УДК 621.313.21.001.4(045)

В. М. Синеглазов, д-р техн.наук, проф.,
Б. И. Дмитренко, асп.,
А. В. Кульбака, асп.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕТЕОСТАНЦИИ КАК СОСТАВНОЙ ЧАСТИ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Институт аэрокосмических систем управления НАУ, e-mail: svm@nau.edu.ua

Рассмотрена задача проектирования метеостанции как составной части ветроэнергетической установки. Определен комплекс технических средств, используемый для ее реализации.

Ключевые слова: ветроэнергетическая установка, метеостанция, комплекс технических средств.

Введение. Использование энергии ветра на практике осуществляется с помощью ветроэнергетических установок, в которых кинетическая энергия ветрового потока преобразуется в механическую энергию вращения ветроколеса, а затем в электрическую энергию генератора.

Эффективная работа ветроэнергетических установок зависит от направления и скорости ветра, плотности воздуха, которая, в свою очередь, зависит от его влажности и температуры. Таким образом, для того чтобы ветроэнергетическая установка работала эффективно, в её состав должна входить метеостанция. Метеостанция также выполняет предупреждающую роль. При резких порывах ветра или при увеличении скорости ветра выше максимального значения она подает сигнал на блокирующий узел ветроколеса во избежание выхода ветроустановки из строя.

Различают аналоговые и цифровые метеостанции. На классической (аналоговой) метеостанции имеется:

– термометр для измерения температуры;
– барометр для измерения давления;
– гигрометр для измерения влажности воздуха;
– анемометр для измерения скорости ветра;
– флюгер для измерения направления ветра;
– осадкомер для измерения осадков.

Ветроэнергетический кадастр представляет собой совокупность характеристик ветра, позволяющих выявить его энергетическую ценность и определить возможные режимы работы ветроэнергетических установок.

Основные кадастровые характеристики ветра:

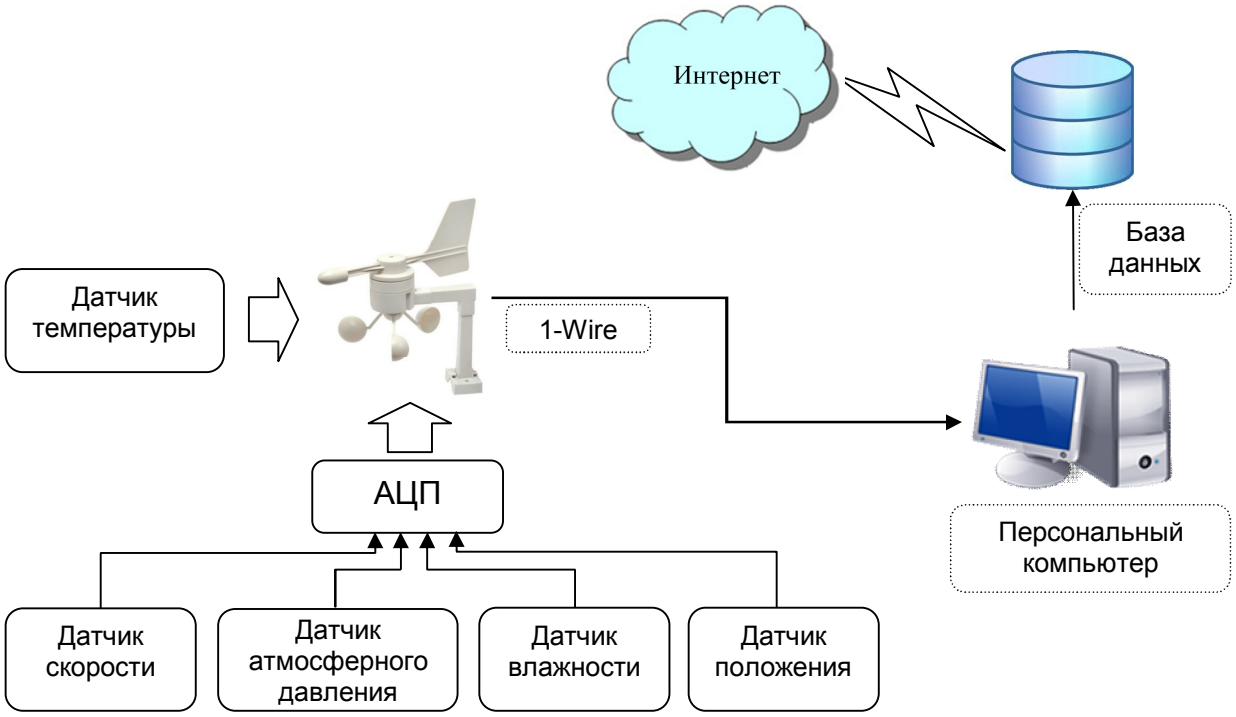
– среднегодовая скорость ветра;
– годовой и суточный ход ветра;
– повторяемость скоростей ветра;
– повторяемость направлений ветра;
– распределение ветровых периодов и периодов затиший по длительности;
– максимальная скорость ветра;
– удельная мощность и удельная энергия ветра;
– ветроэнергетические ресурсы района.

Постановка задачи. Требуется разработать структурную схему метеостанции, которая входит в состав ветроэнергетической установки, и определить комплекс технических средств, который используется для её реализации.

Разработка структурной схемы метеостанции и обоснование комплекса технических средств. Метеостанция должна давать возможность определять все

необходимые для работы ветроэнергетической установки характеристики: скорость ветра, годовой и суточный ход ветра, повторяемость скоростей ветра, повторяемость направлений ветра, распределение ветровых периодов и периодов затиший по длительности, максимальную скорость ветра, удельную мощность и удельную энергию ветра.

Структурная схема метеостанции приведена на рисунке.



Структурная схема метеостанции: АЦП – аналого-цифровой преобразователь

Основой метеостанции был избран однопроводной интерфейс 1-Wire, разработанный в конце 90-х годов фирмой Dallas Semiconductor Corp. Этот интерфейс регламентирован разработчиками для применения в четырех основных сферах-приложениях:

– приборы в специальных корпусах MicroCAN для решения проблем идентификации, переноса или преобразования информации (технология iButton);

– программирование встроенной памяти интегральных компонентов;

– идентификация элементов оборудования и защита доступа к ресурсам электронной аппаратуры;

– системы автоматизации (технология сетей 1-Wire-сетей).

Первое из этих направлений широко известно на мировом рынке и уже давно пользуется заслуженной популярностью. Второе с успехом обеспечивает возможность легкой перестройки функций полупроводниковых компонентов, производимых фирмой Dallas Semiconductor и имеющих малое количество внешних выводов. Третье позволяет обеспечить недорогую, но достаточно эффективную идентификацию и надежную защиту самого разнообразного оборудования. Что касается четвертого применения, то реализация локальных распределенных систем на базе 1-Wire-шины является на сегодня де-факто наиболее оптимальным решением для большинства практических задач автоматизации. В настоящее время Dallas Semiconductor поставляет широкую номенклатуру однопроводных компонентов различных функциональных назначений для реализации самых разнообразных сетевых приложений. Поэтому имеется огромное количество конкретных примеров использования 1-Wire-интерфейса для целей автоматизации в самых различных областях, и все больше разработчиков проявляют интерес к этой технологии.

1-Wire-net представляет собой информационную сеть, использующую для осуществления цифровой связи одну линию данных и один возвратный (земляной) провод. Таким образом, для реализации среды обмена этой сети могут быть применены доступные кабели, содержащие неэкранированную витую пару той или иной категории, и даже обычный телефонный провод. Такие кабели при их прокладке не требуют наличия какого-либо специального оборудования, а ограничение максимальной длины однопроводной линии регламентировано разработчиками до 300 м.

Основой архитектуры 1-Wire сетей является топология общей шины, когда каждое из устройств подключено непосредственно к единой магистрали, без каких-либо каскадных соединений или ветвлений. При этом в качестве базовой используется структура сети с одним ведущим или мастером (персональный компьютер либо микроконтроллер) и многочисленными ведомыми устройствами (датчики температуры, АЦП, память и др.).

Предельная скорость обмена в сети составляет 16,3 кбит/с и является более чем достаточной для применения в области автоматизации.

Другие преимущества, такие как простое и оригинальное решение адресуемости абонентов, несложный протокол, малое энергопотребление компонентов, легкое изменение конфигурации сети, значительная протяженность линий связи, исключительная дешевизна всей технологии в целом, отражают очевидную рациональность и высокую эффективность этого инструмента при решении задач комплексной автоматизации в самых различных областях деятельности.

Благодаря наличию в составе любого устройства, снабженного 1-Wire-интерфейсом, индивидуального адреса (отсутствие совпадения адресов для компонентов, когда-либо выпускаемых компанией Dallas Semiconductor, гарантируется самой фирмой-производителем) такая сеть имеет неограниченное адресное пространство. При этом каждый из однопроводных компонентов сразу готов к использованию в составе 1-Wire-сети без каких-либо дополнительных аппаратно-программных модификаций.

Особенно привлекательным качеством 1-Wire-технологии является исключительная простота настройки, отладки и обслуживания сети практически любой конфигурации, построенной по этому стандарту. Действительно, для начала работы достаточно любого персонального компьютера, недорогого адаптера 1-Wire-линии, а также одной из свободно распространяемых фирмой Dallas Semiconductor тестовых программ: либо оболочки iButton Viewer, либо пакета разработчика OneWireViewer. При наличии этого небольшого количества составляющих организация функционирования 1-Wire-сети любой сложности, построенной на базе стандартных однопроводных компонентов, реализуется буквально в течение нескольких минут. Возможности, предоставляемые программами iButton Viewer и OneWireViewer, позволяют с максимальным комфортом для разработчика идентифицировать любое из ведомых однопроводных устройств на 1-Wire-линии и проверить в полном объеме правильность его функционирования в составе конфигурируемой 1-Wire-сети.

В соответствии с приведенной структурной схемой в состав метеостанции входят следующие компоненты:

– датчик температуры,
– аналого-цифровой преобразователь,
– датчик скорости ветра,
– датчик направления ветра,
– датчик абсолютного давления,
– датчик влажности.

Для измерения температуры применяется цифровой термометр типа DS18B20. Преимуществом этих цифровых термометров являются неплохие метрологические характеристики и хорошая помехоустойчивость.

Диапазон измерений – от минус 55 до +125°С и точностью 0,5°С в диапазоне от минус 10 – +85 °С. В дополнение DS1820 может питаться напряжением линии данных (parasite power) при отсутствии внешнего источника напряжения. Цифровой код, считываемый с такого термометра, является прямым результатом измеренного значения температуры и не нуждается в дополнительных преобразованиях.

Для обслуживания аналоговых датчиков (датчика скорости ветра, датчика направления ветра, датчика абсолютного давления и датчика влажности) применен четырехканальный 16-разрядный АЦП типа DS2450. Он представляет собой преобразователь аналогового сигнала в цифровой, работающий в режиме последовательного приближения, с аналоговым мультиплексором 4 в 1. Каждый канал имеет собственный регистр, в котором устанавливается и хранится диапазон входного напряжения, разрешающая способность и значение сигнальных порогов, используемых для установки сигнальных флажков. Если входное напряжение выходит за указанный диапазон, флажки разрешают участие прибора в «условном поиске». На каждый канал устанавливаются по два сигнальных флажка, которые без требования к ведущему шины просто указывают, было ли измеренное напряжение выше или ниже установленных порогов. Каждое преобразование АЦП инициализируется ведущим шины. Диапазон измеряемых напряжений может задаваться программно от 0 до 2,56 В либо от 0 до 5,12 В.

Измерение влажности осуществляется аналоговым ёмкостным датчиком влажности Honeywell HIH-4000. Он предназначен для измерения относительной влажности воздуха от 0 до 100 %. Основа датчиков – чувствительный элемент, представляющий собой многослойную структуру, образуемую двумя плоскими платиновыми обкладками и диэлектрическим термореактивным полимером, заполняющим пространство между ними. Термореактивный полимер, по сравнению с термореактивной пластмассой, обеспечивает датчику более широкий диапазон рабочих температур и высокую химическую стойкость к таким агрессивным жидкостям и их парам, как изопропил, бензин, толуол и аммиак.

В процессе работы водяной пар проникает через верхнюю пористую обкладку конденсатора и уравновешивается с окружающим газом. Одновременно эта обкладка защищает электрические процессы, протекающие в полимерном слое, от внешних физических воздействий (света и электромагнитного излучения). Слой полимера, покрывающий пористый платиновый электрод сверху, служит защитой конденсатора от пыли, грязи и масел. Такая мощная фильтрационная система, с одной стороны, обеспечивает датчику длительную бесперебойную работу в условиях сильной загрязненности окружающей среды, с другой – снижает время отклика.

Датчик влажности – интегрированный прибор. Помимо чувствительного элемента, на той же подложке расположена схема обработки сигнала, которая обеспечивает преобразование сигнала, его усиление и линеаризацию. Выходной сигнал датчика является функцией от напряжения питания, окружающей температуры и влажности. Чем выше напряжение питания, тем больший размах выходного сигнала и соответственно чувствительность. При напряжении питания 5 В выходной сигнал имеет размах от 1 до 4 В.

В качестве чувствительного элемента контроля уровня атмосферного давления в составе метеостанции используется интегрированный термокомпенсированный датчик от фирмы Motorola Inc. MPXA4115.

Полупроводниковая технология позволила создать упругий элемент датчика давления в виде кремниевой диафрагмы, непосредственно на которую методом ионной имплантации внедряют тензорезистивную структуру. Сцепление тензорезистора и кремниевой мембраны на молекулярном уровне позволяет исключить погрешности, связанные с передачей деформации от упругого элемента к тензорезистору.

Изготавливаемый таким способом монолитный кремниевый измеритель давления, запатентованный фирмой Моторола, получил название X-ducer из-за крестообразного расположения четырех выводов. Одна пара выводов элемента давления служит для подачи питающего напряжения, а на второй паре датчик развивает разность потенциалов, линейно зависящую от приложенного напряжения и механического давления. Кристалл датчика, объединяясь с подложкой, может образовывать абсолютный или дифференциальный чувствительный элемент. Датчик давления имеет линейную характеристику преобразования со смещением нуля. Измерение давления данного датчика лежит в диапазоне 15 – 115 кПа. Погрешность измерения давления не превышает 1,5 %.

Для измерения скорости ветра применен оптический инкрементальный энкодер. Оптический энкодер имеет жёстко закреплённый на валу диск с оптическим растром и стационарный блок – измерительной головки, включающей в себя источник света и фотодетектор. При вращении вала растр перемещается относительно неподвижной измерительной головки, при этом модулируется световой поток, принимаемый фотодатчиком. Этот тип энкодера, в отличие от абсолютного, не формирует выходные импульсы, когда его вал находится в покое. Полученные таким образом импульсы с частотой, соответствующей скорости вращения вала, поступают на вход преобразователя частоты в напряжение. Для преобразования частоты в напряжение применена интегральная микросхема типа LM2917 с линейной зависимостью выходного напряжения от входной частоты. Далее сигнал поступает на один из входов АЦП. Такая реализация для измерения скорости ветра позволила значительно повысить точность данного измерения и составила не более 0,05 м/с.

Для измерения направления ветра применен безстопорный переменный резистор промышленного назначения. Время наработки на отказ – не менее 100 000 циклов. Сигнал с резистора поступает непосредственно на вход АЦП. Такой способ позволяет измерять направление ветра с точностью не более 1º.

Программное обеспечение реализовано на персональном компьютере и позволяет вести мониторинг текущих параметров метеоданных. Все данные с метеостанции собираются в базу данных для дальнейшего анализа. Таким образом можно получить данные о среднесуточном ветре, среднемесячном ветре, максимальной скорости ветра, преобладании направленности ветра, периодах затишья и пр. Объединив множество таких метеостанций в одну сеть, распределенных на территории города или региона, будет возможным более детально изучать влияние городской архитектуры на скорость и направленность ветра, розы ветров и их изменяемость. Благодаря использованию 1-Wire технологии метеостанция может легко быть дооснащена дополнительными датчиками, такими как, например, датчиками загазованности (CO_2, CO, NO_2), осадкомером, датчиком прямой видимости, датчиком высоты облаков и другими, что позволит значительно расширить области применения метеостанций такого типа.

Заключение. Метеостанция была разработана как компонент ветроэнергетической установки, и, благодаря использованию 1-Wire технологии, может быть применена как для бытового, так и для промышленного назначения. Метеостанция фиксирует абсолютно все характеристики и показатели, необходимые для ветроустановок. Низкая стоимость и высокая точность данной метеостанции, а также подключение дополнительных датчиков позволяют значительно расширить области её применения. Она может быть использована для различных целей, таких как прогнозирование погоды, определения характеристик автодорог, загазованности и пр. Объединение в одну сеть большого количества таких метеостанций, а также накопленная база данных позволят более детально изучать метеорологические данные и осуществлять более точное прогнозирование.

Список литературы

1. *Безруких П. П.* Использование энергии ветра / П. П. Безруких. – М.: Колос, 2008. – 4 с.
2. *Лятхер В. М.* Развитие ветроэнергетики / В. М. Лятхер // Малая энергетика. – 2006. – №1-2 (4-5). – С. 18 – 38.
4. *Солоницын А. А.* Второе пришествие ветроэнергетики. / А. А. Солоницын // Сайт «Изобретатели». – http://www.inventors.ru/index.asp?mode=4846. – М., – 2007. – 18 с.
5. *Соломин Е. В.* Базовая Информация / Е. В. Соломин // Сайт ООО «ГРЦ-Вертикаль». – www.src-vertical.com. – Челябинск, 2007. – 1 с.
6. *Поляков С. Г.* Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере / С. Г. Поляков // Сайт Фонда. – www.fasie.ru. – М., 2008.
12. *Семенов А. И.* Ветроэнергетика на линии / А. И. Семенов // «Эксперт on-line». – http://www.expert.ru/printissues/expert/2003/29/29ex-nauka3/print. – М., 2007. – С. 1 – 5.
3. *Магидин Ф. А.* Кн. 8. Ч. 1. Воздушные линии электропередачи / Электромонтажные работы: учеб. пособие для ПТУ / под ред. А. Н. Трифонова. – М.: Высш. шк., 1991. – Кн. 11. – 208 с.
14. *Рензо Д.* Ветроэнергетика / под ред. Я. И. Шефтера. – М.: Энергоатомиздат, 1982. – С. 4 – 35.

В. М. Синєглазов, Б. І. Дмитренко, А. В. Кульбака

Проектування метеостанції як складової частини вітроенергетичної установки

Розглянуто завдання проектування метеостанції як складової частини вітроенергетичної установки. Визначено комплекс технічних засобів, що використовується для її реалізації.

V. M. Sineglazov, B. I. Dmitrenko, A. V. Kulbaka

Design weather station as part of the wind power station

The task of weather stations design as part of the wind power station is considered. The complex of technical appliances used to implement it is determined.