

УДК 681.5.01

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ УРОВНЕМЕРЫ: ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ, КЛАССИФИКАЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ

Пушкарев Е.В., студент гр. АРм-241, II курс
Научный руководитель: Любимов О.В., к.т.н., доцент
Кузбасский государственный технический университет имени
Т.Ф. Горбачева г. Кемерово

Измерение уровня жидкости, сыпучих материалов или твердых тел является одной из фундаментальных задач в различных отраслях промышленности, таких как химическая, нефтегазовая, пищевая, фармацевтическая, горнодобывающая и многих других. Точное и надежное определение уровня необходимо для обеспечения безопасности, оптимизации технологических процессов, контроля запасов и предотвращения аварийных ситуаций. Традиционные методы измерения уровня, основанные на визуальном контроле или использовании механических поплавковых систем, обладают рядом существенных недостатков, включая низкую точность, зависимость от человеческого фактора, невозможность дистанционного контроля и интеграции в автоматизированные системы управления. В связи с этим, разработка и внедрение автоматизированных уровнемеров, способных непрерывно и с высокой точностью измерять уровень различных сред и передавать полученные данные в системы управления, стали неотъемлемой частью современной промышленной автоматизации. Автоматизированные уровнемеры обеспечивают повышение эффективности производственных процессов, снижение затрат, улучшение качества продукции и повышение уровня безопасности.

Автоматизированные уровнемеры работают на различных физических принципах, позволяющих преобразовывать информацию об уровне измеряемой среды в электрический сигнал, который затем может быть обработан и передан в систему управления. Основные принципы работы включают:

- **Гидростатический:** основан на измерении давления столба жидкости на определенной глубине. Датчик давления, погруженный в жидкость, регистрирует давление, пропорциональное высоте столба жидкости и ее плотности.

- **Емкостной:** использует изменение электрической емкости конденсатора, образованного двумя электродами, один из которых является зондом, погруженным в измеряемую среду, а другой – стенкой резервуара или дополнительным электродом. Уровень жидкости или сыпучего материала влияет на диэлектрическую проницаемость среды между электродами, что приводит к изменению емкости.

- **Ультразвуковой:** основан на измерении времени прохождения ультразвукового импульса от излучателя до поверхности измеряемой среды и обратно. Расстояние до поверхности, а следовательно, и уровень, определяется по времени задержки отраженного сигнала.

- **Радарный (радиоволновой):** аналогичен ультразвуковому принципу, но вместо ультразвуковых волн используются электромагнитные волны высокой частоты (радиоволны). Радарные уровнемеры менее чувствительны к изменениям температуры, давления и состава среды.

- **Поплавковый с магнитным преобразователем:** основан на том, что механический поплавок, перемещающийся вместе с уровнем жидкости, воздействует на магнитный датчик, расположенный вне резервуара. Изменение положения поплавка преобразуется в электрический сигнал.

- **Оптический:** использует различные оптические эффекты, такие как отражение, преломление или поглощение света на границе раздела сред. Оптические уровнемеры могут быть контактными или бесконтактными.

- **Вибрационный:** основан на изменении частоты вибрации чувствительного элемента при контакте с измеряемой средой.

Автоматизированные уровнемеры могут быть классифицированы по различным критериям:

- **По принципу действия:** гидростатические, емкостные, ультразвуковые, радарные, поплавковые, оптические, вибрационные и др.

- **По типу измеряемой среды:** для жидкостей, сыпучих материалов, твердых тел.

- **По способу установки:** Погружные, накладные (внешние), врезные.

- **По типу выходного сигнала:** Аналоговый (ток, напряжение), цифровой (HART, Modbus, Profibus и др.).

- **По области применения:** Промышленные, бытовые, специальные (например, для агрессивных сред, высоких температур, высокого давления).

Каждый тип автоматизированных уровнемеров обладает своими преимуществами и недостатками, которые необходимо учитывать при выборе устройства для конкретного применения (см. таблицу).

Тип уровнемера	Преимущества	Недостатки	Области применения
Гидро-статический	Простота конструкции, низкая стоимость, высокая надежность.	Зависимость от плотности жидкости, необходимость погружения датчика, ограниченный диапазон измерения.	Резервуары с жидкостями, водонапорные башни, скважины.
Емкостной	Универсальность применения (жидкости, сыпучие материалы), отсутствие движущихся частей.	Чувствительность к изменению диэлектрической проницаемости среды, налипание материала на зонд.	Емкости хранения, бункеры, силосы.
Ультразвуковой	Бесконтактное измерение, простота установки и обслуживания.	Чувствительность к пене, пару, пыли, из-	Открытые резервуары, емкости с неагрессивными жидкостями.

Тип уровнемера	Преимущества	Недостатки	Области применения
		менениям температуры и давления воздуха.	
Радарный	Бесконтактное измерение, высокая точность и надежность, устойчивость к внешним воздействиям.	Более высокая стоимость по сравнению с ультразвуковыми уровнемерами.	Резервуары с агрессивными средами, высокие температуры и давления, нефтегазовая промышленность.
Поплавковый с магнитным преобразователем	Простота и надежность, независимость от свойств среды.	Наличие движущихся частей, возможность механических повреждений, ограниченный диапазон измерения.	Резервуары с жидкостями, системы контроля уровня топлива.
Оптический	Высокая точность, возможность измерения уровня прозрачных жидкостей.	Чувствительность к загрязнениям, более высокая стоимость.	Медицинская и фармацевтическая промышленность, контроль уровня в малых емкостях.
Вибрационный	Компактность, простота установки, нечувствительность к пене и вязким жидкостям.	Ограниченный диапазон измерения, подходит в основном для сигнализации предельных уровней.	Контроль предельных уровней в резервуарах и трубопроводах.

Развитие технологий в области микроэлектроники, сенсорики и беспроводной связи открывает новые перспективы для совершенствования автоматизированных уровнемеров. Ожидается дальнейшее повышение точности, надежности, функциональности и снижение стоимости данных устройств.

Ключевые тенденции развития включают:

- **Интеграция с системами IoT (интернета вещей):** Обеспечение возможности удаленного мониторинга и управления уровнем через интернет, сбор и анализ больших объемов данных для оптимизации процессов.
- **Разработка интеллектуальных уровнемеров:** Внедрение алгоритмов машинного обучения и искусственного интеллекта для автоматической калибровки, диагностики неисправностей, прогнозирования изменений уровня и адаптации к сложным условиям эксплуатации.
- **Миниатюризация и беспроводные технологии:** Создание компактных и энергоэффективных беспроводных уровнемеров для упрощения монтажа и снижения затрат на прокладку кабельных сетей.
- **Разработка многопараметрических датчиков:** Интеграция функций измерения уровня с другими параметрами процесса, такими как температура, давление, плотность и состав среды, в одном устройстве.

- **Применение новых материалов и технологий:** Использование композитных материалов, нанотехнологий и аддитивных технологий для улучшения характеристик датчиков и расширения диапазона их применения.

Области применения автоматизированных уровнемеров постоянно расширяются и включают:

- **Промышленная автоматизация:** Контроль уровня в реакторах, сепараторах, хранилищах, бункерах, силосах и других емкостях.

- **Нефтегазовая промышленность:** Измерение уровня нефти, нефтепродуктов, сжиженного газа в резервуарах, танкерах, трубопроводах.

- **Химическая промышленность:** Контроль уровня агрессивных и опасных жидкостей в различных технологических процессах.

- **Пищевая промышленность:** Контроль уровня сырья, полуфабрикатов и готовой продукции в емкостях и линиях розлива.

- **Фармацевтическая промышленность:** Высокоточное измерение уровня стерильных жидкостей и порошков.

- **Водоснабжение и водоотведение:** Контроль уровня воды в резервуарах, насосных станциях, очистных сооружениях.

- **Сельское хозяйство:** Контроль уровня воды в ирригационных системах, хранилищах жидких удобрений.

- **Энергетика:** Контроль уровня теплоносителя в котлах, баках-аккумуляторах.

- **Транспорт:** Контроль уровня топлива в баках транспортных средств.

Таким образом, из вышеописанного следует, что:

- 1) Автоматизированные уровнемеры играют ключевую роль в обеспечении эффективного и безопасного функционирования отраслей народного хозяйства.

- 2) Разнообразие принципов действия и конструктивных исполнений позволяет выбрать оптимальное решение для широкого спектра задач измерения уровня.

- 3) Дальнейшее развитие технологий и интеграция с системами IoT открывают новые горизонты для применения автоматизированных уровнемеров, способствуя повышению уровня автоматизации, оптимизации технологических процессов и снижению эксплуатационных затрат.

Список литературы:

1. Петренко С.В., Иванов П.П. Современные уровнемеры: обзор технологий и применение // Автоматизация и IT в энергетике. — 2018. — № 7 (99). — С. 12-18.

2. Соколов О.Г., Прохоров Ю.А. Анализ методов измерения уровня жидкости в резервуарах // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. — 2019. — Т. 21, № 3. — С. 45-52.

3. Баженов Р.А., Карпов А.Е. Новые разработки в области ультразвуковых уровнемеров // Приборы и системы управления. — 2017. — № 10. — С. 20-26.

4. ГОСТ 33505-2015. Устройства исполнительные электрические для трубопроводов. Общие технические условия.