

## ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Асп. М.М. Таранов (МГАУ им. В.П. Горячкина)

Система электроснабжения сельского хозяйства является частью Единой энергетической системы (ЕЭС) России. Особенностью сельскохозяйственного электроснабжения является необходимость проводить электроэнергию к огромному числу сравнительно маломощных объектов, рассредоточенных на большой территории. В результате сельские сети характеризуются большой протяженностью и малой плотностью нагрузки ( $2 \dots 20$  кВт/м<sup>2</sup>) [1].

Среди сельских потребителей есть крупные, обеспечивающие производство сельскохозяйственной продукции на промышленной основе и мелкие, домохозяйства и предприятия жилищно-коммунального хозяйства.

Обеспечение требуемого качества электроэнергии, надежности и экономичности электроснабжения, на сегодняшний день, основные задачи сельского электроснабжения.

Электрическая энергия является товаром, подлежащим обязательной сертификации, в соответствии со статьей 7 Закона РФ «О защите прав потребителей» Постановление правительства от 13 августа 1997 г. №1013 «Перечень товаров, подлежащих обязательной сертификации». Качество электрической (КЭ) энергии определяется ГОСТ 13109-97 [2].

При контроле КЭ в сельских электрических сетях особое внимание обращается на следующие показатели КЭ (ПКЭ): отклонение частоты, установившееся отклонение напряжения, коэффициенты несимметрии напряжения по обратной и нулевой последовательности, коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения и коэффициент  $n$ -ой гармонической составляющей напряжения. Исследования проводились в сетях Московской области, Краснодарского края и Ростовской области. При проведении измерений использовались сертифицированные, внесенные в государственный реестр средств измерения приборы: «ЭРИС КЭ – 01», «Энергомонитор-3.3Т» (ЭМ-3.3Т), «НЮКИ 9624-50», в соответствии с требованиями [3].

Отклонение частоты,  $\Delta f$ . Под отклонением частоты понимают разницу между ее фактическим и номинальным значением. В соответствии с требованиями ГОСТ, отклонение частоты, не должно превышать  $\pm 0,2$  Гц в нормально допустимом режиме (т.е. 95 % времени суток) и  $\pm 0,4$  Гц в предельно допустимом режиме. В результате проведения контроля КЭ в сельских электрических сетях не было зафиксирова-

но превышение значения отклонения частоты требованиям стандарта. Это объясняется тем, что данный ПКЭ зависит от баланса активной мощности в электроэнергетической системе и на него оказывают влияние предприятия осуществляющие производство электрической энергии, а система электроснабжения сельского хозяйства в первую очередь обеспечивает распределение электроэнергии.

Установившееся отклонение напряжения,  $\delta U$ . Под установившемся отклонением напряжения понимают разницу между действующим значением напряжения и номинальным напряжением сети выраженную в процентах. Нормально допустимые и предельно допустимые значения установившегося отклонения напряжения, на выводах приемников электрической энергии, равны соответственно  $\pm 5$  и  $\pm 10$  %.

Контроль КЭ [4] показал несоответствие этого ПКЭ в 91 – 100 % случаев, для электрических сетей напряжение 0,38 и 10 кВ соответственно. Такое положение дел имеет несколько причин:

1) Устройства регулирования под нагрузкой (РПН) на трансформаторах центров питания не работают или работают не правильно, что приводит к не выполнению закона встречного регулирования напряжения. С увеличением нагрузки в периоды максимального потребления напряжения падает, а при падении нагрузки возрастает.

2) В соответствии с требованиями ПУЭ [5] длина отходящих от ТП 10/0,4 линий электропередачи 0,38 кВ (ЛЭП), должна быть не более 500 м., однако натуральные исследования показали, что средняя длина ЛЭП, составляет 1,1 км. Падение напряжения вдоль таких протяженных ЛЭП приводит к невозможности обеспечения требований ГОСТ на зажимах наиболее удаленного и наиболее приближенного к ТП потребителя одновременно.

Коэффициенты несимметрии напряжения по обратной и нулевой последовательности,  $K_{2U}$ ,  $K_{0U}$  – характеризуют трехфазную систему напряжений основной частоты по отклонению фазных (междуфазных) напряжений от симметричного напряжения. Нормально допустимые и предельно допустимые значения этих ПКЭ составляют 2 и 4 % соответственно. Коэффициент несимметрии напряжения по нулевой последовательности установлен для 3-х фазной, 4-х проводной сети с номинальным напряжением 0,38 кВ.

Исследования в действующих электрических сетях показали, что для сети 10 кВ коэффициент несимметрии по обратной последовательности превышает требования стандарта в 7 % случаев, а для сети 0,38 кВ – 3 %. Гораздо хуже обстоят дела с коэффициентом несимметрии по нулевой последовательности, несоответствие стандарту зафиксировано в 44 % случаев.

Виновниками искажения симметрии напряжений, в сельских электрических сетях, являются мощные однофазные нагрузки, несимметричная загрузка трансформаторов по фазам, а так же случайных характер включения электропотребителей коммунально-бытового сектора.

Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения и коэффициент  $n$ -ой гармонической составляющей напряжения,  $K_U$ ,  $K_{U(n)}$  - характеризуют искажение формы кривой напряжения относительно синусоидальной и процентное соотношение каждой из нормируемых гармоник по отношению к основной.

Результаты анализа показали, что по коэффициенту искажения синусоидальности кривой напряжения КЭ не соответствует требованиям в 7 % случаев, а для коэффициента  $n$ -ой гармонической составляющей напряжения в 17 и 34 % случаев для сетей 10 и 0,38 кВ соответственно. Большинство нарушений зафиксировано для 3, 15 и 21 гармоник.

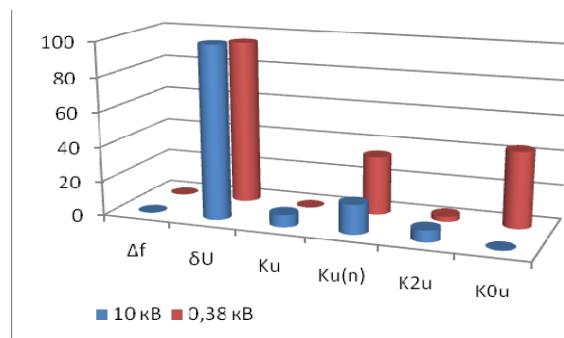
Причиной низкого КЭ по приведенным показателям является то, что значительную долю нагрузки современных сельских электрических сетей представляют электроприемники с нелинейной вольт-амперной характеристикой. Такие электроприемники потребляют ток, форма которого существенно отличается от синусоидальной. Протекание несинусоидального тока по элементам сети создает в них падение напряжения, что и является причиной искажения синусоидальности кривой напряжения в той или иной точке. Искажения напряжения в узлах электрической сети, обусловленные протеканием токов искажения, зависят от параметров данной сети (активных и индуктивных сопротивлений ЛЭП и трансформаторов, мощности короткого замыкания и т.д.).

В сельских электрических сетях нелинейный характер потребления имеют: газоразрядные лампы, установки электродуговой и контактной сварки, приборы, имеющие в своем составе преобразователи переменного тока в постоянный (выпрямители), системы бесперебойного питания, импульсные источники питания, преобразователи частоты, двигатели с регулируемой скоростью вращения и т.д.

Ток намагничивания трансформатора, также является несинусоидальным и содержит 3, 5 и 7-ую гармоники [6].

Современные жилые дома сельскохозяйственных районов имеют значительное количество современных электроприборов с нелинейными вольтамперными характеристиками.

Результаты контроля качества электроэнергии представлены на рис 1 в виде диаграммы [4].



**Рис. 1. Результаты контроля качества электроэнергии в сельских электрических сетях**

### Выводы

Контроль КЭ показал, что требования ГОСТ 13109-97 в большинстве случаев не соблюдаются по установленному отклонению напряжения и не редко не соблюдаются по искажению симметрии и синусоидальности напряжения.

Виновниками несоответствия ПКЭ требованиям ГОСТ 13109-97 являются, как электроснабжающие организации (установившееся отклонение напряжения, несимметрия напряжения), так и потребители электроэнергии (несинусоидальность напряжения).

### Литература

1. Лещинская Т.Б., Наумов И.В. Электроснабжение сельского хозяйства.- КолосС, 2008. – 655 с.
2. ГОСТ 13109 – 97. Электрическая энергия. Совместимость электрических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Минск.: Изд-во стандартов, 1998.
3. Методические указания по контролю и анализу качества электрической энергии в электрических сетях общего назначения (РД 153-34.0-15.501-00).
4. Качество электроэнергии в муниципальных сетях Московской области / Карташев И.И., Пономаренко И.С. и др.- // Промышленная энергетика -2003, №5, с. 43-45.
5. Правила устройства электроустановок. 7-е изд. М.: Главгосэнергонадзор России, 2001.
6. Кучумов Л.А., Кузнецов А.А.. Методика расчёта высших гармоник токов намагничивания понижающих трансформаторов. // Электричество. №3/1998.