АНЕМОМЕТР КАК ДАТЧИК СКОРОСТИ ВЕТРА В СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА АТМОСФЕРЫ ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ И ПРИМЕНЕНИЕ.

Pisetsky Yuri Valeryevich DSc, Professor
TUIT named after Muhammad al-Khorazmiy,
yuriy.pisetskiy@mail.ru
(99890)3502774
Yuldashev Jalaliddin Fayzullo ug'li
Muhammad Al-Khorazmiy TUIT, doctoral student
jalol2122@gmail.com
(99894)1148833

Аннотация. В статье рассматриваются современные методы интеграции анемометров в системы мониторинга атмосферных параметров. Описаны ключевые типы анемометров (чашечные, ультразвуковые, термо анемометры), их принципы работы и области применения. Особое внимание уделено способам передачи данных – от проводных интерфейсов (RS-485, 4–20 мА) до беспроводных технологий (LoRaWAN, NB-IoT, Zigbee). Приведена уровневая архитектура системы мониторинга, включая датчиковый, сетевой, облачный и пользовательский уровни. Рассмотрены алгоритмы обработки данных (фильтр Калмана, медианное усреднение) и инструменты визуализации (Grafana, GIS-системы). Практические кейсы демонстрируют использование анемометров в метеорологии, телекоммуникациях (защита базовых станций) и умных городах. Обсуждаются типовые проблемы интеграции (потеря данных, калибровка) и перспективные технологии (5G, квантовые датчики).

Ключевые слова: анемометр, мониторинг атмосферы, LoRaWAN, IoT, RS-485, умный город и базовые станции.

Annotation. The article discusses modern methods of integrating anemometers into atmospheric parameter monitoring systems. The key types of anemometers (cup, ultrasound, thermo anemometers), their principles of operation and fields of application are described. Special attention is paid to data transmission methods ranging from wired interfaces (RS–485, 4-20 mA) to wireless technologies (LoRaWAN, NB-IoT, Zigbee). The layered architecture of the monitoring system, including sensor, network, cloud, and user layers, is presented. Data processing algorithms (Kalman filter, median averaging) and visualization tools (Grafana, GIS systems) are considered. Practical cases demonstrate the use of anemometers in meteorology, telecommunications (protection of base stations) and smart cities.

ISSN 3030-3907

Typical integration problems (data loss, calibration) and promising technologies (5G, quantum sensors) are discussed.

Keywords: anemometer, atmospheric monitoring, LoRaWAN, IoT, RS-485, smart city and base stations.

Annotatsiya. Maqolada anemometrlarni atmosfera parametrlarini kuzatish tizimlariga integratsiyalashning zamonaviy usullari ko'rib chiqiladi. Anemometrlarning asosiy turlari (chashka, ultratovush, termal anemometrlar), ularning ishlash tamoyillari va qo'llanilish sohalari tasvirlangan. Ma'lumotlarni uzatish usullariga alohida e'tibor qaratiladi – simli interfeyslardan (RS-485, 4-20 ma) simsiz texnologiyalarga (LoRaWAN, NB-IoT, Zigbee). Monitoring tizimining darajadagi arxitekturasi, shu jumladan sensor, tarmoq, bulut va foydalanuvchi darajalari berilgan. Ma'lumotlarni qayta ishlash algoritmlari (Kalman filtri, o'rtacha o'rtacha) va vizualizatsiya vositalari (Grafana, GIS tizimlari) ko'rib chiqiladi. Amaliy holatlar meteorologiya, telekommunikatsiya (tayanch stantsiyalarni himoya qilish) va aqlli shaharlarda anemometrlardan foydalanishni namoyish etadi. Integratsiyaning tipik muammolari (ma'lumotlarni yo'qotish, kalibrlash) va istiqbolli texnologiyalar (5G, kvant sensorlari) muhokama qilinadi.

Kalit so'zlar: anemometr, atmosfera monitoringi, LoRaWAN, IoT, RS-485, aqlli shahar va tayanch stantsiyalar.

Введение

Анемометр – ключевой прибор для измерения скорости и направления ветра, широко применяемый в метеорологии, авиации, энергетике и телекоммуникационных системах. В условиях роста требований к точности мониторинга атмосферных явлений и необходимости защиты телекоммуникационной инфраструктуры от экстремальных погодных условий, анемометры становятся критически важным элементом систем раннего предупреждения. В данной статье рассматриваются принципы работы современных анемометров, их интеграция с системами мониторинга, а также роль в телекоммуникационной инженерии, включая использование базовых станций связи (БС) для сбора и передачи данных.

Принцип работы анемометра :Анемометр – это прибор для измерения скорости и/или направления ветра. Ветер оказывает давление на чаши, расположенные вокруг основной оси, и приводит их в движение. Включается система подсчета числа кругов, совершенных чашами вокруг оси (Рис 1).

ISSN 3030-3907

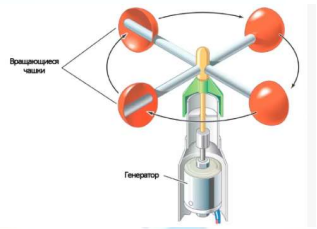


Рис 1. Устройство анемометра.

Конструкция состоит из трёх или четырёх полусферических чаш, закреплённых на вертикальной оси. Ветер воздействует на чаши, создавая разное аэродинамическое сопротивление: Выпуклая сторона чаши имеет меньшее сопротивление, чем вогнутая. Из-за этого чаши начинают вращаться. Скорость вращения пропорциональна скорости ветра. Датчик (оптический или магнитный) фиксирует количество оборотов в единицу времени и преобразует их в м/с или км/ч.

Формула расчёта скорости ветра:

$$V = k \cdot N / t$$

где:

V – скорость ветра,

k – калибровочный коэффициент,

N – количество оборотов,

t – время измерения.

Классификация анемометров

Классификация анемометров:

1. Механические анемометры или чашечные анемометры: представляют собой вращающуюся конструкцию с тремя или четырьмя чашечками, скорость вращения которых пропорциональна скорости ветра. Пропеллерные анемометры имеют крыльчатку, которая вращается под воздействием воздушного потока.

2. Ультразвуковые анемометры: Измеряют скорость ветра, анализируя время прохождения ультразвуковых сигналов между несколькими сенсорами. Обладают высокой точностью и не имеют движущихся частей, что снижает износ и необходимость технического обслуживания.

3. Лазерные и доплеровские анемометры: Используют эффекты рассеяния и доплеровского сдвига для определения скорости и направления воздушных потоков. Применяются в авиации и научных исследованиях[1].

Технические параметры и передача данных.

ISSN 3030-3907

Современные анемометры способны интегрироваться с различными сетевыми протоколами и облачными платформами. Важные технические характеристики включают:

- Диапазон измеряемых скоростей ветра: от 0 до 60 м/с.
- Погрешность измерений: ±0,3 м/с.
- Частота передачи данных: от 1 Гц до 10 Гц.
- Протоколы связи: RS-485, Modbus, LoRaWAN, Zigbee.

Энергопотребление: низкое, с возможностью автономной работы на солнечных батареях.

Интеграция анемометров в системы мониторинга атмосферы: Современные системы мониторинга атмосферы требуют не только точных измерений, но и эффективной передачи данных для анализа и прогнозирования. Анемометры, как ключевые датчики скорости и направления ветра, интегрируются в сложные сети с использованием IoT-технологий, беспроводных протоколов и облачных платформ. Рассмотрим эту интеграцию детально[2].

Таблица 1.

Архитектура системы мониторинга с анемометрами:

Уровень	Компоненты	Функции
Датчиковый	Анемометры (чашечные, УЗ, термо)	Измерение скорости/направления ветра, температуры, влажности
Сетевой	Шлюзы (LoRaWAN, Zigbee, NB-IoT)	Сбор данных с датчиков и передача в облако
Облачный	Серверы (AWS, Azure, локальные)	Хранение, обработка и визуализация данных
Пользовательский	Веб-интерфейсы, мобильные приложения	Отображение данных, прогнозы, тревожные уведомления

Анализ и передача данных: Часть ветромеров могут анализировать данные на месте, предоставляя дополнительные параметры об измеренном потоке: например, максимальное и минимальное значение скорости ветра,

ISSN 3030-3907

перерасчёт между различными единицами измерения, определение направление потока, а также другие.

Когда анемометр измеряет ветер, он генерирует кучу цифр. Но сами по себе эти числа мало что значат — их нужно правильно обработать, чтобы получить полезную информацию. Датчик может выдавать ошибки или "шум". Поэтому сначала данные чистят: 1.Фильтр Калмана — умный алгоритм, который отделяет реальные изменения ветра от случайных помех. 2.Скользящее среднее — сглаживает резкие скачки (например, от порывов ветра).3.Проверка на достоверность — отсеивает явно ошибочные значения (например, скорость 300 м/с)

После очистки данные анализируются: 1.Статистика — средняя скорость, максимальные порывы, преобладающее направление. 2.Визуализация — графики скорости, "роза ветров" (круговая диаграмма направлений). 3.Прогнозирование — алгоритмы предсказывают, как изменится ветер в ближайшие часы.



Рис 2. Ультразвуковой анемометр передает данные по LoRaWAN на шлюз The Things Network, затем в облако AWS IoT Core.

Таблица 2.

Беспроводные технологии для связи с анемометром[3].

Технология	Дальность	Потребление	Частота	Скорость	Применение
LoRaWAN	5-15 км	Очень низкое	868/915 МГц	0.3-50 кбит/с	Умные города, сельхоз
NB-IoT	1-10 км	Низкое	LTE-диапазон	250 кбит/с	Промышленный мониторинг

ISSN 3030-3907

Zigbee	100 м	Очень низкое	2.4 ГГц	250 кбит/с	Локальные сети БС
Wi-Fi	100 м	Высокое	2.4/5 ГГц	До 600 Мбит/с	Временные установки

Советы по выбору анемометра

Выбор ветрометров, которые являются важнейшими приборами для оценки свойств воздуха, может существенно повлиять на качество и точность измерений. При выборе ветрометра следует учитывать следующие важные моменты:

Цель пользователя. Первым шагом является выяснение того, для чего будет использоваться устройство. различные задачи и отрасли требуют различных качеств и требований. Например, способность работать при низких скоростях ветра и требования метеорологии зависят от высокой точности. Для таких промышленных работ, как ветряные турбины или мониторинг турбин, необходима долгосрочная надежность.

Тип ветромеров. В зависимости от поставленных целей и задач можно выбрать один из множества типов ветромеров. Чашечные ветрометры надежны и просты в эксплуатации, что делает их идеальными для общего мониторинга погоды. Ультразвуковые модели могут работать в различных условиях ветра и отличаются высокой точностью. Для дистанционных измерений они идеально подходят благодаря большому радиусу действия лазеров. Ветромеры используются в научных и инженерных исследованиях, а также для высокоточных измерений.

Диапазон измерения. Необходимо сразу же определить предполагаемый диапазон движения воздушных масс, который необходимо будет измерить, поскольку различные модели имеют различные ограничения на диапазон скоростей. Убедитесь, что выбранный вами ветромер может измерять ветровую нагрузку и удовлетворяет всем вашим потребностям.

Точность. Это важно для многих целей. Убедитесь, что ветромер достаточно точен для вашего использования. Кроме того, вы должны следить за указаниями ошибок, указанными в технических характеристиках, и сопоставлять их с требованиями, которые необходимо соблюдать.

Устойчивость к воздействию окружающей среды. Область эксплуатации может существенно повлиять на условия эксплуатации. Если вам необходимо отслеживать ветер, убедитесь, что прибор способен работать в суровых условиях.

Надёжность и безотказность. Долгосрочная надёжность особенно важна для выполнения научных и промышленных работ. Чтобы убедиться в

ISSN 3030-3907

надёжности модели, ознакомьтесь с отзывами покупателей и оцените репутацию производителя.

Бюджет. Вы должны соблюдать баланс между ценой и качеством, поскольку анемометры бывают разных ценовых категорий. Помните, что покупка более дорогого и падежного устройства сейчас может помочь вам сэкономить деньги в будущем и избежать необходимости замены.

Заключение

Анемометры играют важную роль в мониторинге атмосферы и обеспечении стабильности телекоммуникационной инфраструктуры. Их точные измерения позволяют не только прогнозировать погодные условия, но и оптимизировать работу оборудования, минимизируя риски, связанные с ветровыми нагрузками. Развитие технологий, таких как IoT и облачные платформы, значительно расширяет возможности использования анемометров, позволяя в реальном времени передавать и анализировать данные. Интеграция этих приборов в телекоммуникационные системы повышает надёжность сети, снижает затраты на обслуживание и способствует развитию устойчивой инфраструктуры связи. Таким образом, анемометры являются незаменимыми инструментами в современном мире, обеспечивая безопасность и эффективность различных отраслей, от метеорологии до высокоскоростных беспроводных технологий.

Список использованной литературы:

1. Wu, Y., & Fu, X. (2019). "Internet of Things for Meteorological Monitoring: A Review". Sensors, 19(1), 34.

2. Анализ сушествуюших систем беспроводной связи для мониторинга окружаюшей среды«Перспективы инновационного метрологического обеспечения промышленности и его актуальные научно - практические проблемы» II Международная конференция 23-24 май, 2023.259-264стр ..

3. Система мониторинга и управления состояния окружающей среды на основе технологии IoTInternational scientific-practical conference on the theme:«Information technology, networks and telecommunications Itn&t-2023»111-115стр..

4. Itn&t-2023»111-115стр..

5. IEEE 802.15.4 Standard for Low-Rate Wireless Networks. (2021).

ISSN 3030-3907