

А. А. МИРОШНИК, канд. техн. наук; доц., ХНТУСГ, Харьков

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ИССЛЕДОВАНИЮ НЕСИММЕТРИИ В СЕТЯХ 0,38 кВ

В статье описаны исследования вопросов энергосбережения и улучшения качества электрической энергии в низковольтных сетях 0,38 кВ, в частности проблемы снижения несимметрии токов и напряжений в этих сетях.

В статті описані дослідження питань енергозбереження та покращення якості електричної енергії в низьковольтних мережах 0,38 кВ, зокрема проблеми зниження несиметрії струмів та напруг в цих мережах.

In clause the researches of questions of the powersavings and improvements of quality of electrical energy in low-voltage networks 0,38 kV, namely problem of decrease no symmetry of currents and voltage in these networks are described.

Постановка проблемы. В современных условиях развития электрификации сельского хозяйства, характеризующейся увеличением мощностей нагрузок сельскохозяйственных предприятий, развитием электротехнологии и автоматизации технологических процессов, а также повышением степени использования электрического оборудования, следует уделять особое внимание наиболее эффективному использованию электрической энергии.

Анализ последних исследований и публикаций. Эффективность использования электрической энергии определяется в основном созданием таких условий её потребления, при которых обеспечивается требуемое качество электрической энергии (КЭЭ) и минимум производительных потерь. Актуальность вопроса улучшения качества и уменьшения потерь электрической энергии особенно возрастает в условиях объективно-несимметричной работы электроприёмников в сельских распределительных сетях напряжением 0,38 кВ.

Цель, задачи исследования. Обосновать пути снижения несимметрии токов и напряжений в сетях 0,38 кВ.

Основной материал исследований. Одним из способов достижения поставленной цели является воздействие на показатели качества электрической энергии (ПКЭ), Нормы и качество электрической энергии регламентирует ГОСТ 13109-97, который устанавливает нормально и предельно допустимые значения в электрических сетях систем электроснабжения общего назначения переменного трёхфазного и однофазного тока частотой 50 Гц [1]. К одним из основных ПКЭ в распределительных сетях 0,38 кВ относят коэффициенты несимметрии обратной и нулевой последовательностей напряжения (нормированные значения составляют: 2 % –

нормальное и 4 % – предельно допустимое) и отклонение напряжения ($\pm 5\%$ – нормальное, $\pm 10\%$ – предельно допустимое) [1].

Качество электрической энергии у потребителей, наряду с надёжностью электроснабжения, является одной из важных характеристик электрических сетей при рассмотрении вопроса эффективного электропотребления. Низкое качество электрической энергии оказывает существенное влияние, как на рабочие, так и на технико-экономические характеристики элементов сети и характеристики электроприёмников. При ухудшении качества напряжения, повышается нагрев элементов сети, увеличиваются потери мощности. Кроме того, происходит снижение эксплуатационной надёжности и сокращение срока службы электродвигателей, возникает ряд отрицательных электромагнитных явлений в сетях, увеличиваются дополнительные потери электрической энергии, обусловленные несимметрией токов. Например, около 4 % всей потребляемой сельским хозяйством электрической энергии дополнительно теряется в асинхронных электродвигателях при их работе в сетях с постоянно несимметричной системой напряжений, возникающей вследствие несимметрии токов. Так увеличение напряжения на 10 % ведет к возрастанию светового потока и освещенности рабочей поверхности до 40 % и уменьшению срока службы ламп накаливания втрое, к увеличению потребления реактивной мощности сети, что снижает коэффициент мощности. Уменьшение напряжения сети на 10 % приводит к уменьшению светового потока ламп накаливания до 40 % и уменьшению момента вращения электродвигателя на 20 % [2].

В зарубежных развитых странах обеспечение показателей качества электрической энергии в сети, приемлемых для потребителей, требует значительных затрат денежных средств и материалов. На настоящее время наблюдается неуклонный процесс снижения инвестиций в энергетику, что, в совокупности с низкой эффективностью использования уже поступивших инвестиций, приводит к недопустимому сокращению ввода новых и замещающих мощностей.

При продолжении этих тенденций уже в недалеком будущем электроэнергетическая отрасль может столкнуться с кризисом, который окажет негативное влияние на экономику и население страны [3].

Поэтому в настоящее время выбор правильных решений по развитию электроэнергетики, механизмов и структуры её управления имеет ключевое значение для будущего не только энергетики, но и всей экономики страны в целом. Существенно возросла цена на сооружение высоковольтных ЛЭП. Во многих регионах страны ставится вопрос об оплате стоимости отводимой под пролёты опор участков земли, а также арендной плате земельного коридора вдоль линии. В связи с этим наиболее целесообразным является более рациональное использование инвестиций при строительстве новых и реконструкции старых ЛЭП. Решение этого вопроса может быть осуществлено путём максимального использования

линий электропередачи за счёт увеличения их пропускной способности и управления передаваемой по ним мощности, а также глубокого и тщательного анализа структуры передаваемой электроэнергии, её качества и возникающих потерь.

Однако, для правильной оценки эффективности использования энергии необходим более глубокий анализ режимов работы сельских сетей 0,38 кВ, а также разработка совершенных методов расчёта показателей КЭЭ.

Многочисленные исследования, посвященные анализу режимов работы сельских сетей низкого напряжения [4, 5] показали, что несимметрия токов обусловлена работой коммунально-бытовой нагрузки, основную часть которой составляют неравномерно распределённые однофазные электроприёмники, имеющие случайный характер включения. При общем рассмотрении сети 0,38 кВ можно выделить следующие несимметричные режимы работы:

1. Режимы, возникающие при аварийных ситуациях (короткое замыкание, потеря фазы).
2. Режимы, вызванные неравномерным распределением однофазных потребителей (систематическая или неслучайная несимметрия),
3. Режимы, возникающие при случайном характере включений и отключений, однофазных электроприёмников в течение суток (вероятностная несимметрия).
4. Неполнофазные (двух- и однофазные) режимы работы распределительных сетей.

С каждым годом в сельских распределительных сетях 0,38 кВ наблюдается рост коммунально-бытовых нагрузок. Причём увеличивается, как правило, мощность однофазных потребителей (электронагревательные приборы, электрочайники и т.п.). Следствием этого является увеличение несимметрии токов и напряжений, то есть значений их симметричных составляющих обратной и нулевой последовательностей. Например, ток обратной последовательности в трёхфазных асинхронных электродвигателях может достигать больших значений даже при малых значениях напряжения обратной последовательности (из-за небольшого сопротивления обратной последовательности). Это приводит к дополнительно нагреву электродвигателей, быстрому старению изоляции и сокращению сроков их службы. В низковольтных сетях из-за несимметрии нагрузок и неравномерности графика потребления значительно увеличиваются потери мощности, ухудшается качество электрической энергии у потребителей (в низковольтных сетях потеря электрической энергии по расчёту должна быть 2...3 % от передаваемой мощности, в действительности она составляет 12 ..18 %). По причине несимметрии напряжений в сети суммарные добавочные потери мощности в двигателях равны 37,3 % от суммарных потерь в этих же машинах, если они работают при средней на-

грузке и номинальном напряжении. Несимметрия токов приводит к возрастанию потерь мощности и энергии в сетях на 30...50 %, по сравнению с симметричным режимом [2]. Кроме того, причиной низкого качества электрической энергии в сельских сетях 0,38 кВ является высокий уровень реактивной мощности ($\cos\varphi = 0,6...0,8$), появление которой связано с применением большого числа асинхронных электродвигателей и отсутствием соответствующих компенсирующих устройств.

Несимметрия напряжений отрицательно влияет на работу практически всех электроприёмников. Например, при работе асинхронных двигателей, в условиях несимметрии нагрузок, наблюдается сбой в системе автоматического управления и контроля, уменьшается вращающий момент, появляется вибрация, сокращается срок службы почти вдвое. Кроме того, при несимметрии напряжений ухудшается работа конденсаторных установок, а также средств релейной защиты и автоматики. Напряжение, не удовлетворяющее требованиям ГОСТа 13109-97, причиняет значительный материальный ущерб, ухудшает технико-экономические показатели работы системы электроснабжения в целом. Поэтому, наряду с разработкой точных методов оценки неблагоприятного влияния несимметрии токов и напряжений на режимы работы сельских распределительных сетей 0,38 кВ, актуальной является проблема разработки средств выравнивания режима электропотребления и симметрирования фазных нагрузок.

Уменьшения потерь и повышения качества электроэнергии можно добиться разными способами и средствами [1-3]. При этом каждый из них имеет свои достоинства и недостатки. Например, применением такого способа, как перераспределение однофазных нагрузок не удастся минимизировать случайную несимметрию токов (хотя дополнительные потери мощности снижаются на 15 – 20 %). К тому же случайная несимметрия токов характеризуется вероятностным режимом работы присоединённых однофазных приёмников и является постоянно действующим фактором в сетях 0,38 кВ даже при одинаковой суммарной мощности фаз.

Стремление к сокращению протяжённости распределительных сетей может привести к их формированию, как разветвлённых радиальных сетей. Такие сети, как известно, имеют ряд особенностей. Во-первых, токовые нагрузки одной и той же линии, например, в начале её и в конце, резко различны, что может приводить к затруднениям при выполнении чувствительной защиты распределительных сетей от коротких замыканий. Во-вторых, существенно отличаются между собой значения напряжения в различных точках сети, что является одной из основных причин, усложняющих задачу обеспечения надлежащего качества электрической энергии у потребителей,

В настоящее время несимметричные режимы работы сельских распределительных сетей 0,38 кВ изучены не в полной мере в связи с трудностями, возникающими при экспериментальных исследованиях в дейст-

вующих сетях, и отсутствием современных методов расчёта этих режимов. Для получения более точных результатов, при проведении экспериментальных исследований, требуется регистрация значительного числа параметров (девяти и более), а также наличие высокоточной многоканальной измерительной аппаратуры. Усложняет решение этой задачи и то, что регистрация параметров необходима в многочисленных точках сети. Отсутствие достоверной и полной информации о режиме работы сети не позволяет обеспечить эффективные меры по снижению уровня несимметрии токов и напряжений.

Выводы. Таким образом, решение задач энергосбережения и улучшения качества электрической энергии в низковольтных сетях 0,38 кВ тесно связано с решением проблемы снижения несимметрии токов в этих сетях. Поэтому актуальным и своевременным является рассмотрение вопросов, связанных с разработкой способов снижения несимметрии токов и подготовкой практических рекомендаций использования мероприятий по уменьшению потерь электрической энергии.

Список литературы: 1. ГОСТ 13109-97. Норми якості електричної енергії в системах електропостачання загального призначення. 2. *Сирота И.М.* Режимы нейтрали электрических сетей / *И. М. Сирот., С.Н. Кисленко, А.М. Михайлов.* – К. : Наукова думка, 1985. – 264 с. 3. *Стогний Б. С.* Анализ эффективности существующих режимов нейтрали сетей 6-35 кВ в энергетике / *Б.С. Стогний, В.В. Масляник, В.В. Назаров* // Научно-прикладный журнал «Технічна електродинаміка». – К., 2002. – №3. – С. 37–41. 4. *Пивняк Г. Г.* Несимметричные повреждения в электрических сетях карьеров: Справочное пособие / *Г.Г. Пивняк, Ф.П. Шкрабец.* – М. : Недра, 1993. – 192 с. 5. *Самойлович И. С.* Режимы нейтрали электрических сетей карьеров. – М. : Недра, 1976. – 175 с.

Поступила в редколлегию 03.11.10