

**НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ СО
ЗНАЧИТЕЛЬНЫМИ ГОРОДСКИМИ НАГРУЗКАМИ**

Характерной особенностью энергосистем является их иерархический принцип построения. В связи с ним системы электроснабжения разных потребителей электроэнергии более или менее опосредовано взаимосвязаны с помощью подстанций энергосистем и линий электропередач разных классов напряжений с источниками питания и друг с другом. Одним из видов такой взаимосвязи является взаимосвязь по параметрам режимов и, в частности, по показателям качества электроэнергии [ПКЭ]. Отдельные электроприемники могут влиять друг на друга и на энергосистему, а последняя - на эти электроприемники [1,2,3]. Поэтому состояние качества электроэнергии на зажимах потребителей электроэнергии зависит не только от ряда характеристик самих потребителей, но и в определенной степени от состояния качества электроэнергии в сетях разных классов напряжения энергосистем. В связи с этим глубокий анализ состояния качества электроэнергии на зажимах ее приемников, позволяющий делать достаточно обоснованные выводы о его соответствии требованиям стандарта, должен базироваться на исследованиях состояния качества электроэнергии в сетях разных классов напряжений, связанных с системой электроснабжения конкретных потребителей.

Результаты обследования состояния качества электроэнергии в различных энергосистемах показали, что напряжение на шинах 110-750 кВ районных подстанций, питающих крупные промышленные узлы, а соответственно и городские потребители, зачастую характеризуется повышенными значениями ПКЭ, превышающими установленные нормативные показатели. Причиной общего снижения качества электроэнергии являются совершенствование и развитие электротехнологий, увеличение числа и мощностей электроприемников с нелинейной и несимметричной нагрузками, появление принципиально новых видов электрооборудования, а также общий рост энерговооруженности производственных процессов и неудовлетворительное внимание при этом к проблеме качества электроэнергии.

Следствием отрицательного, с точки зрения качества электроэнергии, взаимного влияния электрических систем и потребителей электроэнергии, а также взаимного влияния отдельных потребителей систем электроснабжения различных объектов являются нарушения нормальной работы силового электрооборудования, устройств автоматики, телемеханики и т.п. В последние годы существенно возросло применение средств вычислительной техники и разных видов микропроцессорных систем, в том числе в устройствах связи, как правило, зарубежного производства, на которых ухудшение качества электроэнергии в сетях 0.4 кВ сверх международных норм, оказывает резкое отрицательное воздействие. Подобные проблемы имеют место в сетях всех классов напряжения Мариупольского промышленного узла с существенной долей городских потребителей.

Промышленные предприятия и селитебная территория Мариуполя получают питание от нескольких районных подстанций, основными из которых являются подстанции "Азовская-220", "Заря-330", "Мирная-330". Структурную связь между ними можно упрощенно представить следующим образом: подстанция "Азовская-220" получает питание на напряжении 220кВ от Старобешевской ГРЭС. Старобешевская ГРЭС посредством высоковольтных линий связи соединена с подстанцией "Чайкино-330" и далее с Кураховской ГРЭС, подстанциями "Ивановка-330" и "Заря-330" - другой районной

подстанцией, питающей Мариупольский промышленный узел. По линиям связи 110 кВ подстанция "Азовская" связана с подстанцией "Мирная". Основными потребителями промышленного узла являются металлургические комбинаты им. Ильича и "Азовсталь", концерн "Азовмаш", завод "Азовкабель", торговый порт, городские подстанции и ряд подстанций окрестных сельскохозяйственных районов.

Исследования показателей качества электроэнергии, проведенные на подстанциях ПЭО "Донбассэнерго" показывают, что в сетях разных классов напряжений подстанций энергосистемы основными ПКЭ, уровни которых не соответствуют требованиям ГОСТ 13109-87 являются коэффициенты несинусоидальности (Кнс), обратной последовательности (ϵ_2) и, реже, колебаний напряжения (δU). В таблице приведены некоторые обобщенные результаты измерений ПКЭ на подстанциях энергосистемы, связанных с Мариупольским промышленным узлом. При этом, как видно из таблицы, с ростом класса напряжений уровни некоторых ПКЭ могут как уменьшаться, так и возрастать.

В распределительных сетях 6-10 кВ промышленных предприятий, которые связаны через сети энергосистемы с городскими сетями, величины отдельных ПКЭ способны значительно возрастать. Виды показателей и их уровни зависят от конкретного состава электроприемников данного предприятия. Например, в сетях 6-10 кВ комбината им. Ильича, питающих прокатные станы с вентильными преобразователями, уровни искажений

Таблица. Результаты измерений уровней ПКЭ на системных подстанциях ПЭО "Донбассэнерго"

| Наименование | Вид | Значение ПКЭ, % | | | | | |
|-------------------|--------------|------------------|--------|------------------|--------|-----------------|--------|
| | | [max] | | [min] | | | |
| подстанции: | ПКЭ | Напряжен. 110кВ: | | Напряжен. 220кВ: | | Напряжен. 330кВ | |
| | | Средн. | Текущ. | Средн. | Текущ. | Средн. | Текущ. |
| / ПС | | 0.580 | 0.627 | - | - | 0.208 | 1.175 |
| | ϵ_2 | 0.097 | 0.000 | | | 0.000 | 0.000 |
| | | 6.560 | 6.870 | - | - | 2.965 | 3.075 |
| | ΔU | 3.800 | -1.425 | | | -1.026 | -1.200 |
| "Заря" | | 0.109 | 0.550 | - | - | 0.124 | 0.100 |
| | δU | 0.028 | 0.000 | | | 0.010 | 0.000 |
| | | 2.510 | 4.450 | - | - | 1.146 | 1.475 |
| | Кнс | 0.729 | 0.000 | | | 0.575 | 0.000 |
| ПС | | 0.545 | 4.875 | - | - | 0.477 | 3.300 |
| | ϵ_2 | 0.115 | 0.000 | | | 0.129 | 0.000 |
| | | 9.429 | 9.600 | - | - | 7.975 | 8.050 |
| | ΔU | 0.867 | -3.025 | | | 0.758 | -3.570 |
| "Харцыз- ская" | | 0.106 | 0.970 | - | - | 0.036 | 0.147 |
| | δU | 0.000 | 0.000 | | | 0.003 | 0.000 |
| | | 1.517 | 9.700 | - | - | 1.410 | 9.025 |
| | Кнс | 0.475 | 0.000 | | | 0.569 | 0.000 |

Продолжение таблицы

| Наименование | Вид | Значение ПКЭ, % | | | | | |
|------------------|-----|------------------|--------|------------------|--------|-----------------|--------|
| | | [max] | | [min] | | | |
| подстанции: | ПКЭ | Напряжен. 110кВ: | | Напряжен. 220кВ: | | Напряжен. 330кВ | |
| | | Средн. | Текущ. | Средн. | Текущ. | Средн. | Текущ. |
| | | 0.147 | 0.150 | 0.147 | 0.250 | 0.246 | 0.275 |
| | ε2 | 0.108 | 0.100 | 0.116 | 0.000 | 0.062 | 0.000 |
| | | 7.992 | 8.100 | 3.429 | 5.000 | 0.181 | 0.275 |
| ПС | ΔU | 5.913 | 5.775 | 0.225 | -14.92 | -3.273 | -14.95 |
| "Чайкино" | | 0.063 | 0.095 | 0.080 | 0.163 | 0.043 | 0.270 |
| | δU | 0.015 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.001 | 0.000 |
| | | 0.627 | 0.775 | 0.787 | 0.900 | 0.819 | 0.975 |
| | Кнс | 0.475 | 0.400 | 0.417 | 0.000 | 0.592 | 0.000 |
| | | 0.524 | 2.737 | - | - | 0.156 | 0.175 |
| | ε2 | 0.267 | 0.000 | | | 0.000 | 0.000 |
| | | 9.671 | 9.975 | - | - | 5.783 | 6.025 |
| Курахов- ская | ΔU | 0.031 | -15.00 | | | 3.282 | 2.900 |
| | | 0.052 | 0.515 | - | - | 0.067 | 0.770 |
| ГРЭС | δU | 0.000 | 0.000 | | | 0.000 | 0.000 |
| | | 1.392 | 8.275 | - | - | 1.232 | 9.075 |
| | Кнс | 0.693 | 0.000 | | | 0.392 | 0.000 |
| | | 0.590 | 0.617 | 0.318 | 0.487 | - | - |
| | ε2 | 0.086 | 0.000 | 0.005 | 0.000 | | |
| | | 5.370 | 7.021 | 6.247 | 8.540 | - | - |
| ПС | ΔU | 2.726 | -0.050 | 3.780 | 0.000 | | |
| "Азовская" | | 0.117 | 0.497 | 0.076 | 0.180 | - | - |
| | δU | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | |
| | | 2.630 | 4.317 | 1.860 | 3.476 | - | - |
| | Кнс | 0.824 | 0.000 | 0.624 | 0.000 | | |

формы кривых напряжений значительно превосходят нормы стандарта на качество электроэнергии. Значения коэффициента несинусоидальности в этих случаях доходят до 12-16% (без учета специальных средств минимизации высших гармоник). Здесь же наблюдаются значительные колебания напряжения. В распределительных сетях предприятия этого же класса напряжения, но с другим составом нагрузок (мартеновское, конверторное, доменное производства)

уровни ПКЭ, как правило, находятся в пределах нормы. Однако, как показали результаты измерений, величины коэффициентов несинусоидальности, хотя и меньше допустимых значений, но достаточно большие по величине ($K_{нс}=0,8-3,4\%$). **Функцию звена, передающего отрицательное воздействие на распределительную сеть с линейной нагрузкой выполняет, в данном случае, сеть ЭЭС с классом напряжения 110 кВ.**

В сети 35 и 110 кВ концерна "Азовмаш", питающей сталькомплекс, отмечены величины $K_{нс}$, доходящие до 11-12 % и значительные уровни колебаний напряжения. Их величины в 2,5-3 раза превышают нормы стандарта по дозе фликера. В распределительной сети 6-10 кВ, обслуживающей механические, сборочные и другие производственные цехи концерна, показатели качества электроэнергии находятся, как правило, в допустимых пределах. Однако в сети 0,4 кВ сборочных и, особенно, сварочных цехов коэффициенты несинусоидальности и обратной последовательности могут превышать нормируемые величины в 2-4 раза, что оказывает отрицательное воздействие на работу станков с программным управлением, ЭВМ и другого электронного оборудования, питающегося от общей распределительной сети 0,4 кВ.

В сетях 6-0,4 кВ городских подстанций основным показателем, не отвечающим требованиям ГОСТ 13109-87 является отклонение напряжения. В зависимости от состава нагрузок городской подстанции (тяговая нагрузка, малые предприятия, АТС, жилые массивы и т.п.) и характера связи с сетями промпредприятий, в сетях 0,4 кВ и 6-10 кВ могут не соответствовать требованиям стандарта величины и других ПКЭ таких как коэффициенты несинусоидальности и обратной последовательности. Исследования ПКЭ применительно к городским сетям 0,4 кВ носят более ограниченный характер, что отражает существующую тенденцию технической политики в отношении городских и промышленных потребителей.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что уровни ПКЭ по напряжению в сетях энергосистем часто не соответствуют требованиям ГОСТ 13109-87 с точки зрения величин коэффициентов несинусоидальности и обратной последовательности, причем это несоответствие не зависит от уровней напряжения. Однако полученные результаты о величинах ПКЭ, в частности на напряжении 110 кВ, на котором получают питание городские подстанции, не позволяют однозначно судить о качестве электроэнергии в сетях 0,4-10 кВ. Для обоснованного вывода о параметрах качества электроэнергии в городских низковольтных распределительных сетях представляется целесообразным выполнить ряд дополнительных исследований в них с разным составом электрических нагрузок. Это позволит получить современное и более полное представление о состоянии качества электроэнергии, и, в свою очередь, будет способствовать разработке эффективных мероприятий по определению наиболее благоприятных режимов работы потребителей с разными требованиями к качеству электроснабжения их.

Перечень ссылок

1. *Уайт Д. Р.Ж.* Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и непреднамеренные помехи. Вып. 3. - М.: Советское радио, 1979. - 265 с.
2. *Жемеленко И.В.* Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий. - М.: Энергоатомиздат, 1994. - 265 с.
3. *Аррлага Д., Бредли Д.,- Боджер П.* Гармоники в электрических системах. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 194 с.