

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ СТАНОВ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ

Показаны перспективы развития систем диагностирования электромеханических систем станов холодной прокатки. Усовершенствована структурная схема технического средства диагностирования, а также процедура обработки данных, на примере ускоренного поиска канала с экстремальным уровнем сигнала.

Ключевые слова: система диагностирование, электромеханическая система, стан холодной прокатки.

Одним из основных путей повышения надежности технических систем, широко используемых на практике, является увеличение уровня их безотказности. Это достигается за счет применения более надежных элементов и использования различного вида избыточности. Однако лежащие в основе такого подхода конструктивные, схемные и технологические возможности ограничены, особенно для сложных систем.

Хорошие перспективы повышения как надежности, так и общей эффективности использования сложных взаимосвязанных электромеханических комплексов, открываются в направлении совершенствования их технического обслуживания в процессе эксплуатации. При этом решаются следующие задачи: 1) повышение безотказности за счет своевременного проведения профилактических мероприятий; 2) сокращение эксплуатационных расходов за счет определения оптимального объема и сроков проведения поддерживающих и восстановительных мероприятий; 3) повышение уровня безопасности за счет предотвращения непредвиденных отказов и связанных с ними аварийных ситуаций; 4) обеспечение требуемого уровня качества функционирования объекта за счет оперативного устранения дефектов, вызывающих снижение его работоспособности. Для решения этих задач требуется разработка рациональных методов и средств, обеспечивающих достоверную оценку фактического состояния объекта, прогнозирование его изменения и оперативный поиск возможных дефектов, что составляет предмет исследования технической диагностики [1]. Результатом диагностирования является заключение о техническом состоянии электропривода (ЭП) с указанием при необходимости места, вида и причин дефекта.

Сложные и дорогостоящие технические объекты, которыми являются электроприводы станов холодной прокатки, требуют для своей надежной и бесперебойной работы как постоянного, так и периодического контроля, регистрации их основных параметров и диагностики технического состояния объекта. Это позволит вовремя предотвратить аварийную ситуацию, предусмотреть своевременное вмешательство в работу объекта или

системы [2]. К основным задачам технического диагностирования электромеханических систем станов холодной прокатки можно отнести: изучение ЭП как технического объекта диагностирования (исследование исправного состояния ЭП стана, выделение его конструктивных элементов, их влияния друг на друга, определение и анализ параметров, характеризующих техническое состояние ЭП стана для установления механических и электрических взаимосвязей между его элементами); построение алгоритма диагностирования (проведение совокупности элементарных проверок, последовательностей их реализации и правил анализа результатов проверок); разработка средств диагностирования [4].

Диагностирующий комплекс должен решать такие задачи: многоканальное преобразование электрических и неэлектрических параметров в электрические сигналы или цифровой код посредством датчиков и аналого-цифрового преобразования, запись полученных чисел в оперативное запоминающее устройство с последующей фиксацией момента пуска и последующих режимов работы диагностируемой системы [3] (создание так называемого регистрирующего терминала); ввод преобразованных сигналов в ЭВМ, их предварительная обработка, формирование массивов данных; отображение входных сигналов и результатов обработки в реальном времени на экране дисплея; вторичная обработка полученных массивов данных с помощью специализированных пакетов прикладных программ для решения вопросов идентификации, прогнозирования и управления объектами диагностики.

Поэтому **актуальной** является задача совершенствования средств технической диагностики путем повышения скорости принятия решения диагностическим комплексом, исследования возможных технических состояний отдельных элементов и взаимосвязанных электромеханических систем станов холодной прокатки с учетом взаимного влияния координат приводов на толщину и натяжение прокатываемой полосы.

Цель работы – показать перспективы развития систем диагностирования электромеханических систем станов холодной прокатки.

Для решения задачи мониторинга электромеханических координат в условиях металлопрокатного производства был разработан диагностирующий комплекс для дрессировочного одноклетевого стана 1700-1 цеха холодной прокатки № 1 ОАО «Запорожсталь» [5, 6] (рис. 1); используются следующие обозначения: NU – нажимные устройства, SH_K – шестереночная клетка, SUR, SUKL, SUM – системы управления размотывателем, клетью, моталкой.

Комплекс использует информацию, полученную от датчиков скорости, тока и напряжения. По каждому из

трех электроприводов контролируются такие координаты: напряжение двигателя, ток возбуждения, ток якоря, а также скорость клетки, которая определяется с учетом калибровочного коэффициента пропорционально напряжению тахогенератора. Сигналы с датчиков тока и напряжения поступают в блок преобразования, который представлен делителями напряжения. Далее сигналы поступают на блок гальванической развязки. На блок аналогового ввода микроконтроллера КПС19-06 подается стабилизированное постоянное напряжение, равное ±10 В. Возможна предварительная обработка информации и выдача воздействий на объект управления, которые применяются для построения автоматизированных систем измерения, контроля, регулирования и управления производственными процессами, технологическими линиями. Это осуществляется с помощью программ, записываемых в запоминающее устройство контроллера с использованием предоставленных потребителю средств программирования и отладки. Для визуализации мгновенных значений параметров, отображения их в виде осциллограммы и архивирования разработана программа мониторинга, которая установлена на ПК (сервере) и соединена с диагностическим комплексом через Ethernet. На рис. 2 приведены полученные посредством разработанного комплекса электромеханические процессы (1 – напряжение клетки, 2 – напряжение моталки, 3 – ток якорной цепи размотывателя, 4 – напряжение размотывателя, 5 – ток якорной цепи клетки, 6 – скорость клетки) при прокатке полосы в нормальном режиме. На рис. 3 приведены аналогичные кривые для случая с аварией – обрывом полосы.

Анализируя эти два случая видно, что при обрыве полосы ток якорной цепи размотывателя (3) явно превы-

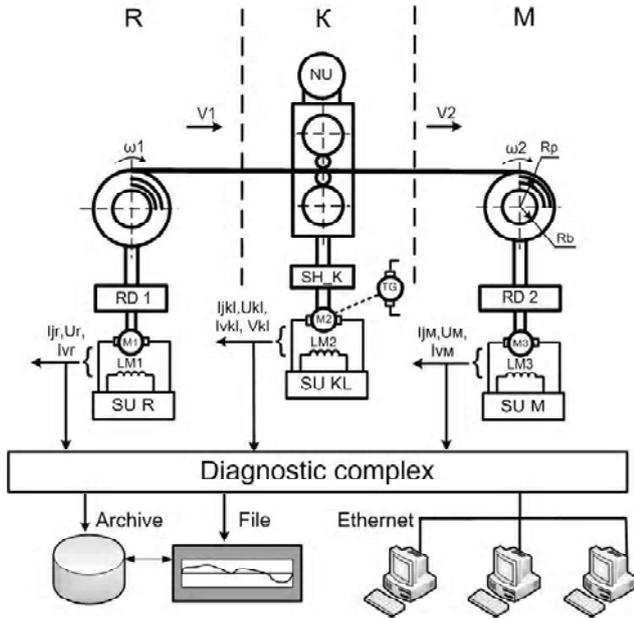


Рис. 1. Структурная схема диагностирующего многоканального комплекса

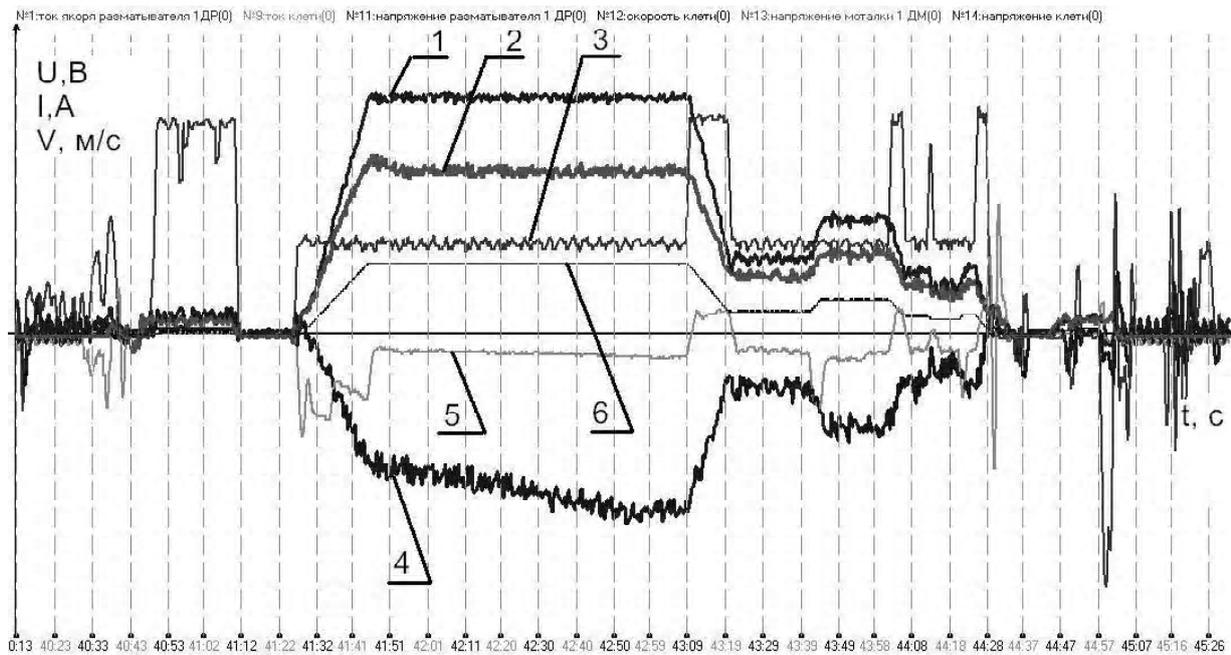


Рис. 2. Электромеханические процессы при нормальной прокатке рулона

сил допустимые значения, что вызвало колебания напряжения размотывателя (4) и свидетельствует о резком снижении скорости до полной его остановки. Одновременно с этим ток якорной цепи клетки (5) снизился, что в этот период времени стало причиной большего, чем требовалось по технологии, рассогласования скоростей двух смежных агрегатов (размотывателя и клетки) и стало причиной обрыва полосы.

Большинство промышленных предприятий уделяет внимание оперативности получения информации с производства, обработке и анализу полученных результатов. Для этого организованы локальные сети ПК, что позволяет отслеживать изменение текущих значений электро-механических параметров с любого ПК, а также использовать архивные материалы для их изучения и последующей диагностики подобных ситуаций [7]. В процессе диагностирования участвуют в общем случае [1] объект диагностирования (ОД), технические средства диагностирования (ТСД) и человек-оператор (ЧО) (рис. 4).

Для разработчиков особый интерес представляют технические средства диагностирования, их структурная схема показана на рис. 5. Следует отметить, что в статье приводится схема, которая не имеет привязки ни к одному из конкретных станов холодной прокатки, но содержит общие для разрабатываемых диагностических комплексов структурные части и отвечает требованиям, предъявляемым в общем случае ко всем средствам диагностики [8]. Она может быть усовершенствована в соответствии со специфичными задачами, поставленными перед разработчиками.

На ОД, которым в данном случае является стан холодной прокатки, влияют действия прокатчика, так называемый, человеческий фактор, окружающая среда (за-

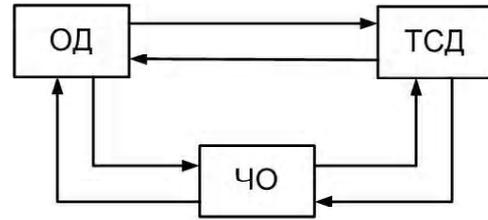


Рис. 4. Обобщенная структурная схема системы диагностирования

пыленность, влажность, температура и прочее), качество питающего напряжения. Данные о процессах ОД получают с помощью устройств измерения диагностируемых параметров (координат), к которым относятся датчики, регистраторы, микропроцессорные вычислительные устройства и прочее. Далее полученная информация поступает в блок обработки и преобразования данных, где она может быть преобразована из аналогового вида в цифровой, из двоичного кода в десятичный и так далее. Преобразованные данные в виде графиков, аналогичных рис. 2 и рис. 3, поступают в модель диагностирования, где формируются первичные и вторичные диагностические признаки. Они поступают в блок классификации состояния ОД, в котором происходит сравнение полученных данных с эталонными из блока формирования и хранения эталонов. Данные для эталонов могут быть получены эмпирическим путем, как характерные для определенного вида прокатной продукции, или же в результате моделирования, например, при модернизации системы управления станом и предшествующая эксперименту в условиях производства имитация процесса прокатки на компьютерной модели. После этого формируется диагноз состояния ОД на текущий мо-

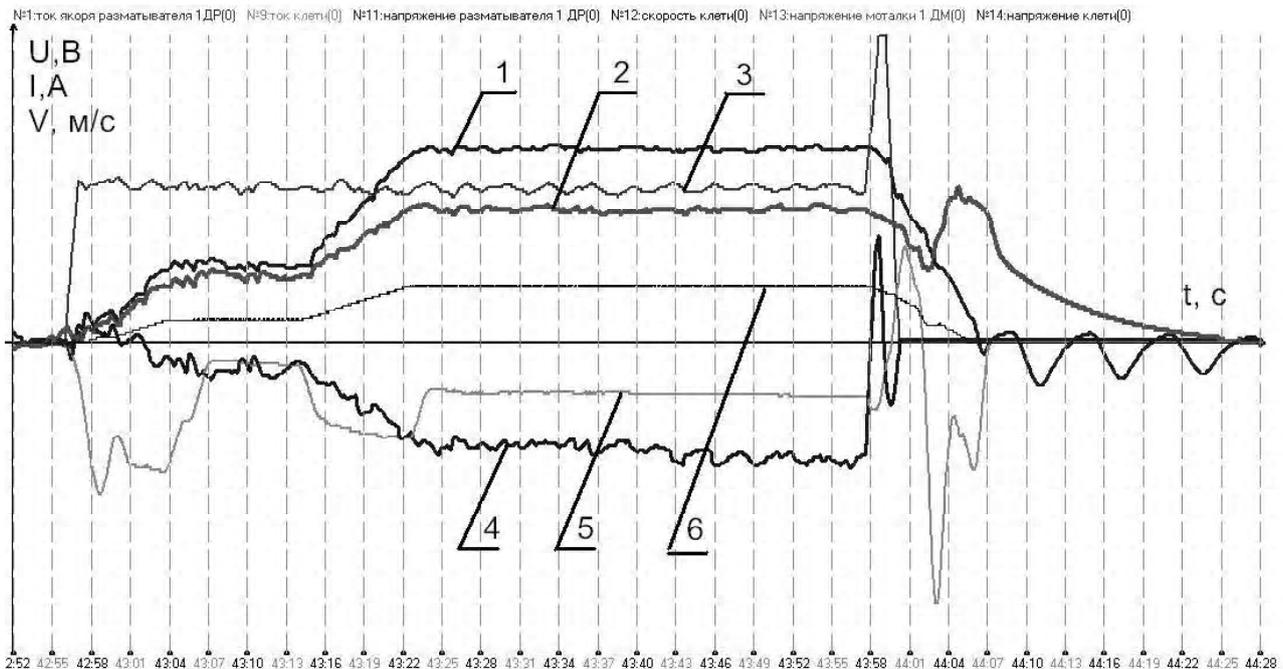


Рис. 3. Электромеханические процессы при аварийной прокатке – обрыв полосы

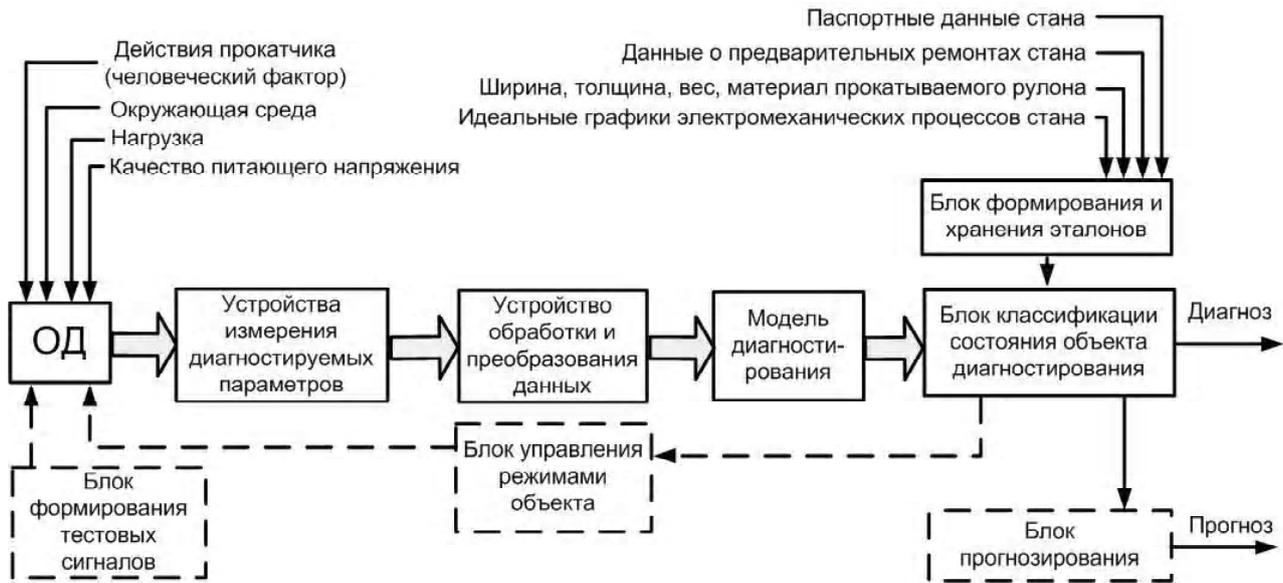


Рис. 5. Структурная схема технического средства диагностирования электромеханических систем станов холодной прокатки

мент. Пунктирной линией обозначены структурные элементы, которые не являются основными при диагностировании, но их учет повышает точность и качество результатов диагностирования. К ним относятся: блок формирования тестовых сигналов, который имеет место быть при введении в эксплуатацию нового или реконструированного прокатного оборудования, то есть когда не требуется дополнительная (специальная) остановка производственного процесса, так как это влечет за собой значительные материальные затраты; блок управления режимами объекта диагностирования, который формирует корректирующее управляющее воздействие с учетом полученных результатов диагностирования; блок прогнозирования, необходимый для получения информации о возможном развитии событий (прогноз) при зарегистрированных на текущий момент данных и результатах диагностики.

Согласно [2] считается, что при использовании аппаратных средств диагностирования и соблюдении иерархического принципа выделения дефекта, начиная с диагностирования отдельных функциональных элементов, ячеек, блоков и заканчивая шкафами, агрегатами и системами управления ЭП, для каждого из них считают достаточным контролировать не более чем $2^5 \dots 2^6$ параметров. В зависимости от требуемой точности диагностических параметров объекта период проверки отдельных элементов электропривода может колебаться в широких пределах: от 10^{-4} с при диагностировании неисправности импульсных элементов до 10^5 с при диагностировании работоспособности инерционных систем управления технологическими объектами. Надежность средств диагностирования должна быть равна или выше уровня надежности элементов и системы управления ЭП. Быстродействие диагностирования увеличивается при

уменьшении количества контролируемых параметров путем выбора наиболее информационных и использования программируемых вычислительных устройств.

В качестве примера анализа полученных при мониторинге данных предлагается процедура ускоренного поиска канала измерения, имеющего экстремальный уровень сигнала, которая может быть реализована на базе быстродействующих микропроцессорных устройств диагностирования ЭП, что повысит скорость и качество диагностики, а именно, определение координаты ЭП, которая стала причиной аварийной ситуации. Это даст возможность предпринять меры по совершенствованию технологического процесса и системы управления для предотвращения повторного сбоя производства. Для осуществления процедуры сформирована совокупность логических правил [9]. Выходными сигналами измерительных каналов ОД являются сигналы, которые характеризуют точность обработки задающего воздействия. Они выражаются в относительных единицах и обозначаются $\varepsilon_i(t)$. При сканировании первого канала измеренному значению сигнала условно присваивается статус «максимальный».

Следующим этапом является проверка текущего значения сигнала канала измерения путем сравнения с гранично допустимым значением ε_{gr} согласно технологии работы ОД. Если сигнал достигает этого значения, то формируется $x_j = 1$ (x_j – значение диагностируемого параметра на выходе j -го канала измерения) и вывод о характере неисправности ОД.

Если превышения гранично допустимого значения не обнаружено, происходит переключение на следующий измерительный канал. Если значение сигнала $\varepsilon_i(t)$ в этом измерительном канале превышает значение установленного ранее, то ему присваивается статус «максимального».

Если устанавливается новое значение максимального сигнала, то происходит проверка условия (2). Далее проверяется следующий канал, после чего процедура повторяется. После прохождения проверки всех измерительных каналов происходит переход на новый цикл сканирования.

ВЫВОДЫ

Использование предложенной усовершенствованной структурной схемы технического средства диагностирования электромеханических систем станов холодной прокатки, а также применение различных методов обработки данных, например, процедуры ускоренного поиска канала измерения с экстремальным уровнем сигнала, которая может быть реализована на базе быстродействующих микропроцессорных устройств, расширит возможности разработки комплексов диагностирования электромеханических систем станов холодной прокатки, повысит скорость и качество диагностики электроприводов прокатного производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гуменюк В. М. Надежность и диагностика электротехнических систем / В. М. Гуменюк. – Владивосток : Изд-во Дальневост. гос. тех. ун-та, 2010. – 218 с.
2. Полилов Е. В. Опыт разработки и внедрения систем регистрации электрических процессов и событий электроприводов линии стана / Е. В. Полилов, А. Б. Зеленов // Вісник КДПУ. – Кременчук : КДПУ, 2005. – Выпуск 4/2005 (33). – С. 9–11.
3. Пуляев В. И. Цифровые регистраторы аварийных событий энергосистем / В. И. Пуляев, Ю. В. Усачев. – М. : НТФ «Энергопрогресс», 1999. – 80 с.
4. Осипов О. И. Техническая диагностика автоматизированных электроприводов / О. И. Осипов, Ю. С. Усынин. – М. : Энергоатомиздат, 1991. – 160 с.
5. Пирожок А. В. Диагностирующий многоканальный комплекс стана холодной прокатки / А. В. Пирожок, Е. С. Назарова, О. О. Супрун, А. Г. Маринченко // Вісник КДПУ. – Кременчук : КДПУ, 2008. – Выпуск 4/2008 (51). – Ч. 1. – С. 117–122.
6. Назарова Е. С. Исследование электромеханических процессов дрессировочного стана с помощью диагностирующего многоканального комплекса // Вісник КДПУ. – Кременчук : КДПУ, 2009. – Выпуск 3/2009 (56). – Ч.1. – С. 103–106.
7. Жуков С. Ф. Система диагностирования электротехнического комплекса автоматического управления непрерывным станом холодной проката / С. Ф. Жуков, А. А. Шамрай // Спецвыпуск журнала «Техническая электродинамика». – 2010. – Ч. 3. – С. 165–168.
8. Закладной А. Н. Средства функциональной диагностики энергоэффективности электромеханических систем / А. Н. Закладной, В. М. Чермалих, О. А. Закладной // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. Тем. вип. наук.-виробн. журналу. – Кременчук : КрНУ, 2012. – Вып. 3/2012(19). – С.161–162.
9. Бабій С. М. До питання діагностування автоматичних керуючих пристроїв електропривода / С. М. Бабій, О. Д. Фолушняк // Зб. наук. праць VIII Всеукр. наук.-техн. конференції молодих учених і спеціалістів у м. Кременчук 08–09 квітня 2010 р. – Кременчук, КДУ, 2010. – С. 344–345.

Стаття надійшла до редакції 09.01.2013
Після доробки 29.01.2013.

Назарова О. С.

Канд. техн. наук, старший викладач, Запорізький національний технічний університет, Україна

ДО ПИТАННЯ РОЗРОБКИ СИСТЕМ ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ СТАНІВ ХОЛОДНОЇ ПРОКАТКИ

Показані перспективи розвитку систем діагностування електромеханічних систем станів холодної прокатки. Вдосконалено структурну схему технічного засобу діагностування, а також процедуру обробки даних, на прикладі пришивдишеного пошуку каналу з екстремальним рівнем сигналу.

Ключові слова: система діагностування, електромеханічна система, стан холодної прокатки.

Nazarova E. S.

Ph.D. (eng), senior lecturer, Zaporozhzhie National Technical University, Ukraine

ON THE QUESTION OF THE DEVELOPMENT OF DIAGNOSTIC SYSTEMS OF ELECTROMECHANICAL SYSTEMS OF COLD ROLLING MILLS

One of the ways to improve the reliability of technical systems that are widely used in practice, is to increase the level of reliability.

Therefore, the actual problem is to improve the means of technical diagnostics by increasing speed of decision making diagnostic complex, studies of possible states of the individual technical components and interconnected electro-mechanical systems of cold rolling with the mutual influence of the thickness coordinate drives and tension rolled strip. Purpose of work is to show the prospects of diagnostic systems of electromechanical systems of cold rolling mills. The use of structural scheme of the proposed advanced technical means of diagnosing electromechanical systems of cold rolling mills, as well as the use of different methods of data processing, such as the fast track search channel measurements with an extreme level of the signal, which can be implemented on a high-speed microprocessor devices, will increase the development of electromechanical diagnostics systems of cold rolling, improve the speed and quality of diagnostics electric drives rolling mill.

Keywords: diagnostic system, electromechanical system, cold rolling mill.

REFERENCES

1. Gumenuk V. M. Reliability and diagnostics of electrical systems. Vladivostok: Izd-vo Dalnevost. Gos. Teh. Un-t, 2010, 218 p.
2. Polilov E. V., Zelenov A. B. Experience in the development and implementation of registration of the electrical processes and events of electric mill line, *Visnik KDPU*, Kremenchuk, KDPU, 2005, Vip. 4/2005 (33), pp. 9–11.
3. Puljaev V. I., Ysachev U. V. Digital fault recorders power systems. Moscow, NTF «Energoprogress», 1999, 80 p.
4. Osipov O. I., Ysinin U. S. Technical diagnostics automated electric drives. Moscow, Energoatomizdat, 1991, 160 p.
5. Pirozhok A. V., Nazarova E. S., Sypryn O. O., Marinchenko A. G. Diagnosing multichannel complex of cold rolling mill, *Visnik KDPU*, Kremenchuk, KDPU, 2008, Vip. 4/2008 (51), P.1, pp. 117–122.
6. Nazarova E. S. Study of electromechanical processes temper mill with diagnostic multichannel complex, *Visnik KDPU*, Kremenchuk, KDPU, 2009, Vip. 3/2009 (56), P. 1, pp. 103–106.
7. Zhykov S. F., Shamrai A. A. System of diagnosing electrotechnical complex automatic control continuous cold rolling mill, *Specvipysk «Tehnicheskaja electrodinamika»*, 2010, P.3, pp. 165–168.
8. Zakladnoi A. N., Chermalih V. M., Zakladnoi O. A. Means of functional diagnostics efficiency of electromechanical systems, *Elektromehanichni I energozberigauchi systemi. Tem. vip. nauk.-virobn. Zhyrnaly*, Kremenchuk, KrNU, 2012, Vip. 3/2012(19), pp. 161–162.
9. Babij S. M., Folushnjak O. D. On the question of diagnosing automatic control devices of electric drive, *Zb. Nayk. Prac. VIII Vseykr. nayk.-the. Konferens molodih ychenih I specialistiv*, Kremenchuk, KDU, 2010, pp. 344–345.

УДК.621.3.048.1

Спица А. Г.

Аспирант, Запорожский национальный технический университет, Украина, E-mail: interas@yandex.ru

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА РАБОТУ СИСТЕМ НЕПРЕРЫВНОГО КОНТРОЛЯ ИЗОЛЯЦИИ ТРАНСФОРМАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В статье проанализированы результаты работы системы непрерывного контроля изоляции измерительных трансформаторов тока и высоковольтных вводов на подстанции 330 кВ «Днепр-Донбасс» Днепровской электроэнергетической системы. Рассмотрены эксплуатационные факторы, влияющие на достоверность результатов. Проведено подробное исследование погрешностей, вносимых разделительными трансформаторами. Выработаны рекомендации и методы по исключению влияния эксплуатационных факторов на работу систем мониторинга изоляции.

Ключевые слова: трансформатор, непрерывный контроль изоляции, диагностика состояния, эксплуатационный фактор.

ВВЕДЕНИЕ

Для обеспечения требуемого уровня надежности работы электрических сетей высокого напряжения особое внимание должно быть уделено контролю технического состояния оборудования. В современных условиях происходит переход от системы плановых ремонтов оборудования к новой системе обслуживания по текущему техническому состоянию. Это обстоятельство резко повышает ответственность за правильный диагноз состояния оборудования, поставленный при испытаниях и контроле, а также подчеркивает архаичность традиционных методов контроля, требующих, как правило, отключения оборудования и проведения трудоемких (иногда и с необоснованно высоким риском повреждения) испытаний. Появившиеся в последние годы новые технологии, например, тепловизионный контроль, являются хорошим примером в модернизации системы профилактическо-

го контроля оборудования, но не исчерпывают проблемы. Для обнаружения многих дефектов требуются новые методы: производительные, надежные и безопасные как для самого оборудования, так и для контролирующего персонала [1].

Как показывает практика, большой процент трансформаторов перед повреждением имели удовлетворительные характеристики твердой изоляции и масла. Это свидетельствует о недостаточной эффективности применяемых систем технического диагностирования и большом интервале времени между испытаниями. Время между появлением дефекта в изоляции и повреждением аппарата может быть существенно меньше промежутка времени между измерениями, рекомендуемого Нормами испытаний для каждого типа оборудования [2]. Поэтому периодический контроль позволяет только уменьшить вероятность повреждений оборудования. Системы непрерывного контроля избавлены от указанных недо-