6) кВ – трансформаторы 10(6)/0,4 кВ – линии 0,4 кВ – потребитель».

Трансформаторы 10(6)/0,4 кВ оснащаются устройствами ПБВ – переключения ответвлений обмоток высшего напряжения без возбуждения. Такие устройства предназначены для выполнения функций поддержания нормированных уровней напряжения в случаях установки трансформаторов в местах сети с постоянным или возникающим из-за сезонных изменений мощности нагрузки отклонением напряжения.

Однако, во-первых, по достоверным сведениям, приводом ПБВ многих трансформаторов 10(6)/0,4 кВ за все время эксплуатации мало кто пользовался. Во-вторых, для современных распределительных сетей с их общеизвестными, заложенными уже на стадии проектирования недостатками далеко не всегда установка ПБВ-трансформатора на ответвление его первичной обмотки, удовлетворяющее предпочтительному уровню напряжения, положительно сказывается на экономических показателях эксплуатации сети.

При относительно больших отклонениях напряжения в сети 0,4 кВ, вызванных суточными колебаниями нагрузки, и неизменном коэффициенте трансформации питающего трансформатора появляется ряд отрицательных моментов. Как правило, с целью поддержания необходимого напряжения у потребителей протяженных линий 0,4 кВ, ПБВ конкретного трансформатора 10(6)/0,4 кВ устанавливается в положение, отвечающее меньшему коэффициенту трансформации. После спада дневного и особенно вечернего максимума даже с учетом регулирующего эффекта питающей подстанции, где имеется такая возмож-

ность, напряжение на рассматриваемом трансформаторе повышается минимум на 5% относительно номинального для данного ответвления первичной обмотки. А часто оно бывает и выше с известными последствиями увеличения потерь холостого хода, особенно в условиях питания сети 10(6) кВ от подстанции с трансформаторами 35/10(6) кВ, оснащенными ПБВ.

Соответствующее этому режиму сети напряжение питания оставшихся включенными отдельных потребителей (двигатели, освещение, технологические установки и др.) приводит к ускорению их износа и неоправданному перерасходу электроэнергии.

Кроме ущерба от потерь и превышения потребления энергии, существенен урон и от пониженной надежности трансформаторов с ПБВ. Опыт эксплуатации силовых трансформаторов напряжением 10(6)/0,4 кВ свидетельствует о том, что до 50% их повреждений напрямую или косвенно связаны с наличием ответвлений высоковольтной (первичной) обмотки. К таким повреждениям относятся: дефекты контактных соединений переключателя и нарушение их термической стойкости; снижение электрической прочности изоляции в местах вывода из обмотки проводов ответвлений; недостаточная динамическая прочность обмоток высокого напряжения (особенно изготовленных с применением круглого алюминиевого провода). Отметим, что лучшими технико-экономическими показателями, по комплексной оценке, обладают трансформаторы данного класса с обмотками низкого напряжения из алюминиевой фольги, а высокого – из медного провода прямоугольного сечения.

В целом применение трансформаторов, оснащенных ПБВ, в сетях 10(6)/0,4 кВ является убыточным и для изготовителей трансформаторов, и для организаций, эксплуатирующих сеть, и для потребителей электроэнергии.

Взамен ПБВ распределительного трансформатора, по моему мнению, следовало бы применять с известной выгодой (уменьшение потерь энергии в трансформаторе и линии электропередачи 10(6) кВ; возможность частичного регулирования напряжения в сети 0,4 кВ) автоматически регулируемые установки компенсации реактивной мощности на шинах 0,4 кВ подстанций 10(6)/0,4 кВ.

Как известно, при применении трансформаторов с РПН по мере увеличения потребляемой мощности автоматика РПН будет поддерживать напряжение на уровне требуемых значений, и, возможно, в контролируемых удаленных точках сети напряже-

ние достигнет заданной величины.

Однако вполне вероятно, что напряжение на зажимах, расположенных вблизи подстанции потребителей, в режиме максимальных нагрузок превысит границу 1,05 УН, увеличивая количество бесполезно затраченной энергии. Также возрастут потери мощности в линиях сети 0,4 кВ, а в силовых трансформаторах – не только в стали, но и нагрузочные.

Целесообразно предусмотреть варианты построения распределительной сети последней ступени трансформации напряжения, когда в режимах максимальных и минимальных мощностей нагрузок отклонение напряжения на зажимах токоприемников оставалось бы в пределах  $-5/+2,5\%$  УН. В таких сетях указанные пределы отклонений обеспечиваются РПН предпоследней ступени трансформации подстанций 110(35)/10(6) кВ в функции источников питания сетей 10(6) кВ.

Что касается трансформаторов 35/10(6) кВ с РПН, то с учетом перспективы (сейчас большинство трансформаторов этого класса напряжения оснащены ПБВ) широкого использования в сетях, где отклонения напряжения должны быть минимальными, необходимо иметь ввиду следующее. Как правило, РПН имеет 9 положений  $+/-2,5\% \cdot 4$  с пятым средним положением 35 кВ, позволяющих получить на выходе 10,5(6,3) кВ при напряжениях входа 31,5–38,5 кВ. Но в эксплуатации 4 положения 31,5–34,125 кВ практически не используются. Более того, в положении 31,5 кВ в режиме передачи затребованной потребителем мощности (а РПН для этого и предназначено), при поддержании неизменным напряжения на шинах 10(6) кВ, существенно увеличиваются потери энергии в питающей линии 35 кВ по сравнению с режимом, когда эта мощность передавалась бы на напряжении 38,5 кВ.

Потери в первичной обмотке трансформатора при переходе от 31,5 до 38,5 кВ снижаются ориентировочно в 1,2 раза, в линии 35 кВ – почти в 1,5 раза. Поэтому, уменьшив число положений РПН до семи и размер одного ответвления до 1,5% начиная от нижнего, равного номинальному напряжению в пределах 35–38,15 кВ, достигается повышение надежности функционирования самого РПН за счет некоторого упрощения конструкции и снижения величины коммутируемого переключателем тока. Также обеспечиваются желаемые пределы отклонения напряжения у потребителя в сети 0,4 кВ, минуя процедуру регулирования напряжения в сети 10(6) кВ.

### Выводы

Таким образом, принципиально новые подходы к построению распределительных электрических сетей напряжением 0,4-35 кВ предоставят возможность:

1. Сделать первый шаг к созданию интеллектуальных электрических сетей 0,4-35 кВ, что обеспечит бесперебойное, качественное и экономически эффективное электроснабжение потребителей.

2. Уменьшить протяженность электросети 0,4 кВ и 6-10 кВ по сравнению с их объемами, находящимися в эксплуатации на начало 2013 года.

3. Существенно снизить финансовые затраты на строительство и обслуживание электросетей 0,4-35 кВ за счет оптимизации их протяжности и применения упрощенных схем распределительных установок с новейшим, более надежным электрооборудованием и устройствами, имеющими низкие показатели затрат на монтаж и обслуживание.

4. Довести величину технологических потерь электроэнергии в электросетях 0,4-35 кВ до уровня 5-6% объема отпуска электроэнергии в эту сеть, при сегодняшнем уровне в этих сетях - 12%, путем использования в схемах электроснабжения потребителей более высокого класса напряжения, обеспечения оптимальных режимов работы

и количественных и качественных показателей электросети.

5. Уменьшить потери напряжения на 72% и потери мощности на 92% за счет внедрения сети 35 кВ вместо сети 10 кВ.

Кроме того, завершается работа над типовыми проектными решениями относительно использования вакуумных выключателей (реклоузеров) внешней установки напряжением 35 кВ на новых и существующих подстанциях и воздушных линиях электропередачи напряжением 35 кВ.

Реализации проекта по реконструкции распределительных электрических сетей нуждается в серьезных научных исследованиях и проектных решениях, создании методических нормативных документов относительно внедрения новых подходов к построению электрических сетей 0,4-35 кВ, привлечении значительных материальных и человеческих ресурсов и, как следствие, финансовых инвестиций. Поэтому в реализации данной программы должны принять участие все участники энергосистемы.

### Список литературы

1. Журнал: Электротехнический рынок. №4 (64-66) Июль-Август 2015.
2. Назаров В.В. Распределительные трансформаторы 10(6)/0,4 кВ // Новости ЭлектроТехники. 2013. № 6(84).
3. Журнал «Электрические сети и системы» №5, 2013 г.