

В.В. Пятанов

ПРОБЛЕМА ИСКАЖЕНИЙ ФОРМЫ КРИВОЙ НАПРЯЖЕНИЯ В ЭНЕРГОСЕТЯХ НЕФТЕПРОМЫСЛОВ

Рассматривается проблема искажения формы кривой напряжения в энергоснабжении нефтепромыслов. Источником искажений нередко выступают частотные преобразователи для регулирования электроприводов. Наличие высокочастотных составляющих влечет за собой ряд негативных факторов, а именно ложные срабатывания систем автоматики, преждевременный износ оборудования, нагрев нулевого провода. В настоящее время применяют фильтрующие устройства для уменьшения уровня искажений формы кривой напряжения. Разработка методов снижения негативного влияния высокочастотных составляющих в цепях энергоснабжения является актуальной областью научных исследований.

Энергосети, высшие гармоники, ложные срабатывания, нефтепромыслы, компенсация гармонических составляющих.

С целью оценки спектрального состава и уровня искажений формы в кривых напряжения и тока в промышленных электрических сетях произведен анализ данных, полученных при испытаниях в сетях Приобского и Южно-Балыкского месторождений.

Испытания осуществлялись на установках с разной степенью загрузки с мощностью кустовых трансформаторов КТП 630 и 1000 кВА [1].

Искажения формы кривой напряжения (рис. 1) представляют собой колебания на выходе (при отсутствии их на входе — «входной сигнал») с частотой, в целое число раз превышающей частоту основного колебания («гармоника более высокой частоты»). Эти гармоники, складываясь с основной гармоникой, меняют ее форму («результат»).

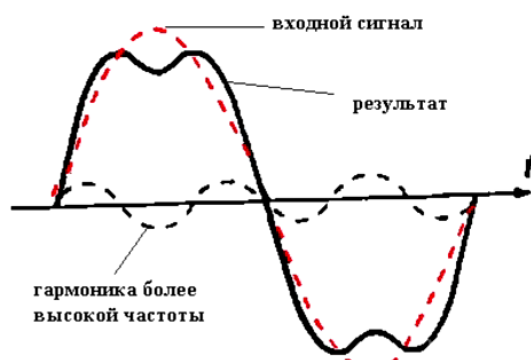


Рис. 1. Искажения формы кривой напряжения

Испытания проводились на разных участках электрической сети анализатором качества электроэнергии «Fluke 434». Нормы качества электрической энергии в системах энергоснабжения регламентируются требованиями ГОСТ-13109-97 [2]. В табл. представлены данные испытаний и соответствующие им данные по требованиям ГОСТ.

**Коэффициент n -й гармонической составляющей напряжения
в трехфазных трехпроводных электрических сетях напряжением 6 кВ**

n	По данным испытаний	По данным ГОСТ
5	12	4,0
7	7,0	3,0

Коэффициент n -й гармонической составляющей напряжения рассчитывается по формуле

$$K_{U(n)} = 100 \cdot U_{(n)} / U_{(1)}, \quad (1)$$

$K_{U(n)}$ — коэффициент n -й гармонической составляющей напряжения; $U_{(n)}$ — действующее значение n -й гармонической составляющей напряжения, В; $U_{(1)}$ — действующее значение напряжения основной частоты, В; n — порядок гармонической составляющей напряжения.

При наличии искажений кривая напряжения приобретает следующий вид (рис. 2).

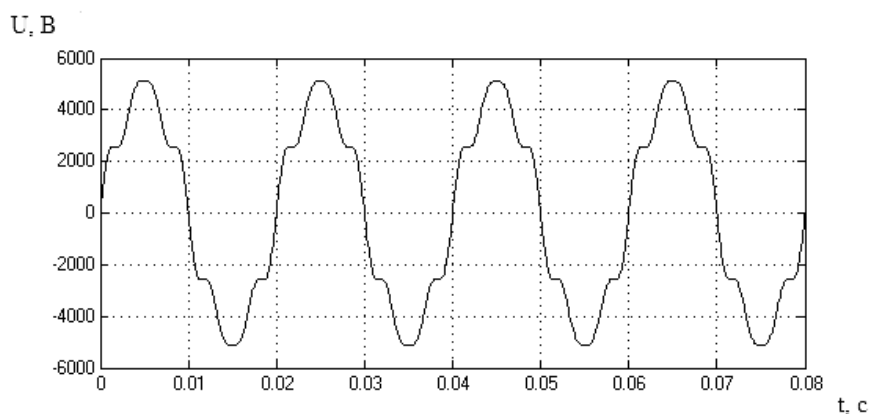


Рис. 2. Осциллограмма кривой напряжения

Для наглядности данные об искажениях представлены в виде спектральной диаграммы (рис. 3).

Из сравнения данных табл. можно сделать вывод о том, что качество электроэнергии на участке испытаний не соответствует требованиям ГОСТ.

Наличие высших гармонических составляющих в сетях энергоснабжения является одной из основных причин увеличения аварийных отключений электроэнергии на месторождениях, вызываемых преждевременным выходом и строя некоторых видов электрооборудования и ложными срабатываниями устройств защиты, автоматики.

В частности, исследования по сети Мамонтовского месторождения показали, что из 171 общего числа аварийных отключений электроэнергии, произошедших в 2006 г., 159 было вызвано срабатыванием систем релейной защиты и автоматики. В результате зафиксировано 2761 аварийное прерывание рабочих режимов УЭЦН, в том числе 932 — по срабатыванию защит, установленных в станциях управления (СУ) этих установок [3]. Продолжительность пауз в работе отмечалась в диапазоне $t_{\text{паузы}} = 0$ при автоматическом вводе в работу установок до $t_{\text{паузы}} = 24$ ч при подключении к сети наиболее удаленных центров питания установок.

Таким образом, требуется привести качество электроэнергии к необходимым параметрам.

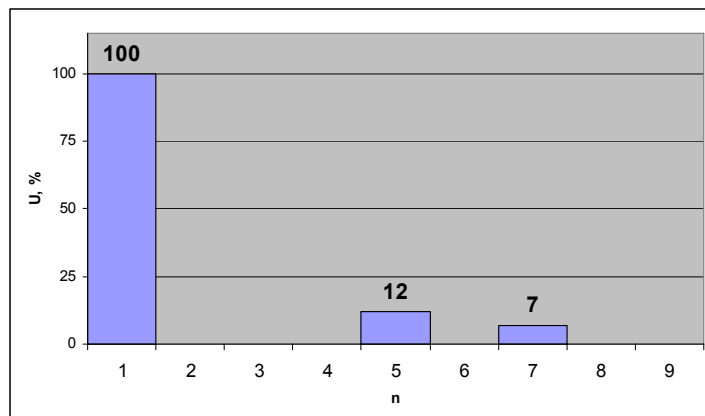


Рис. 3. Параметры искажений формы кривой напряжения

Рассмотрим подходы к решению проблемы. Первый — устранение собственно причин искажений в случае выявленной некорректной работы элементов системы, т.е. настройка либо замена последних. Этот подход удобен при доступности данных элементов системы. В случае если в сети энергоснабжения присутствуют гармонические колебания и невозможно определить источник либо он недоступен, применяется другой подход, а именно методы борьбы с высшими гармоническими составляющими в сетях энергоснабжения [4]. Этот подход используется для того, чтобы попытаться ослабить влияние проблем, вызываемыми высшими гармониками.

- Обеспечение симметричного режима работы трехфазной системы. В первую очередь необходимо добиться, насколько это возможно, сбалансированности нагрузок по фазам.

- Использование фильтров подавления гармоник. Включение в схему фильтра, который имеет низкое полное сопротивление на частоте гармоники, понижает генерируемое нелинейной нагрузкой напряжение. Схема подключения должна быть такой, чтобы фильтр обеспечивал защиту всей нагрузки, а не только ее части. Это может вызвать затруднения, связанные со стоимостью оборудования и площадью, необходимой для размещения дополнительных устройств на нескольких участках распределительной сети.

Традиционные технические средства и решения имеют существенные недостатки, которые делают их применение на нефтепромыслах технически неэффективным и экономически нецелесообразным. В этой связи представляет интерес сравнительный анализ части из них, наиболее подходящих для нефтепромыслов в условиях Западной Сибири, с учетом в ряде случаев экономической составляющей (применительно к энергосистеме Приобского месторождения).

- Пассивные «R-L-C» фильтры, включаемые параллельно шинам 0,4 кВ трансформаторных пунктов (КТПН) кустов скважин индивидуально либо к каждой из действующих систем «УЭЦН — ПЧ».

- 12- и 18-импульсные выпрямители в составе ПЧ индивидуального и группового исполнения, содержащих 3-обмоточные трансформаторы с включением обмоток по схеме $\Delta/\Delta - Y$ для первой из них либо типа «многоугольник» для второй.

Применение в сетях пассивных фильтров, подключенных к шинам 0,4 кВ, требует всякий раз при изменениях местоположения частотно-регулируемых приводов или топологии схемы электроснабжения кустов проводить проверку

возможности появления резонансных явлений, что в условиях нефтепромыслов представляется особо сложным.

Конструкция пассивных фильтров (ПФ) проста, стоимость сравнительно невелика, однако их эффективность ограничена ввиду существенных недостатков. Во-первых, вследствие технологических, временных и температурных отклонений параметров ПФ и невозможности их точной настройки — снижается качество фильтрации. Возможно возникновение «антирезонанса» — усиление гармоник в областях полюсов частотной характеристики электроустановки с ПФ, которая имеет вероятностный характер. Во-вторых, высокая добротность индуктивно-емкостных ПФ может привести к перенапряжениям при переходных процессах. В-третьих, на качество фильтрации, обеспечиваемой ПФ, значительно влияет величина внутреннего сопротивления источника.

Использование ПФ позволяет компенсировать только одну или несколько высших гармоник (пассивные фильтры режекторного типа). К тому же их включение в силовые цепи приводит к дополнительным потерям напряжения.

Ограничение мощности нелинейной нагрузки (УЭЦН с ПЧ) до 15–20 % номинальной мощности питающего трансформатора, позволяющее уменьшить эти недостатки, не всегда экономически целесообразно и технически возможно.

Указанные выше отрицательные тенденции в электропотреблении и состоянии параметров качества электроэнергии будут, безусловно, нарастать в связи со старением оборудования сетей и повышением стоимости и дефицита электроэнергии.

Разработка методов снижения негативного влияния высокочастотных составляющих в цепях электроснабжения является актуальной областью научных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Варакин Л.Е. Нижняя граница числа оптимальных систем дискретных частотных сигналов // Радиотехника и электроника. 1979. Т. 24. № 8. С. 1692–1695.
2. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
3. Отчет по работам на тему: «Разработка рекомендаций и справочного пособия по проектированию фильтрокомпенсирующих устройств в системах электроснабжения нефтяных месторождений». Рук. работ В.А. Ведерников.
4. Evaluating harmonic concerns with distributed loads / M. McGranaghan; Electrotek Concepts. Knoxville, Tenn. Nov. 2001.

V.V. Pyatanov

A PROBLEM OF DISTORTIONS OF A STRESS CURVE IN OILFIELDS' ENERGY SYSTEMS

The energy supply of oilfields has come across a problem of distortions of a stress curve. A source of such distortions is often frequency transducers for regulation of electric drives. The availability of high frequency constituents results in a number of negative factors, such as misoperations of automation systems, an early wear of equipment, as well as heating of the neutral main. At present, in order to decrease the level of the stress curve distortions they use filtering facilities. The decrease of a negative influence of high frequency constituents stays a topical research in the development of filtration methods regarding high frequency interferences in the power circuits of energy supply.

Energy systems, high harmonics, misoperations, oilfields, compensation of harmonic constituents.