

РАЗДЕЛ II. ИЗМЕРЕНИЯ В ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУКАХ И ТЕХНИКЕ

- ского под редакцией П.А. Чочиа. — М.: «Техносфера», 2005 г. — 1072с.
12. Брилюк, Дмитрий. Распознавание человека по изображению лица и нейросетевые методы. / Д. Брилюк, В. Старовойтов - М.: Минск, 2001.

д.т.н., профессор **Якунин А.Г.**, аспиранты **Ненашев А.Л., Жихарев И.М.** - (3852) 69-76-21, 36-78-98 yakunin@agtu.sechna.ru, Алтайский гостехуниверситет.

УДК: 621.317.7

МОНИТОРИНГ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Г.А. Чугунов, М.Н. Агапов, А.И. Тищенко

В статье рассматривается эффективность применения приборов измерения показателей качества электроэнергии. Предлагается использование большого количества недорогих приборов для мониторинга отдельной энергосистемы. Описываются функциональные блоки прибора, методы измерения показателей качества электроэнергии, алгоритм работы прибора.

Ключевые слова: электрическая сеть, измерительное устройство, методы измерения, показатели качества электроэнергии, частота электрического тока, система электроснабжения.

В последние годы проблемы качества электроэнергии и надежности электроснабжения приобретают особую актуальность, так как они являются одними из важнейших условий экономической и длительной эксплуатации любых современных приборов, которые используются в различных отраслях. Исследования проблем качества электроэнергии, проводимые в первую очередь американскими научными институтами, показали, что суммы ежегодных убытков от низкого качества электроэнергии у большинства развитых стран составляют огромные суммы.[3]

Если в индустриальной экономике вполне допустимым считалось прерывание электроснабжения не более 2–3 раз в год, то в новой экономике это неприемлемо, возмущения со стороны источников питания, проявляющиеся в кратковременных провалах напряжения (продолжительностью до 0,1 – 0,2 с) без последующего перерыва электроснабжения уже приводят к срывам технологических процессов.

Реализация современных технологических процессов уже невозможна без управления ими средствами цифровой техники, которая ориентирована исключительно на работу в нормальных эксплуатационных режимах. Поэтому любое возмущение со стороны электрической сети приводит к немедленному аварийному прерыванию технологических процессов, так как возникающие переходные электромагнитные и электромеханические переходные процессы, пусть и кратковременные, разрушают заданную технологию и расстраивают работу систем автоматического управления.

Таким образом, становятся очевидным

актуальность решения задачи контроля показателей качества электроэнергии (ПКЭ), с последующим поиском решения по улучшению данных показателей.

При этом сложность решения поставленной задачи обусловлена тем, что электроэнергия, как товар, помимо требований к качеству, обладает рядом особенностей. Например, производство и потребление электроэнергии являются неразделимыми во времени процессами, т.е. электроэнергию нельзя запастись в достаточных в масштабе энергосистемы количествах. А так же должно быть равенство объема выработанной и потребленной электроэнергии в каждый момент времени, что в свою очередь не позволяет точно оговорить объемы генерации и потребления электроэнергии. В связи с этим, принимая во внимание интегральный характер ПКЭ и факт, что качество электроэнергии на месте производства не гарантирует ее качества в точке присоединения потребителя, необходимо чтобы измерения показателей качества проводились синхронно во всех контрольных точках энергосистемы.

На сегодняшний день существует большое количество приборов, выполняющих измерение и анализ показателей качества электроэнергии. Но все они направлены на то что замеры выполняются в конкретный промежуток времени. Данные приборы имеют, как правило, мощный процессор, большой объем оперативной памяти, собственный многоцветный дисплей, и несколько различных интерфейсов для связи с внешними более интеллектуальными устройствами, например с персональным компьютером. Так как такие приборы являются самостоятель-

ными, то связь с компьютером, в первую очередь используется для закивания на прибор новой версии программного обеспечения, и только потом для считывания информации в виде сформированных отчетов. Все вышеперечисленное является определяющим фактором ценообразования таких приборов. Питание таких приборов, измерения и регистрации показателей качества электроэнергии, осуществляется непосредственно от измеряемой среды, что на наш взгляд является не совсем правильным, в виду того что при пропадании питания они перестают работать, или при возникновении достаточно мощных выбросов и скачков могут выйти из строя. Можно, конечно, для обеспечения бесперебойной работы такого прибора, использовать внешний блок бесперебойного питания, что в свою очередь отразится на цене. В любом случае, стоимость таких приборов достаточно высока, порядка 100 тысяч рублей, что не позволяет установить их во всех необходимых точках энергосистемы, так как этих точек может быть достаточно большое количество, а так же большая их часть может располагаться в легкодоступном для посторонних месте.

Практические измерения ПКЭ посредством существующих приборов (устройств), на выходных порталах большинства электростанций не выявляют значительных претензий к качеству электроэнергии. В тоже время измерения ПКЭ в контрольных точках сетей различных региональных энергосистем России показали, что практически ни в одной из них поставляемая потребителям энергия не соответствовала требованиям ГОСТ 13109-97.[2] Анализ этой проблемы показал, что часто причиной ухудшения качества электроэнергии является плохое техническое состояние линий электропередачи и трансформаторных подстанций.

Таким образом, для постоянного мониторинга качества электроэнергии необходима сеть из недорогих приборов, которые можно было бы легко установить в любой точке энергосистемы.

Предлагается за основу взять прибор на модульной основе, который в автономном режиме выполняет измерения и регистрирует основные показатели качества электроэнергии, сохраняя их в своей памяти. В дальнейшем информацию со всех приборов можно накапливать в единой базе данных с последующим анализом возможных отклонений ПКЭ. На момент написания данной статьи прибор состоит из двух основных частей: аналоговой части и цифровой. Прибор пита-

ется от одной или двух аккумуляторных батарей постоянного тока 12В. Такое решение обеспечивает бесперебойную работу прибора в течении длительного времени. Напряжение в $\pm 12В$ необходимо для питания операционных усилителей, остальная часть схемы использует напряжение в 5В.

Аналоговая часть обеспечивает подключение одновременно до трех фаз переменного тока частотой 50Гц. На текущий момент подключение осуществляется в разрыв фазного провода, образуя для подключения два контакта для одной фазы, третий контакт используется для подключения к общему проводу и является, соответственно, общим для всех фаз. Между контактами, включающимися в разрыв фазного провода, находится резистор, предназначенный для измерения фазного тока. Данный резистор обеспечивает падение напряжения до уровня, пригодного для аналого-цифрового преобразования. Падение напряжения на измерительном резисторе привязано к фазному напряжению 220 Вольт, и является сравнительно небольшим на фоне амплитудных значений сетевого напряжения. При малых значениях переменного тока (менее 1А) информационный параметр - падение напряжения на резисторе, составляет менее 0,1% относительно синфазного напряжения на концах резистора. Для решения подобных задач обычно применяют измерительный усилитель, собранный на трех операционных усилителях. Для выделения пиковых значений напряжения применяется отдельная схема, такое решение обусловлено тем, что предельная частота работы аналого-цифрового преобразователя (АЦП) микроконтроллеров AVR составляет приблизительно 10кГц. По трем фазам с помощью АЦП нужно опросить значения тока, напряжения и интеграла входного напряжения, т.е. как минимум 9 информационных параметров. В результате для каждого информационного параметра частота опроса будет около 1кГц, а период опроса - порядка 1мс. При частоте сетевого напряжения 50Гц на один период синусоиды приходится около 20 измерений. С одной стороны, этого достаточно для фиксации средних параметров синусоиды, с другой стороны, этого быстрогодействия не достаточно для фиксации коротких выбросов напряжения по фазе. Для контроля выбросов используется два независимых механизма: контроль выбросов положительной полярности и отрицательной полярности. Простейшим решением данной задачи является схема пикового детектора с одним диодом и накопительным конденсатором. Интеграл от входно-

РАЗДЕЛ II. ИЗМЕРЕНИЯ В ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУКАХ И ТЕХНИКЕ

го фазного напряжения формируется с помощью схемы на операционном усилителе.

Представленное выше описание относится к подключению одной фазы, аналогичным образом к коммутаторам присоединяются остальные фазы.

Функциональная схема аналоговой части на примере одной фазы представлена на рисунке 1. В результате в схеме получается 15 параметров: 3 фазы с 5 измерительными сигналами для каждой. Микроконтроллеры АТмега в 40-пиновом корпусе имеют только 8 входов АЦП, поэтому для решения этой задачи используется схема коммутации аналоговых сигналов, которая подключается к выходам микроконтроллера.

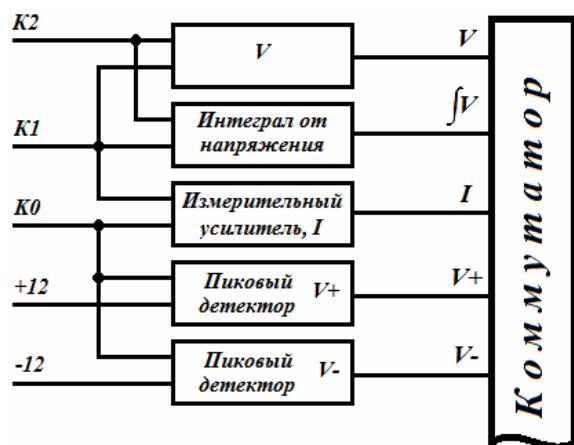


Рисунок 1 - Функциональная схема аналоговой части прибора, на примере одной фазы

Цифровая часть в свою очередь подразделяется на модуль преобразования аналоговых сигналов в цифровой формат (АЦП), модуль хранения обработанных данных для накопления определенного количества данных, модуль связи прибора с компьютером для получения с прибора данных и модуль для обновления микропрограммы на приборе. Для начала работы АЦП его необходимо инициализировать программным путем, выставить на соответствующих ножках микроконтроллера нужную последовательность, которая определяет информационный параметр. На текущий момент для сбора информации с прибора используется связь по интерфейсу RS232. Для экспериментального прибора описанные выше возможности являются достаточными. Функциональная схема всего прибора представлена на рисунке 2.

В последствии, если рассматривать масштабное применение данного прибора, его можно модернизировать. Принимая во внимание то, что использование интерфейса

RS232 накладывает некоторые ограничения на места установки прибора, можно предусмотреть модуль с GSM модемом и GPRS канал, для дистанционного сбора информации с прибора. После того, как будут получены первые данные с приборов, их можно анализировать. Под анализом стоит понимать построение наглядных графиков, а так же формирование отчетов.

Методы измерения показателей качества электрической энергии в электрических сетях систем электроснабжения переменного трехфазного и однофазного тока частотой 50/60 Гц устанавливаются государственным стандартом Р 51317.4.30-2008 "Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Методы измерения показателей качества электрической энергии".[3]

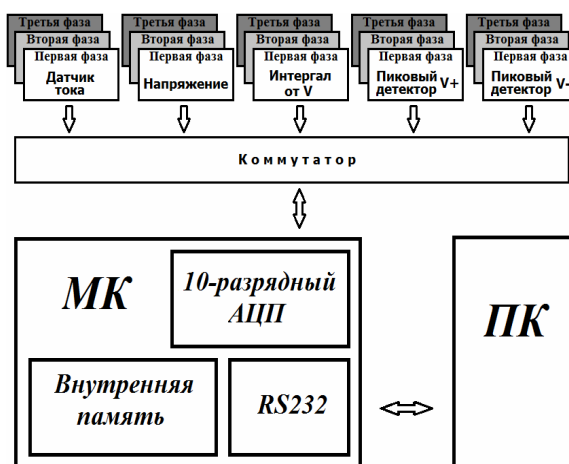


Рисунок 2 - Полная функциональная схема

Данный стандарт был введен в январе 2010 года. Стандарт устанавливает методы измерений и требования к характеристикам средств измерений показателей КЭ, но не устанавливает пороговые значения показателей качества электрической энергии (нормы КЭ), которые установлены государственным стандартом 13109-97 "Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения." В ГОСТ Р 51317.4.30-2008 для каждого измеряемого показателя качества электроэнергии установлены три класса характеристик процесса измерения - А, S и В. Для каждого класса определены методы измерений и соответствующие требования к характеристикам системы измерений. Класс А применяют, если необходимо проведение точных измерений, например, при проверке соответствия стандартам, устанавли-

вающим нормы КЭ (ГОСТ 13109–97), при выполнении условий договоров, предусматривающих возможность разрешения спорных вопросов путем измерений. Любые измерения показателя КЭ, проведенные двумя различными системами измерения, соответствующими требованиям класса А, должны при измерении одних и тех же сигналов обеспечивать получение воспроизводимых результатов с установленной для данного показателя неопределенностью. Класс S применяют при проведении обследований и оценке КЭ с использованием статистических методов, в том числе, при ограниченной номенклатуре показателей. Хотя интервалы времени измерений показателей КЭ для классов S и А одинаковы, требования к характеристикам процесса измерения класса S снижены. Класс В установлен для того, чтобы избежать признания систем измерений многих существующих типов устаревшими, не рекомендован для вновь разрабатываемых систем измерений. Измерения в системах электроснабжения однофазного и трехфазного переменного тока могут, в зависимости от задач, проводиться между фазными проводами и нейтральным проводом («фаза - нейтраль»), между фазными проводами («фаза - фаза») или между нейтральным проводом и проводом защитного заземления.

В качестве основного интервала времени при измерениях показателей КЭ, характеризующихся среднеквадратическим значением, должен быть принят интервал длительностью 10 периодов для систем электроснабжения частотой 50 Гц или 12 периодов для систем электроснабжения частотой 60 Гц. Измерения на основных интервалах времени 10 / 12 периодов должны синхронизироваться с текущим временем при каждой 10-минутной отметке текущего времени внутренних часов системы измерения. Результаты измерений на основных интервалах времени затем объединяют для получения значений показателей КЭ для трех различных увеличенных интервалов времени: 3 с (150 периодов для систем электроснабжения частотой 50 Гц или 180 периодов для систем частотой 60 Гц); 10 мин и 2 ч. За значение величины на объединенном интервале времени принимают значение, равное корню квадратному из среднеарифметического значения квадратов входных величин. Значение величины на объединенном интервале времени 3 секунды (150/180 периодов) получают объединением пятнадцати результатов измерений на основных интервалах времени (10/12 периодов).

Пропуски между интервалами времени 10/12 периодов не допускаются.[1]

Алгоритм измерений непосредственно связан с понятием переменного электрического тока, который представляет собой вынужденные электрические колебания синусоидального вида. Частота колебаний электрического тока в сетях общего пользования равна 50 Гц, что в свою очередь, соответствует 50 колебаниям в 1 секунду. Одно колебание происходит за 20 миллисекунд. Для получения объективных результатов измерений, необходимо делать замеры несколько раз в секунду. Если количество измерений в одну секунду будет равно 25, то каждое измерение будет происходить каждые 40 мс, а это два колебания частоты. Но если производить измерения каждые 40 мс, то мы будем попадать в одну и ту же точку синусоиды. Чтобы этого избежать, нам необходимо небольшое смещение для того что бы получать значения в разных точках периода синусоиды. Для примера в 25 измерений и увеличения точек на одном периоде синусоиды, из двух периодов, которые входят в 40 мс интервал времени, будем использовать первый. Таким образом, условно, 20 мс разделив на 24 (25 измерений минус единица - количество интервалов), получаем смещение. Исходя из этого, получим интервал времени, через который нам необходимо будет сделать очередное измерение, он равен 40,83 мс. Следовательно, через каждые 25 измерений мы будем получать период синусоиды, который будет соответствовать 50 периодам колебаний электрического тока.

В результате использования данного прибора получаем информацию об отклонениях основных показателей качества электроэнергии в сети общего пользования. При небольшой доработке и минимальном изменении кода программы в микроконтроллере можно учитывать расход электроэнергии. Анализируя полученные значения ПКЭ в нескольких точках энергосистемы, можно будет делать выводы в целом о всей системе энергоснабжения. Это в свою очередь поможет предпринять правильные шаги по повышению качества электроэнергии, определений точек возникновения и распространения помех.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Железко, Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: Руководство для практических расчетов / Ю. С. Железко - М.: ЭНАС, 2009. – 456с.: ил.

РАЗДЕЛ II. ИЗМЕРЕНИЯ В ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУКАХ И ТЕХНИКЕ

2. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
3. IEC 61000-4-30: 2008. Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-30: Testing and

measurement techniques - Power quality measurement methods (MOD).

д.т.н., профессор **Тищенко А.И.**; к.ф.-м.н., доцент **Агапов М.Н.**; аспирант **Чугунов Г.А.** - тел. (3852) 36-78-66, E-mail: h_george@mail.altstu.ru - Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова.

УДК 681.326.7

КОНСТРУКЦИЯ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА СЕРНОЙ КИСЛОТЫ

Ю.Ф. Давыдов, Г.М. Горбова

Рассматривается устройство оптической системы контроля концентрации серной кислоты. Исследованы зависимости распределения концентрации с установкой сепаратора и без него, а также выбраны оптимальные конструктивные параметры системы.

Ключевые слова: концентрация, оптический преобразователь, сернокислотное производство.

Методики, связанные с периодическим отбором проб газов из газоходов, исключают возможность выполнения оперативного контроля технологического процесса и препятствуют снижению уровня экологического воздействия на окружающую среду. Это осложняется и тем, что технология получения серной кислоты включает в себя сложные режимы течения, формирующиеся при подаче или отводе жидкости или газа, при передаче энергии или информации через жидкую или газовую среду в технологической схеме. Подобные течения возникают в системах и устройствах очистки и отвода газовых и газожидкостных сред на предприятиях цветной металлургии, связанных с образованием значительных объемов запыленных технологических и вентиляционных газов. Для преодоления перечисленных негативных факторов возникает необходимость разработки оптимальных, с гидравлической точки зрения, компоновок трубопроводных систем с минимальным гидравлическим сопротивлением, создающих монодисперсные, прогнозируемые непрерывно и достоверно контролируемые двухфазные потоки. Весьма актуальна задача создания единой автоматизированной системы, позволяющей непрерывно оценивать режимные состояния аппаратов, входящих в комплекс сернокислотного производства.

Целью настоящей работы является разработка конструкции сепаратор - оптический пылемер, используемой для контроля различных режимов движений двухфазных

газо-жидкостных потоков в процессе производства серной кислоты, а также получение экспериментальных зависимостей распределения концентрации серной кислоты по диаметру сепаратора.

Создание непрерывной измерительной системы "оптический пылемер - сепаратор - аккумулятор" двухфазных потоков предусматривает измерение и контроль концентраций изучаемых параметров потоков при изменении их характеристик в широких пределах. Оптический пылемер устанавливается на рабочем участке сепаратора на расстоянии больше $X_{нач}$ (начальный участок) закручивающего устройства, то есть вне предела зоны обратных течений (рисунок 1).

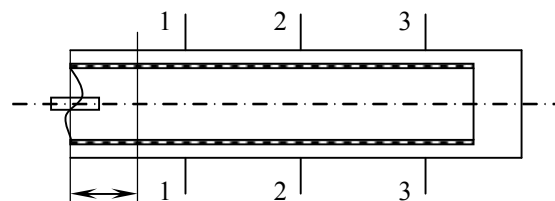


Рисунок 1 - Установочные сечения для оптического пылемера на рабочем участке сепаратора

Измерительный комплекс монтируется жестким присоединением оптического пылемера, в качестве первичного измерительного преобразователя, в контрольном створе рабочего участка сепаратора с выходом на вторичные приборы преобразования оптического сигнала. Конструктивная схема соединения пылемера и сепаратора показана на рисунке 2. Глубина сигнала комплекса регулируется