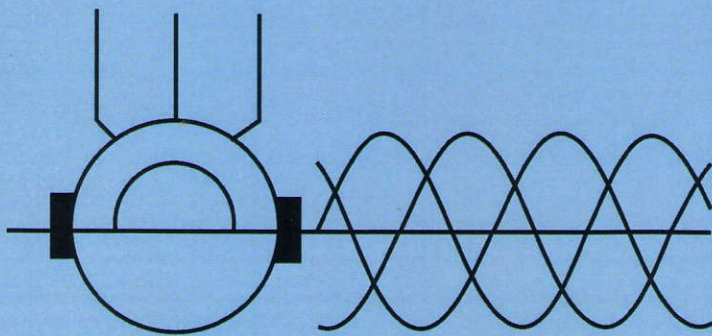


Электротехнические Системы и Комплексы



ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

УДК 681.518.5

Панов А.Н., Чистяков Д.В., Коробейников С.М., Гузей К.Е.

ВИБРОМОНИТОРИНГ ПРИВОДА СКИПОВОЙ ЛЕБЕДКИ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ С ПОМОЩЬЮ СТАЦИОНАРНЫХ СИСТЕМ

Задача по оценке технического состояния электропривода подъемно-транспортных машин является крайне актуальной в современных условиях работы доменного производства. Одним из наиболее оптимальных способов решения этой задачи является установка стационарной системы вибромониторинга.

Разработанная специалистами ЗАО «КонсОМ СКС» система вибромониторинга позволяет однозначно определять техническое состояние как привода в целом, так и отдельных его элементов вплоть до подшипниковых узлов и зубчатых зацеплений.

Ключевые слова: стационарные системы вибромониторинга, привод, скиповая лебедка, подшипник, дефект, зубозацепление, среднеквадратическое значение, контроллер, датчик вибрации, мнемосхема.

Подъемно-транспортные машины являются важнейшим оборудованием для обеспечения бесперебойной работы доменного производства. Они обеспечивают поочередный подъем скипов с шихтой из скиповой ямы по наклонному мосту и разгрузку их в приемную воронку загрузочного устройства доменной печи, как показано на **рис. 1**. К машинам для подачи шихтовых материалов (скиповые лебедки) предъявляются весьма жесткие требования, так как задержка в загрузке материалов даже на короткое время влечет за собой перевод печи на тихий ход или полную ее остановку. Поэтому эти машины должны иметь высокую производительность, повышенную надежность при эксплуатации и обеспечивать возможность полной автоматизации процесса загрузки печи и форсированный режим подачи материалов к загрузочному устройству. Одним из методов повышения надежности работы скиповой лебедки является мониторинг технического состояния ее электропривода с помощью сигналов вибрации.

установлена стационарная система вибромониторинга, разработанная специалистами ЗАО «КонсОМ СКС». Данная система охватывает привод скиповой лебедки доменной печи №8. Контрольные точки измерения вибрации расположены на (см. **рис. 2**):

- 1) двух двигателях, где установлены подшипники марки 3532 (радиальный, роликовый, двухрядный, сферический с цилиндрическим отверстием и симметричными бочкообразными роликами);
- 2) «северном» и «южном» редукторах, где смонтированы подшипники марок 2097148 и 2097736 (роликовые, радиально-упорные, конические, двухрядные, с внутренним дистанционным кольцом);
- 3) тросовом барабане, где применяются подшипники марки 3652 (двухрядный роликовый радиальный сферический).

Система вибромониторинга предназначена для измерения и регистрации уровня вибрации подшипников привода и зубчатых зацеплений скиповой лебедки, обработки вибросигналов в соответствии с частотой вращения подшипников и их специфичных дефектов, а также дефектов зубозацеплений, отображения параметров вибрации на мнемосхеме с целью своевременного предоставления достоверных данных, формирования аварийных и предупредительных сигналов.

При проектировании учитывалась иерархическая многоуровневая модель архитектуры информационной системы, как показано на **рис. 3**. Система вибромониторинга реализует взаимосвязь программно-технических средств и обслуживающего персонала, обеспечивая измерение уровня вибрации в контрольных точках привода скиповой лебедки доменной печи № 8 (см. **рис. 2**). На корпуса подшипниковых узлов с помощью приварных бобышек установлены датчики вибрации. Все они подключаются к контроллерам, производящим математическую обработку сигналов. Контроллеры установлены в шкафу в непосредственной близости от оборудования и подключены к цеховой сети.

Контроллер рассчитан на подключение четырех датчиков вибрации и контроля двух процессных категорий (например, датчики температуры, скорость вращения и др.). Он обрабатывает сигналы с датчиков и определяет, было ли достигнуто заданное значение вибрации для соответствующего объекта контроля (контроль до 24 диагностируемых объектов).

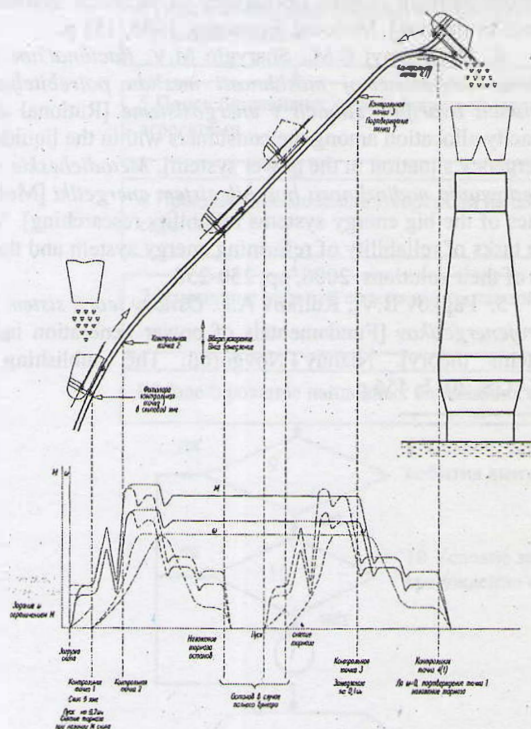


Рис. 1. Наклонный мост и рабочая диаграмма
В 2014 году в доменном цехе ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» на печи №8 была

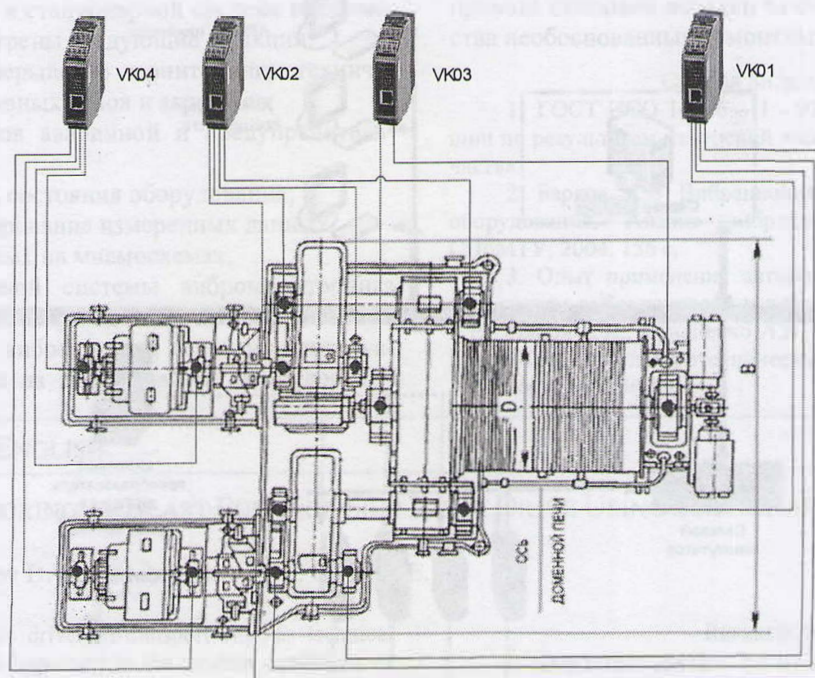


Рис. 2. Контрольные точки привода скиповой лебёдки доменной печи №8:
 ● - точки контроля; — - линии связи; VK01- VK04 – контроллеры

Связь с ПК и сервером реализуется посредством Ethernet при помощи OPC-server. Сервер получает данные с контроллера по протоколу TCP/IP. Отображение мнемосхемы по работе стационарной системы вибромониторинга на АРМ пользователей предполагается по технологии «тонкий клиент» (рис. 4). Все пользователи, подключенные к сети Ethernet, могут получить доступ к данному WEB приложению без необходимости установки дополнительного программного обеспечения.

На мнемосхеме индикаторы состояния сигнализируют о превышении вибрации относительно заданных значений. Согласно ГОСТ 10816-1-1997 данная машина относится к третьему классу вибрационного состояния. Пороговое значение виброскорости не должно превышать при длительной эксплуатации 4,5 мм/с.

Пороговое значение виброскорости от 4,5 до 11,2 мм/с относится к зоне вибрационного состояния «С». Машины, попадающие в эту зону, рассматриваются как непригодные для длительной непрерывной эксплуатации и могут функционировать ограниченный период времени до ближайшего ремонта.

При пороговом значении виброскорости свыше 11,2 мм/с уровни вибрации относятся к зоне «D» и обычно рассматриваются, как достаточно серьезные, чтобы вызвать повреждение машины.

Диагностика механических передач производится по вибрации подшипников каждого из валов с обнаружением и идентификацией дефектов для каждого вала. Основными дефектами зубчатых передач являются дефекты шестерен и их зацеплений. Поскольку в состав редуктора входят, по крайней мере, две шестерни, дефекты могут возникать на любой из шестерен и возбуждать вибрацию на разных частотах.

Частоты вращения осей определяются следующим выражением:

$$f_{вр2} = f_{вр1} (Z_1 / Z_{21}), \quad (1)$$

где $f_{вр1}, f_{вр2}$ – частоты вращения первой, второй осей редуктора соответственно; Z_1 – число зубьев на шестернях первой и третьей осей редуктора; Z_{21} – число зубьев на шестерне второй оси редуктора, находящейся в зацеплении с шестерней первой оси.

Характерные дефекты подшипников качения (дефекты сепаратора, наружного и внутреннего колец, тел качения) определяются по следующим формулам:

$$f_{сеп} = 0,5 f_{об} (1 - (d_{тк} / d_{сеп}) \cos(\alpha 180 / \pi)); \quad (2)$$

$$f_{нар} = 0,5 f_{об} (1 - (d_{тк} / d_{сеп}) \cos(\alpha 180 / \pi)) n; \quad (3)$$

$$f_{внут} = 0,5 f_{об} (1 + (d_{тк} / d_{сеп}) \cos(\alpha 180 / \pi)); \quad (4)$$

$$f_{тк} = 0,5 f_{об} (d_{сеп} / d_{тк}) (1 - (d_{тк} / d_{сеп}) \times (d_{тк} / d_{сеп}) \cos(\alpha 180 / \pi) \cos(\alpha 180 / \pi)), \quad (5)$$

где $f_{сеп}$ – частота вращения сепаратора; $f_{об}$ – частота вращения; n – число тел качения; $d_{тк}$ – диаметр тел качения; $d_{сеп}$ – диаметр сепаратора; α – угол контакта тел и дорожек качения; $f_{нар}$ – частота обкатывания тел качения по наружному кольцу; $f_{внут}$ – частота обкатывания тел качения по внутреннему кольцу; $f_{тк}$ – частота вращения тел качения.

Используя формулы (2)-(5), например для подшипника марки 2097148, были получены следующие данные:

$f_{сеп}$	$f_{нар}$	$f_{внут}$	$f_{тк}$
1,29 Гц	69,60 Гц	74,58 Гц	14,44 Гц

С помощью расчетных данных контроллер был запрограммирован на регистрацию СКЗ виброскорости характерных дефектов подшипников.

Для зубозацеплений входного и выходного валов были вычислены следующие частоты дефектов: 349,86 Гц – для входного вала и 66,77 Гц – для выходного вала.

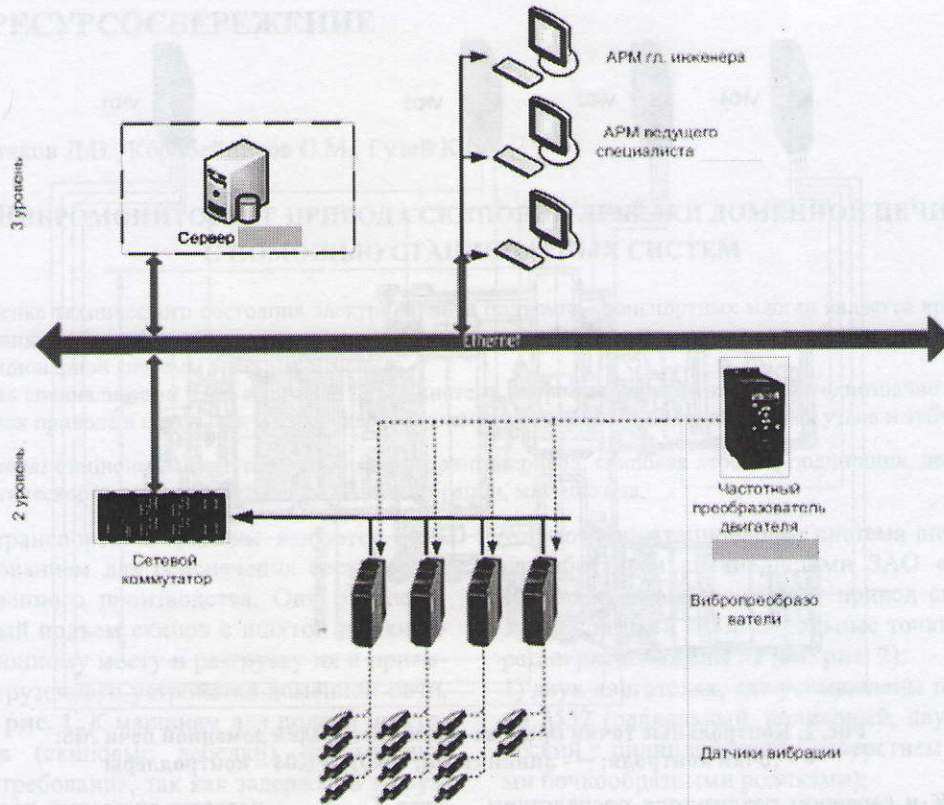


Рис. 3. Схема подключения оборудования для системы вибродиагностики

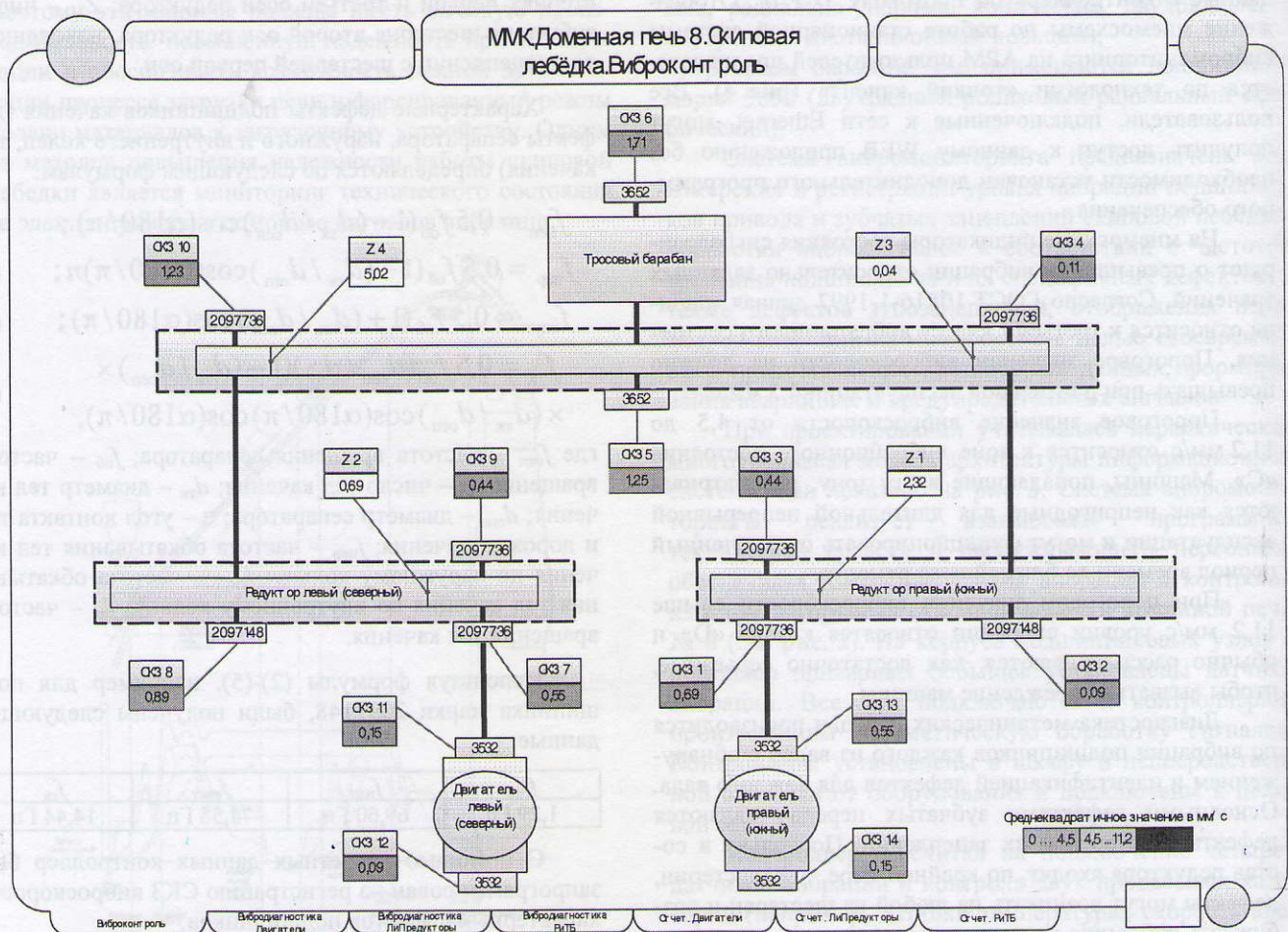


Рис. 4. Мнемосхема

Таким образом, в стационарной системе вибромониторинга предусмотрены следующие функции:

- 1) обеспечение непрерывного мониторинга технического состояния основных узлов и агрегатов;
- 2) выработка сигналов аварийной и предупредительной сигнализации;
- 3) экспертная оценка состояния оборудования;
- 4) хранение и архивирование измеренных данных;
- 5) визуализация данных на мнемосхемах.

Внедрение данной системы вибромониторинга позволит обнаружить зарождающиеся дефекты при проведении анализа вибросигнала и снизить эксплуатационные издержки на обслуживание оборудования

привода скиповой лебедки за счет сокращения количества необоснованных ремонтных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ ИСО 10816 – 1 - 97 Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях.
2. Барков А.В Вибрационная диагностика машин и оборудования. Анализ вибрации: учеб.пособие. СПб.: СПбМТУ, 2004. 156 с.
3. Опыт применения автоматизированных стационарных систем виброконтроля и вибродиагностики / Ишметьев Е.Н., Панов А.Н., Романенко А.В., Васильев Е.Ю., Коробейников С.М. // Электротехнические системы и комплексы. 2014. №1(22). С.56-59.

INFORMATION IN ENGLISH

VIBRATION MONITORING OF BLAST FURNACE SKIP HOIST DRIVE USING STATIONARY SYSTEMS

Panov A.N., Chistyakov D.V., Korobejnikov S.M., Guzej K.E.

The task of electric drive lift-transport engines technical status assessment is very important in the modern conditions of blast-furnace ironmaking. One of the most appropriate way to solve this task is the installation of an immovable vibration monitoring system.

Developed by the CJSC "KonsOM SKS" specialists vibration monitoring system allows to determine in a one-valued way both electric drive technical status totally and the individual elements technical status up to the bearing blocks and the gearings.

Keywords: stationary systems of vibration monitoring, drive, skip hoist, bearing, defect, gearing, mean square value, controller, vibration sensor, mnemonic diagram.

REFERENCES

1. GOST ISO 10816 – 1 - 97 *Kontrol' sostojanija mashin po rezul'tatam izmerenij vibracii na nevrashhajushhihsja chast-jah* [Evaluation of machine vibration by measurement on non-rotating parts].
2. Barkov A.V *Vibracionnaja diagnostika mashin i oborudovanija. Analiz vibracii* [Vibration monitoring of machines and equipment. Vibration analysis]. Saint-Petersburg.: SPbMTU, 2004, 156 p.
3. Ishmetyev E.N., Panov A.N., Romanenko A.V., Vasilyev E.Yu., Korobeynikov S.M. *Opyt primeneniya avtomatizirovannyh stacionarnyh sistem vibrokontrolja i vibrodiagnostiki* [Practical experience of automated stationary vibration control and vibration diagnostics system application]. *Jelektrotehnicheskie sistemy i komplekсы* [Electrotechnical systems and complexes], 2014, no. 1(22), pp. 56-59.

Информация о других журналах издательства

«Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова» – научный рецензируемый журнал, в котором публикуются результаты прогрессивных научных и проектных работ известных ученых, промышленников, молодых ученых России и зарубежья по широкому спектру исследований в области металлургии, машиностроения, металлообработки и в смежных отраслях. Тематика публикаций охватывает весь комплекс актуальных вопросов от разработки полезных ископаемых, получения чугуна, стали и проката до производства продукции с глубокой степенью переработки для различных отраслей экономики. Большое внимание в журнале уделяется современным тенденциям развития сырьевой базы, энергосбережения, автоматизации, экономики и экологии, стандартизации и управления качеством продукции, подготовки и обучения кадров в области металлургии, машиностроения и металлообработки.

Издается с 2003 г.

Журнал с 2007 года включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук, а также в Базы данных ВИНТИ и РИНЦ.

Сведения о журнале ежегодно публикуются в международной справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям «Ulrich's Periodicals Directory».

В редакционный совет журнала входят авторитетные ученые из России, Японии, Индии, Италии, Польши, Южно-Африканской Республики, Казахстана.

Электронная версия журнала доступна:

- на информационном портале ФГБОУ ВПО «МГТУ» www.magtu.ru (раздел «Журнал Вестник МГТУ»);
- на сайте журнала www.vestnik.magtu.ru;
- на платформе eLIBRARY.