

Данные о потребляемой оборудовании мощности как дополнительный источник информации для информационно-измерительной системы

А. Анцев, д.т.н.¹, Д. Барсуков², М. Воротилин, д.т.н.³,
А. Цивенкова⁴, Е. Янов, к.т.н.⁵

УДК 658.5.012.7 | ВАК 2.2.11

В статье рассмотрены вопросы повышения точности контроля состояния технологического оборудования информационно-измерительной системой. Приведены примеры исследований потребляемой мощности станками ТМ-39М и Hardinge GX 600. Представлен вариант разработанного датчика тока.

Ранее в работах [1-4] изучались подходы к построению и внедрению информационно-измерительной системы (ИИС) контроля состояния технологического оборудования [5-6].

С целью совершенствования ИИС с учетом реальных условий использования, проверки ее работоспособности, достоверности и надежности выполнялась опытно-промышленная эксплуатация, в ходе которой была обнаружена сложность в осуществлении контроля оборудования с пониженной вибронегруженностью, например, выполняющего прецизионные операции.

Для повышения точности управления технологическими системами можно использовать дополнительные методы косвенного контроля. Одним из таких методов является контроль мощности, потребляемой технологическим оборудованием во время работы. В [7] описывается разработанное собственное устройство контроля мощности оборудования на базе трансформатора тока и специального датчика. Для упрощения системы мониторинга в [7] предложено разместить один датчик на фазном проводе входного питания технологического оборудования и оценивать потребляемую мощность всего

оборудования в целом. При этом принимались следующие допущения:

- питающее напряжение стабильно;
- перекос фаз отсутствует или незначителен и им можно пренебречь.

С целью верификации предложенного подхода был проведен анализ потребления электрической энергии на токарном станке с ЧПУ ТМ-39М и фрезерном станке Bridgeport, модель Hardinge GX 600.

Испытания проводились в соответствии с требованиями ГОСТ 32144-2013. В качестве средства измерения использовался анализатор количества и показателей качества электрической энергии Circutor AR.5.

Первым этапом верификации предложенного подхода была проверка стабильности питающего напряжения. Результаты измерений отклонений напряжения для токарного станка с ЧПУ ТМ-39М представлены в табл. 1, результаты измерений для фрезерного станка Bridgeport, модель Hardinge GX 600 – в табл. 2.

На основании проведенных измерений подтверждена стабильность питающего напряжения в соответствии с параметрами, установленными ГОСТ 32144-2013.

На следующем этапе с целью анализа перекоса фаз проводился контроль напряжения, тока и активной мощности всех фаз на исследуемом оборудовании. Результаты измерений на токарном станке с ЧПУ ТМ-39М представлены на рис. 1-3, на фрезерном станке Bridgeport, модель Hardinge GX 600 – на рис. 4-6.

На основе анализа представленных результатов можно сделать вывод, что фазы электрической сети, питающей технологическое оборудование, во всех режимах работы нагружены достаточно равномерно, перекос фаз отсутствует или незначителен и им можно пренебречь. При этом от фазы А дополнительно питается электро-

¹ Тульский государственный университет, доцент, заведующий кафедрой.

² Тульский государственный университет, магистрант.

³ Тульский государственный университет, профессор, проректор по научной работе.

⁴ Тульский государственный университет, магистрант.

⁵ «Тульская инженерная школа «Интеллектуальные оборонные системы» им. академика А.Г. Шипунова», заместитель директора, dexaik@mail.ru.

Таблица 1. Результаты измерений отклонений напряжения для токарного станка с ЧПУ ТМ-39М

Измеряемая характеристика	Результаты измерений	Нормативное значение	T2, %
Номинальное напряжение фазы А			
$\delta U_{(-)}, \%$	1,82	-10,00	0,00
$\delta U_{(+)}, \%$	3,64	10,00	
Номинальное напряжение фазы В			
$\delta U_{(-)}, \%$	2,27	-10,00	0,00
$\delta U_{(+)}, \%$	3,64	10,00	
Номинальное напряжение фазы С			
$\delta U_{(-)}, \%$	1,82	-10,00	0,00
$\delta U_{(+)}, \%$	3,18	10,00	
Неопределенность измерений			
Измеряемая величина	Результат		Допустимое значение
$\delta U, \%U_{\text{дин}}$	±0,1		±0,1

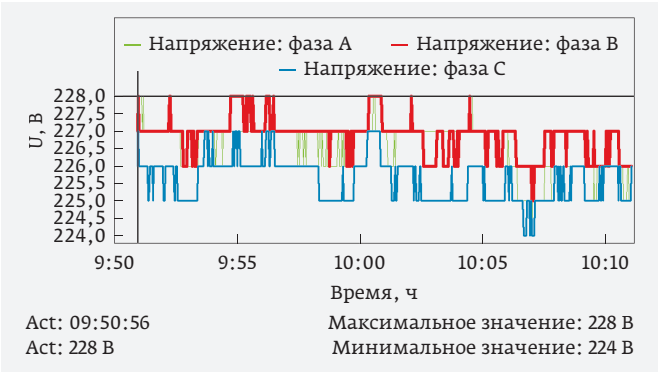


Рис. 1. График фазных напряжений для ТМ-39М

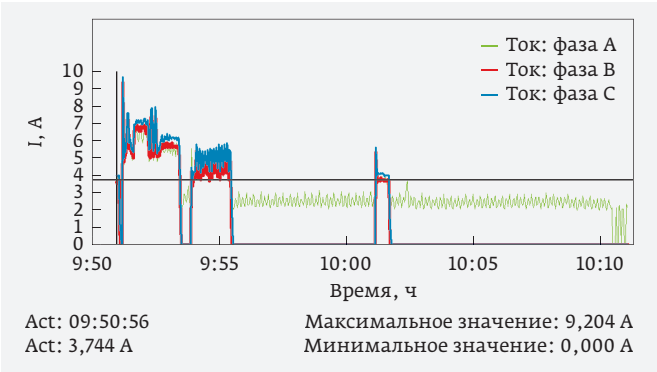


Рис. 2. График фазных токов для ТМ-39М

оборудование станка (рис. 4), поэтому при размещении датчика тока можно контролировать его включение и выключение.

Для сбора информации об уровне потребления электрической энергии в процессе обработки разрабoтан датчик тока, состоящий из следующих компонентов:

- трансформатор тока;
- микроконтроллер;
- коммуникационная плата.

Трансформатор тока предназначен для регистрации величины потребляемого тока в процессе резания. Благодаря разъемному сердечнику его можно установить

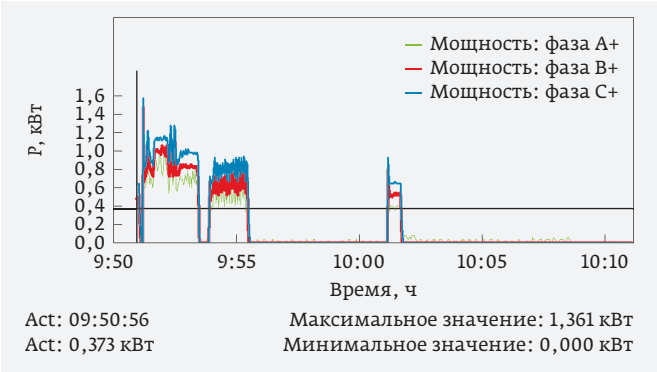


Рис. 3. График активной мощности по фазам для ТМ-39М

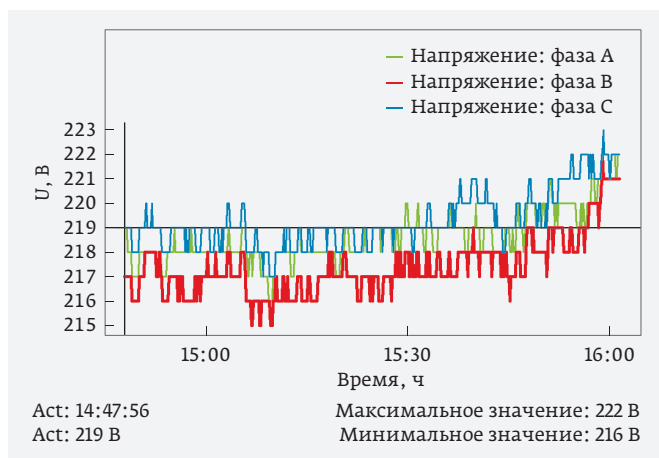


Рис. 4. График фазных напряжений для фрезерного станка Bridgeport, модель Hardinge GX 600

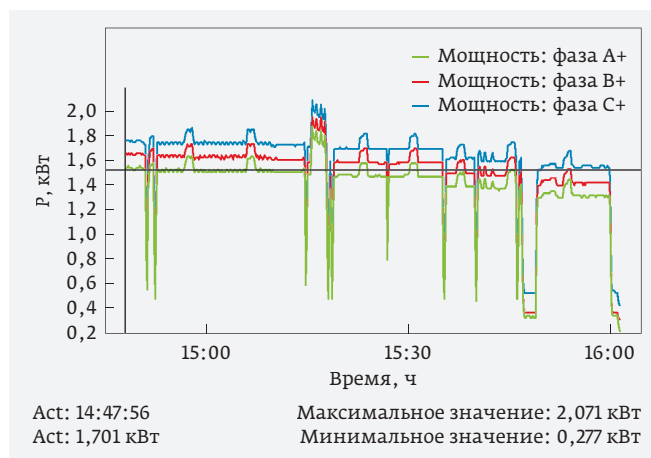


Рис. 6. График активной мощности по фазам для фрезерного станка Bridgeport, модель Hardinge GX 600

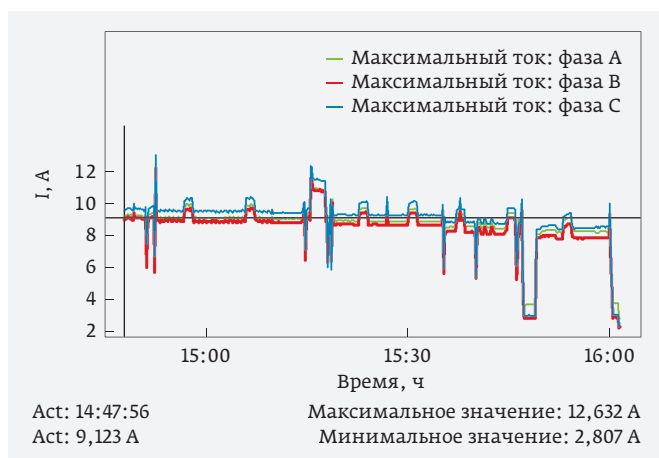


Рис. 5. График фазных токов для фрезерного станка Bridgeport, модель Hardinge GX 600

на питающий провод без необходимости установки датчика в разрыв цепи.

Для упрощения разработки датчика были использованы стандартные модули: трансформатор тока

YHDC SCT-013-000 (рис. 7а), коммуникационная плата WaveShare RS232 и микроконтроллер Arduino Pro Mini. Принципиальная схема вычислительного узла датчика тока представлена на рис. 7б. Пунктиром показаны линии информационного взаимодействия, сплошными линиями – распределение и преобразование энергии. Подача питания напряжением +5 В от внешнего источника на микроконтроллер осуществляется через коммуникационную плату, преобразование выходного сигнала трансформатора тока выполняется микроконтроллером и с помощью коммуникационной платы передается на панель оператора.

Фотография датчика без подключенного трансформатора представлена на рис. 7в.

Исходя из вышеизложенного, для повышения точности мониторинга технологических систем рекомендовано использовать дополнительные методы косвенного контроля. Одним из таких методов является контроль мощности, потребляемой технологическим оборудованием во время работы, позволяющий исключить ошибки при мониторинге оборудования с пониженной вибронагруженностью.

Рис. 7.

Датчик тока:
а – трансформатор тока YHDC SCT-013-000;
б – структурная схема; в – датчик в собранном и разобранном виде

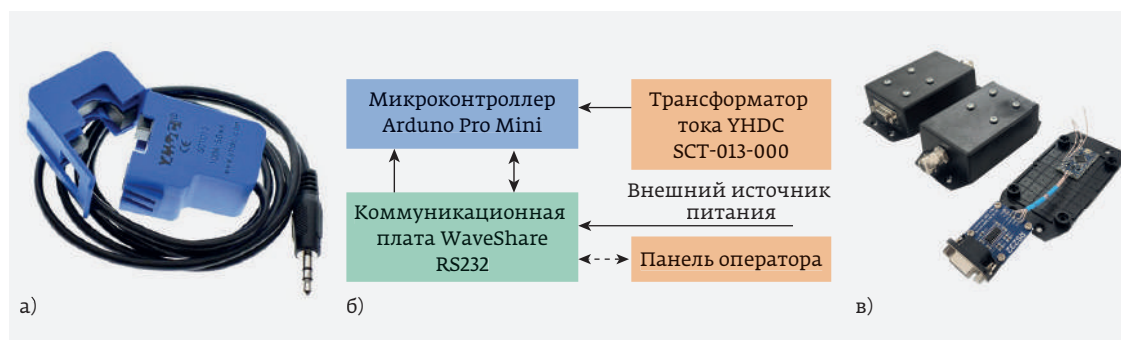


Таблица 2. Результаты измерений отклонений напряжения для фрезерного станка Bridgeport, модель Hardinge GX 600

Измеряемая характеристика	Результаты измерений	Нормативное значение	T2, %
Номинальное напряжение фазы А			
$\delta U_{(-)}, \%$	-1,82	-10,00	0,00
$\delta U_{(+)}, \%$	0,91	10,00	
Номинальное напряжение фазы В			
$\delta U_{(-)}, \%$	-2,27	-10,00	0,00
$\delta U_{(+)}, \%$	0,91	10,00	
Номинальное напряжение фазы С			
$\delta U_{(-)}, \%$	-1,36	-10,00	0,00
$\delta U_{(+)}, \%$	1,36	10,00	
Неопределенность измерений			
Измеряемая величина	Результат	Допустимое значение	
$\delta U, \%U_{\text{дин}}$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	

ЛИТЕРАТУРА

1. Янов Е.С. Построение цифрового двойника производственного процесса на основе информационно-измерительной системы косвенного контроля вибрации // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес, 2024. №7. С. 168–174.

2. Yanov E.S., Antsev A.V, Vorotilin M.S., Minakov E.I. New system for indirect tool monitoring in industrial systems and processes // Russian Engineering Research, 2024. Vol. 44, No. 6, pp. 868–870.

3. Анцев А.В., Янов Е.С., Воротилин М.С. Информационно-измерительные системы мониторинга работы станочного парка предприятия // Известия Тульского государственного университета. Технические науки, 2023. № 9. С. 495–498. DOI: 10.24412/2071-6168-2023-9-490-491.

4. Анцев А.В., Янов Е.С., Шадский Г.В. Интеллектуальная система эффективной эксплуатации режущих инструментов с учетом вариабельности процесса резания // Известия Тульского государственного университета. Технические науки, 2023. №12. С. 13–18.

5. Янов Е.С., Анцев А.В. Автоматизированный контроль технологической дисциплины современного машиностроительного производства // Вестник РГРТУ, 2024. №88. С.86–95.

6. Янов Е.С. О проблемах интеграции информационно-измерительных систем в условиях противодействия компьютерным атакам // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес, 2024. №6. С. 60–63.

7. Анцев А.В., Арсеньева А.А., Сальников С.В. Мониторинг процесса резания на основе контроля потребляемого тока // Прогрессивные технологии и процессы: сборник научных статей 9-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием (23-24 сентября 2022 года), Юго-Зап. гос. ун-т. – Курск: Юго-Зап. гос. ун-т, 2022. С 37–43.

ООО СМП

ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИН
www.SMD.ru

электронные
для поверхностного
монтажа

компоненты

НОВОЕ В ПРОГРАММЕ ПОСТАВОК

- Катушки индуктивности на токи до 10 А
- U.FL разъемы и pigtail co SMA

Москва, Ленинградский пр., 80 к. 32; e-mail: sale@smd.ru
Тел.: (499) 158-7396, (495) 940-6244, (499) 943-8780

№9 (00240) 2024

ЭЛЕКТРОНИКА НАУКА | ТЕХНОЛОГИЯ | БИЗНЕС 127