

## 44.00.00. ЭНЕРГЕТИКА

ГРНТИ 44.29.29; 44.29.37

### МОНИТОРИНГ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

**Смирнов Артем Иванович**, студент  
**Шклярский Ярослав Элиевич**, д.т.н., профессор  
Санкт-Петербургский горный университет

В данной статье описывается принцип разработанной интеллектуальной системы мониторинга и оценки показателей качества электрической энергии. Данную систему предлагается реализовывать на нейронных сетях, что позволит системе, после обучения, делать прогнозы изменения показателей качества электрической энергии.

**Ключевые слова:** оценка показателей качества электроэнергии, нейронные сети.

### MONITORING INDICATORS QUALITY ASSESSMENT OF ELECTRICITY

**Smirnov Artem Ivanovich**, student  
**Shklyarskiy Yaroslav Elievich**, D.Eng.Sc., professor  
National Mineral Resources University

This article describes the principles of the developed intellectual system of monitoring and evaluation indicators of the quality of electrical energy. This system is proposed to implement neural networks, which will allow the system, after training, to forecast changes in indicators of quality of electric energy.

**Keywords:** estimation of power quality, neural networks.

В настоящее время проблема контроля показателей качества электрической энергии является актуальной, так как от качества электрической энергии зависит работоспособность электрических и электронных приборов и аппаратов, а также увеличиваются потери электроэнергии в сетях промышленных предприятий [1, 2].

Существует множество приборов, позволяющих замерить показатели качества электрической энергии в соответствии с ГОСТ [3]: величины гармоник то-

ка и напряжения, потребляемую и генерируемую активную и реактивную мощности, отклонения и провалы напряжения и т.д. Однако систем, позволяющих производить непрерывный контроль показателей качества, на данный момент существует немного. Все эти системы работают на "Жестком" алгоритме, т.е. по заранее написанной программе, что не позволяет системе прогнозировать изменения показателей качества.

В данной статье описывается принцип разработанной интеллектуальной системы мониторинга и оценки показателей качества электрической энергии. Данную систему предлагается реализовывать на нейронных сетях, что позволит системе, после обучения, делать прогнозы изменения показателей качества электрической энергии.

На рисунке 1 представлен способ измерения формы тока в питающей линии: в линию, последовательно, включается шунт с сопротивлением  $R$  таким, что при протекании по линии номинального тока, на потенциальных контактах шунта создается падение напряжения.

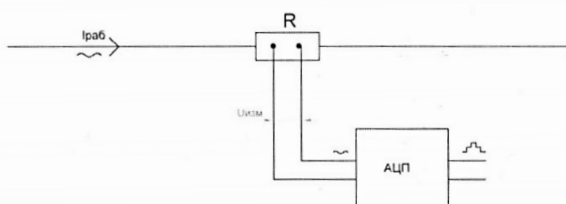


Рис.1. Принцип измерения формы тока в питающей линии

$$U_{ш} = I_{мп} \sin(\omega t + \varphi) \cdot R_{ш} \quad (1)$$

$$U_{ш} = U_{mш} \sin(\omega t + \varphi) \quad (2)$$

где:

$U_{ш}$  — напряжение на потенциальных контактах шунта;

$U_{mш}$  — амплитудное значение напряжения на потенциальных контактах шунта, равное 75 мВ при протекании номинального тока;

$R_{ш}$  — сопротивление шунта.

Форма сигнала напряжения будет повторять форму тока в линии, не внося никаких искажений. Сигнал напряжения с шунта подается на АЦП. АЦП преобразует аналоговый сигнал в цифровой для работы с ним различными контроллерами и компьютерными программами. Анало-

гично будет измеряться ток в остальных фазах и нулевом проводнике.

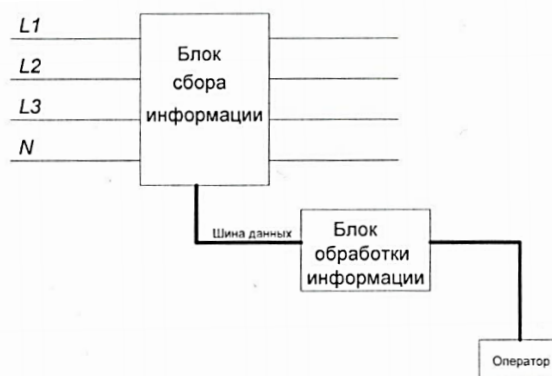


Рис.2. Блок-схема системы измерения

На рисунке 2 представлена блок-схема работы системы мониторинга показателей качества энергии для общего случая - четырехпроводной системы электропитания напряжением 0,4 кВ. Данная система так же функционирует и на других уровнях напряжения. Блок сбора информации производит измерения напряжений (фазных и линейных) и токов в 3-х фазах и нулевом проводе. Блок обработки информации преобразует аналоговые сигналы с датчиков в цифровые; система на основе обученных нейронных сетей обрабатывает полученную информацию и отправляет ее оператору.

Оператор может наблюдать:

- текущее состояние системы;
- возможные отклонения при включении различного оборудования;
- рекомендации по включению тех или иных устройств повышения качества электрической энергии.

Реализация прогнозирования отклонений качества электрической энергии достигается путем сбора информации об электротехническом комплексе предприятия, на котором данная система будет

функционировать с последующим самообучением системы.

Основное преимущество использования нейронных систем состоит в том, что данная система обучается, а не программируется «жестким» алгоритмом, что в будущем позволит системе реагировать на незапрограммированные ситуации [4].

Помимо мониторинга возможно реализация управления устройствами повышения качества электрической энергии, например, резонансными фильтрами гармоник.

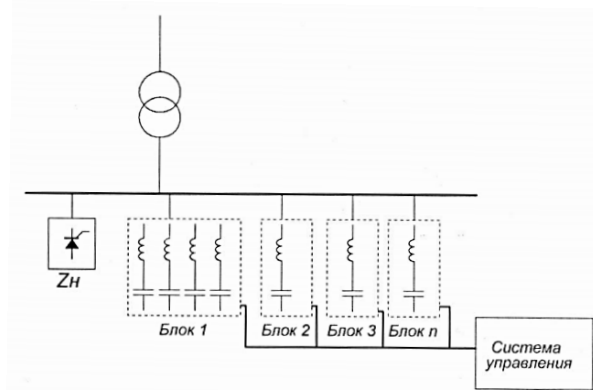


Рис.3. Схема управления блоками резонансных фильтров

На рисунке 3 представлена схема принципа управления блоками резонансных фильтров. Блок  $Z_n$  — представляет собой нелинейную нагрузку, генерирующую определенный спектр гармонических искажений. Блок 1 — блок резонансных фильтров, настроенных на определенную частоту гармонических искажений. Таких блоков может быть несколько. В одном блоке находится несколько резонансных контуров.

Управление блоками резонансных фильтров, а также количеством задействованных резонансных контуров в одном блоке позволит рационально использовать электрическую энергию в случае постоянного изменения спектра гармоник.

Изменение порядка включения блоков и контуров реализует компенсацию нужного спектра гармонических искажений.

Управление включением / отключением блоков и контуров производится системой управления. Система управления принимает решение на основе данных полученных с «Блока обработки информации» (рисунок 2).

Помимо управления резонансными фильтрами возможно управление и другими устройствами повышения качества электрической энергии.

В конечном итоге работу всей системы можно представить схемой (рисунок 4).

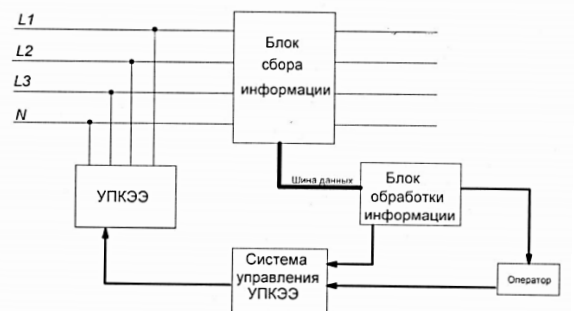


Рис.4. Функциональная схема системы мониторинга показателей качества электрической энергии и управления УПКЭЭ

На рисунке 4 изображены:

- блок сбора информации, датчики тока и напряжения;
- блок обработки информации на основе искусственной нейронной сети;
- оператор — человек получающий информацию о состоянии контролируемой линии;
- система управления УПКЭЭ — система управления устройствами повышения качества электрической энергии;
- УПКЭЭ — устройство повышения качества электрической энергии (резонансные фильтры).

нансные фильтры, конденсаторные батареи и т.д.).

Следует отметить, что оператор может, как самостоятельно давать системе управления УПКЭЭ команды на включение / отключение тех или иных устройств, так и полностью предоставить управление искусственной нейронной сети.

Таким образом, интеллектуальная система мониторинга и оценки показателей качества электрической энергии на основе искусственной нейронной сети позволит:

- прогнозировать изменение показателей качества электрической энергии;
- эффективно использовать УПКЭЭ;
- повышать качество электрической энергии и рационально ее использовать.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Степанов В.М., Базыль И.М. Влияние высших гармоник в системах электро-

снабжения предприятия на потери электрической энергии / Известия тульского государственного университета. Технические науки. №12-2, 2013 с. 27–31.

2. Иванов В.С., Соколов В.И. Режимы потребления и качество электроэнергии систем электроснабжения промышленных предприятий / Москва, Энергоатомиздат, 1987.

3. ГОСТ Р 54149-2010 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.

4. Белоглазов Д.А., Особенности нейронных решений, достоинства и недостатки, перспективы применения / Известия южного федерального университета. Технические науки. № 7 (84), 2008 с. 105–110.