## Конкурсная работа:

## «Система мониторинга работы производственного оборудования»

В настоящее время на многих производственных предприятиях используется станки с ЧПУ, на приобретение которых затрачиваются существенные средства. Поэтому, для ускорения окупаемости станков, оптимизации их загрузки и повышения производительности труда целесообразно использовать системы мониторинга работы станков с ЧПУ.

Такие системы позволяют отслеживать состояние станков, как в реальном времени, так и за различные временные промежутки. В основном, контролируются режимы работы или причины простоя, а так же загрузка станков.

Для автоматического определения текущего режима работы станка с ЧПУ, имеющиеся системы мониторинга чаще всего используют два метода.

В первом случае, используются модули ввода дискретных сигналов, измерительные линии которых подключаются непосредственно к контактам оборудования в стойке управления станком. Однако, это может повлечь за собой отказ в его гарантийном обслуживании. Кроме того, данный метод не применим для некоторых станков ЧПУ из-за отсутствия оборудования, к которому может быть подключен модуль ввода дискретных сигналов.

Во втором случае, информация о текущем режиме работы станка может быть получена при цифровом подключении оборудования системы мониторинга через интерфейсный разъем контроллера станка ЧПУ. Но, в случаях расположения на одном участке станков ЧПУ разных производителей, с различными протоколами работы и программным обеспечением, а так же устаревших станков, реализация этого метода требует существенных трудозатрат.

Контроль параметров электроснабжения станка и учет потребляемой им электроэнергии в большинстве систем является задачей, отделенной от определения текущего режима работы станка и предлагается в качестве дополнительной опции.

В 2014 году на участке станков с ЧПУ АО «НПО «КВАНТ» была внедрена система учета рабочего времени станков с ЧПУ.

Для автоматизированного определения режима работы станков использовались измеряемые значения силы тока и напряжения в кабельных линиях, питающих станки. Данное решение позволило совместить задачи мониторинга работы и учета потребления электроэнергии станком с ЧПУ в одном устройстве, при этом было исключено вмешательство в автоматику станков. Система мониторинга в реальном времени отслеживала и выводила на мнемосхему диспетчерского пункта различную информацию о работе станочного оборудования. Режим работы станка определялся следующими

состояниями: станок отключен, станок простаивает, станок работает. Для автоматизированного определения режима работы станков были использованы измеряемые значения полной электрической мощности в кабельных линиях, питающих станки. Идентификация режимов работы системы выполнялась с помощью значений уставок измеряемой мощности, что позволяло определять режимы отключения, простоя и работы станков.

Однако, имеющиеся станки работали с изменяемой частотой вращения двигателя, использовали широкий спектр оснастки и обрабатывали материалы с сильно различающимися техническими свойствами. Поэтому, использование значений уставок полной мощности для определения таких режимов работы, как холостой ход, перегрузка и настройка оборудования было невозможно.

Для устранения указанных выше недостатков в автоматизированной системе мониторинга станочного оборудования, было необходимо произвести дополнительно инструментальные исследования и математическое моделирование изменения электрических параметров работы станков при различных режимах их работы.

На базе имеющегося на участке станков с ЧПУ измерительного оборудования, была создана испытательная электроизмерительная система. При выполнении испытаний, поступающие данные о работе станочного оборудования отслеживались в реальном времени, анализировались и сохранялись в файловом архиве на жестком диске сервера. Была произведена серия испытаний станочного оборудования, при которой операторами станков с ЧПУ последовательно выполнялись действия, имитирующие различные режимы работы данных станков, такие как настройка, холостой ход, работа и перегрузка при различных задаваемых параметрах работы и обрабатываемых материалах.

По результатам данных испытаний были построены графики изменения по времени электрических параметров в линии электропитания станочного оборудования при различных режимах его работы. Кроме этого, модулями сбора данных в течении продолжительного периода времени производилось непрерывное архивирование измеренных значений электрических параметров в кабельных линиях электропитания станочного оборудования с последующей записью архивов на имеющихся картах памяти.

Таким образом, в результате измерений были получены таблицы, содержащие более миллиона отдельных записей электрических параметров, пригодных для последующей обработки и анализа. По результатам статистической обработки и анализа полученных данных, были построены графики зависимостей коэффициента мощности и КПД двигателя от его

номинальной мощности при различной частоте вращения шпинделя. Затем, методом аппроксимации данных графиков степенными функциями, были получены аналитические выражения, описывающие указанные зависимости.

Аналогичным образом, методом аппроксимации полиномом второй степени экспериментальных данных, были получены аналитические зависимости фактического коэффициента мощности (для нескольких значений номинальных коэффициентов мощности) и КПД двигателя от коэффициента его загрузки.

Кроме того, было выяснено, что у некоторых типов станков изменение значения электрического напряжения в кабельной линии электропитания станка, влечет за собой изменение силы тока в этой линии.

Для компенсации суточного сдвига сигнала, вызванного этой причиной, решено было применить корректирующую уставку, расчет значения которой производится по формуле, полученной с помощью линейной аппроксимации зависимости значения текущего значения силы тока в линии электропитания станка от напряжения сети.

Разработанные алгоритмы значений анализа измеряемых электрических параметров были реализованы проекте системы мониторинга на языке программирования МЭК 61131-3 реализации ST. Для настройки и калибровки подключаемого к системе нового станочного оборудования были созданы мнемосхема И алгоритмы начальной калибровки.

Проведённое исследование и полученные зависимости позволили определять и анализировать расширенный перечень режимов работы станков на основе анализа изменения по времени электрических параметров в кабельной линии их электропитания. Это в свою очередь привело к возможности более гибко планировать и контролировать работу станочного оборудования и позволило повысить загрузку станков и снизить стоимость машинного времени.

Разработанные алгоритмы анализа измеряемых значений электрических параметров были реализованы в проекте автоматизированной системы мониторинга работы производственного оборудования в составе программного обеспечения сервера и специализированных станочных терминалов.

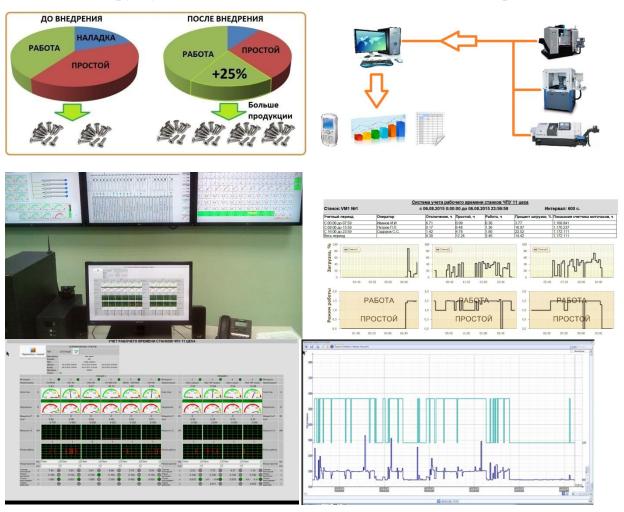
Внедрение системы позволяет:

· определять и анализировать режимы работы станков на основе анализа изменения по времени электрических параметров в кабельной линии электропитания;

· совмещать задачи мониторинга работы и учета потребления электроэнергии

станком без вмешательства в его автоматику;

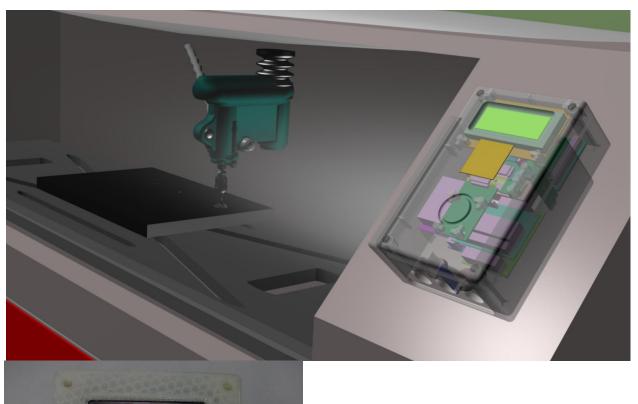
- · идентифицировать режимы простоя и работы станка, выполнять ручной ввод причин простоя оборудования через единую панель оператора;
- · использовать графики изменения параметров работы станков по времени, систему отчетов, мнемоническую схему для оценки эффективности работы и оптимизации загрузки станков;
- · производить SMS-информирование персонала при длительном простое или проблемах с эксплуатацией станков;
- повысить загрузку станков и снизить стоимость машинного времени.



Для получения данных о работе станочного оборудования был разработан станочный терминал.

Данный терминал функционально превосходит представленные на рынке разработки и при этом имеет более низкую стоимость.

Система мониторинга работы станочного оборудования и станочный терминал были представлены на выставке, проходящей в рамках IV Московского международного инженерного форума и получили высокие оценки специалистов.

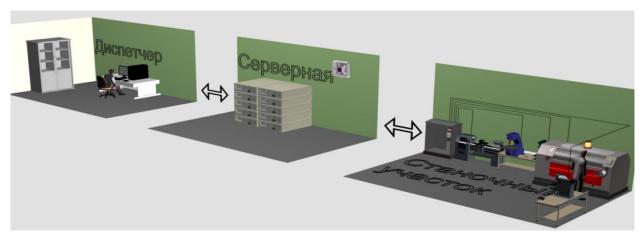




## Функциональные возможности терминала:

- · Передача электрических параметров работы станка и данных об электропотреблении;
- · Передача данных о состоянии подключенных дискретных и аналоговых входов;
- · Получение команд на включение и отключение внешних исполнительных механизмов;
- · Идентификация операторов с помощью RFID-меток;

- Ручной ввод оператором причин простоя станка;
- · Световая индикация режима работы станка;
- Индикация всех параметров работы станка.



По результатам разработки был получен патент на полезную модель «Станочный терминал».

Заинтересованность в разработке подтвердили новгородские предприятия ОАО «ЗАВОД КОМЕТА», АО «НПП «СТАРТ», ОАО «ТРАНСВИТ», а так же тульское предприятие ПАО «НПО «СТРЕЛА», входящее в концерн АЛМАЗ-АНТЕЙ.

Начальник отдела инновационных разработок АО «НПО «Квант»

С.А.Муравьев