

МОНИТОРИНГ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Говоря о технологическом аспекте повышения эффективности производства, большие надежды возлагаются на промышленный интернет вещей, или **IIoT** (Industrial Internet of Things). Предполагается, что именно IIoT поможет оцифровать всю цепочку создания изделий, создать интеллектуальное производство и существенно повысить его эффективность. Промышленные разработки сейчас занимают более 60% отечественного рынка IoT. Эта тенденция ещё острее ставит вопрос того, как используя этот инновационный инструмент поднять отечественную промышленность на новый уровень эффективности.

Сегмент индустриального Интернета вещей, рассчитанный на цифровизацию предприятий и представляющий собой набор инструментов для построения киберфизических систем, постепенно укрепляет свои позиции. Внедрение индустриальных киберфизических систем позволит вывести производство на новый уровень, где высокая степень автоматизации и интеллектуальной автономности производственных процессов и оборудования будет сочетаться с их интеграцией в единое информационное пространство.

На сегодняшний день рынок информационных систем предлагает довольно ограниченный перечень решений проблемы мониторинга функционирования оборудования. Предприятия сталкиваются с тем, что вынуждены отказываться от станков более старых моделей, не оснащённых системами класса **MDC/MDA** (Machine Data Collection/Machine Data Acquisition), в пользу станков с **ЧПУ** или дорогостоящих терминалов-регистраторов, которые, работая по системе «Чёрный ящик», оцифровывают данные о работе оборудования и перенаправляют их в различные базы данных и информационные системы [1][2]. В свою очередь, компании, продающие подобные системы, заинтересованы в приобретении производственными предприятиями уже готовых решений «под ключ», основанных на приобретении нового оборудования, регистраторов, программного обеспечения и дополнительного внешнего обслуживания, что, в свою очередь, существенно поднимает стоимость самого мониторинга и делает данное решение в разы менее доступным.

Возникает существенное противоречие: повышение эффективности работы оборудования, а, следовательно, повышение прибыли предприятия упирается в приобретение большого дорогостоящего комплекса аппаратных и программных продуктов, многие функции которых в производстве не используются. По данным портала «Управление производством» [3] подобные решения позволяют повысить эффективность производства на 15-45%, в то время как стоимость такого решения очень высока, а потому вопрос окупаемости такой технологии стоит достаточно остро.

Целью моей работы является *создание аппаратно-программного комплекса*, обеспечивающего *мониторинг функционирования оборудования* на предприятии. В данный комплекс войдут работы по подбору датчиков под определённый станок, организации работы микросхемы, передаче данных с нее и представлении собранной информации в понятном для пользователя виде.

Для того, чтобы лучше понять принципы функционирования подобных продуктов, необходимо обратиться к самому понятию «мониторинг» в контексте цифрового предприятия.

Мониторинг — процесс сбора, обработки, хранения, передачи, анализа и визуализации данных с технологического оборудования, а также формирование информации и сигналов на их основе [4]. Данные, получаемые в процессе производства непосредственно с оборудова-

ния, наиболее достоверно отображают процесс работы оборудования. Автоматизированная обработка сигналов, полученных информационной системой, открывает путь к повышению эффективности производства и переходу на новый технологический уровень, что, в свою очередь, позволяет собрать в единый контур все данные для перехода от управления по результатам к управлению производством в реальном времени.

Являясь связующим звеном между оборудованием и человеком, подобная система решает проблему представления больших объёмов различных сигналов и данных в понятной для пользователей форме, путём передачи данных со станков по локальной (реже беспроводной) сети на сервер с последующей обработкой и визуализацией в клиентских приложениях. Кроме того, данная система открывает новые возможности для многих отделов предприятия. Схема работы системы мониторинга представлена на рис.1.

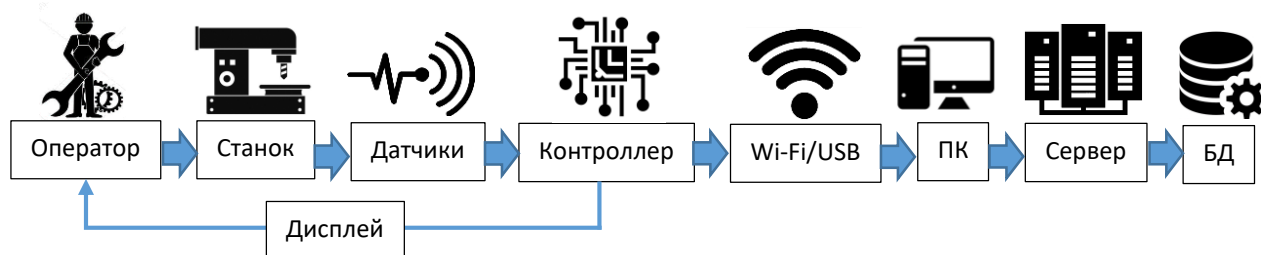


Рис. 1. Структура системы мониторинга оборудования

В качестве станка, на котором будут проводиться испытания, был выбран ленточно-пильный станок ARG-250. Поскольку он является станком старого образца и не оснащён ЧПУ, то система датчиков поможет решить ряд проблем, возникающий при работе на ARG-250. Таблица 1 демонстрирует, при помощи каких электронных компонентов будут решены нижеперечисленные проблемы.

Проблема	Решение	Необходимые элементы	Маркировка
Выход из строя оборудования при превышении значения максимального тока	Измерение значений силы тока на станке и вывод этих значений на экран оператора	Датчик переменного тока высокой точности неинвазивный	SCT-013-30A
На станке нет автоматического выключателя процесса	Монтаж на станок концевого выключателя	Оптический концевик	LJ12A3-4-Z/BX
Лезвие станка приходит в негодность вследствие перегрева	Контроль уровня охлаждающей жидкости и вывод текущего уровня на экран оператора	УЗ датчик	HC-SR04
Перегруз станка	Фиксация основных состояний станка (не работает, работает, холостой ход, перегруз)	Датчик напряжения высокой точности	ZMPT101B
Отсутствие идентификации оператора на станке	Идентификация оператора при помощи RFID-меток	RFID-считыватель	RDM-6300

Табл. 1. Проблема и приборы для ее решения

Датчики на станке могут фиксировать различные величины, характеризующие работу оборудования в режиме реального времени. Основными величинами в данном случае явля-

ются сила тока, напряжение, мощность и уровень охлаждающей жидкости. При необходимости к станку также могут быть подведены энкодер, датчик вибрации (для определения люфта), датчик температуры и так далее. Помимо этого, на плате должны быть размещены модуль передачи данных, модуль реального времени и дисплей, чтобы у оператора была возможность просматривать показания датчиков.

Технический паспорт станка ARG-250 накладывает на значения тех или иных величин определённые ограничения, которые необходимо учитывать. Таблица 2 содержит диапазон допустимых значений, которые будут измеряться в процессе работы.

Наименование датчика	Измеряемая величина	Диапазон допустимых значений
DI-CT08C15-20A	Переменный ток	16 А
ZMPT101B	Переменное напряжение	380 В
HC-SR04	Уровень жидкости	10-150 см
	Мощность	0,37 – 2,2 кВт

Табл. 2. Приборы и необходимый диапазон значений

Программа, записанная на контроллер при помощи языка C++, управляет сбором данных с датчиков, их обработкой, отправкой на сервер и выводом на дисплей. Отображение значений измеряемых величин на дисплее происходит с минимальной задержкой, чтобы оператор мог всегда точно знать, как протекает работы на станке.

Сигналы, поступившие с датчиков, по определённым протоколам передаются на компьютер. На прикладном уровне передача данных производится посредством протокола HTTP; передача пакетов на канальном уровне осуществляется с помощью Wi-Fi, используя стандарт 801.12b; представительский уровень реализован на базе протокола шифрования WPA2. Без обработки данные представляют собой набор значений, ничем не разделённый, записанный в единую строку. Чтобы расшифровывать большие массивы данных, поступающие каждую секунду, структурировать их и представлять пользователю в удобной форме, необходимо дополнительное программное обеспечение. Роль такого программного обеспечения будет выполнять exe-файл, созданный на базе программы IntelliJ IDEA Community Edition с использованием языка Java, а также различных библиотек, необходимых для обработки данных (Apache POI). Данное программное решение позволит экспортировать данные с контроллера в различные форматы (.xlsx, .xml, .csv и т.д.) в режиме реального времени, а также создавать диаграммы, позволяющие наглядно представить процесс работы станка. Благодаря подобной визуализации данных появляется возможность отследить, например, в каком состоянии и под какой нагрузкой находился станок в то или иное время работы. Если при этом задать диапазон допустимых значений конкретного параметра, приложение автоматически закрасит ячейку или строку диаграммы, в котором допустимое значение превышено, а также выведет на экран сообщение о неисправности. Кроме того, приложение позволяет задать частоту снятия показаний с датчиков. Например, если работа точная и необходимо постоянно контролировать процесс, данные можно отправлять на сервер раз в 0,1 секунды; если же работа этого не требует, то интервала в полминуты будет вполне достаточно.

Кроме оператора, который будет видеть сам процесс функционирования станка на экране, информационная система позволит реализовать следующие функции (*а, значит, решить следующие проблемы*):

- Аналитический отдел:
 - Составлять автоматическую отчётность о работе отдельного оператора или станка (*упрощение ведения документооборота*);
 - Рассчитать количество электроэнергии, потребляемое станком за определённый период (*сокращение расходов на электроэнергию*);

- Визуализировать информацию в виде различных диаграмм (*наглядность представления данных*);
- Регистрировать базовые состояния станка по времени (*эффективное использование производственных мощностей*);
- Отдел диагностики:
 - Выявлять отклонения значения измеряемого параметра от нормы (*детектирование неисправностей и их причин*);
 - Предоставлять полную информацию об эксплуатации станка: ближайшее ТО, срок работы, максимальный срок эксплуатации (*своевременное ТО, ремонт и замена*);
- Ремонтный отдел:
 - Предоставлять информацию о комплектующих/запчастях/материалах, необходимых для устранения поломки (*упрощение взаимодействия со складом и/или отделом закупок*);
- Отдел HR:
 - Выявить ответственного за работу на станке (*фиксация ответственной бригады/смены/оператора за неисправность станка*)
 - Просматривать и анализировать хронологию событий и действий, совершённых оператором (*автоматическая система штрафов, выговоров и т.д.*)

На данный момент времени происходит проектирование самой информационной системы при помощи CASE-средств на базе программного продукта ERWin. Система будет функционировать на базе тех данных, что были получены и обработаны программой на предыдущем шаге. Также в ближайшее время планируется протестировать систему сбора данных на реальном станке ARG-250 для устранения недочётов и дальнейшей калибровки.

Вывод. На базе простых аппаратных средств удалось создать устройство, обладающее широким функционалом, отвечающее за сбор данных со станков, не обладающих ЧПУ. Задействуя программные элементы, удалось осуществить оцифровку данных в режиме реального времени, их сохранение, учёт и фильтрацию, исходя из заданного диапазона значений. Программа позволяет самостоятельно задавать диапазон измерений и их частоту, а также выводить данные в форме диаграмм, интуитивно понятных пользователю. Гибкие параметры настройки программы и широкий перечень возможных подключаемых датчиков делают систему универсальной в отношении практически любого станка. В настоящее время ведётся работа по созданию информационной системы, связывающей целую сеть отделов, избавляя их от лишних расчётов, разгружая документооборот и избавляя от составления отчётности вручную.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Manufacturing execution systems (MES) – evolutions and software solutions // i-SCOOP URL <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/manufacturing-execution-systems-mes-evolutions-software-solutions/>
2. The Connected Factory and More: 5 Examples of How IIoT is Changing Manufacturing // Engineering URL: <https://www.engineering.com/AdvancedManufacturing/ArticleID/17117/The-Connected-Factory-and-More-5-Examples-of-How-IIoT-is-Changing-Manufacturing.aspx>
3. Повышение эффективности использования высокоточных станков в ПУ за счёт их непрерывного мониторинга // Деловой портал «Управление производством». 2018. URL: http://www.up-pro.ru/library/information_systems/production/effektivnost-spz.html
4. Мониторинг оборудования: сбор и обработка машинных данных // MEScontrol // Октябрь 2017. URL: <http://mescontrol.ru/equipmentmonitoring>