

**АВТОМАТИЗАЦИЯ И ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЯ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ  
В ГОРНО-ДОБЫВАЮЩЕЙ И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**AUTOMATION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES  
AND MANUFACTURES IN MINING AND PROCESSING  
INDUSTRIES**

УДК 621.31

**А.Е.КОЗЯРУК**, д-р техн. наук, профессор, *kozjaruk@mail.ru*  
Санкт-Петербургский государственный горный университет

**А.Е.KOZYARUK**, Dr. in eng. sc, professor, *kozjaruk@mail.ru*  
Saint Petersburg State Mining University

**СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ДИАГНОСТИКИ  
ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ КАРЬЕРНЫХ  
ЭКСКАВАТОРОВ**

Выполнен анализ алгоритмов управления и диагностики электромеханического оборудования экскаваторов. Показаны преимущества алгоритма прямого управления моментом и метода ваттметрографии для задач мониторинга и диагностики оборудования.

**Ключевые слова:** управление, диагностика, карьерные экскаваторы.

**CONTROL SYSTEMS AND DIAGNOSTICS  
OF THE ELECTROMECHANICAL EQUIPMENT  
OF CAREER DREDGES**

The analysis of algorithms of management and diagnostics of the electromechanical equipment of dredges is made. Advantages of algorithm of a direct control of the moment and a method wattmetrografii for problems of monitoring and equipment diagnostics are shown.

**Key words:** control systems, diagnostics, career dredges.

Анализ состояния и эксплуатации карьерных экскаваторов показывает, что для машин с большим объемом ковша наиболее перспективными системами привода являются электроприводы переменного тока с частотно-регулируемым асинхронным двигателем.

Основные преимущества электроприводов переменного тока:

1. Существенные преимущества приводов переменного тока имеет с точки зрения эксплуатации – замена коллекторных двигателей постоянного тока на двигатели пере-

### Характеристика электроприводов

Обозначение	Система	Положительные свойства	Недостатки
ТНПЧ-АД	Тиристорный преобразователь частоты – асинхронный двигатель	Возможность формирования практически любых требуемых характеристик приводов. Высокое быстродействие. Более высокий КПД, чем в системе Г-Д. Исключение электромашинного агрегата и коллекторных двигателей постоянного тока	Низкий коэффициент мощности и наличие высших гармоник в потребляемом от сети токе. Необходимость ФКУ. Сложные полупроводниковые преобразователи, требующие специального обслуживания. Необходимость специальных устройств динамического торможения при отключении энергии, разработки специальных двигателей
АВ-АИН-АД	Активный выпрямитель – автономный транзисторный инвертор напряжения – асинхронный двигатель	Возможность формирования практически любых требуемых характеристик приводов. Высокое быстродействие. Более высокий КПД, чем в системе Г-Д. Исключение электромашинного агрегата и коллекторных двигателей постоянного тока	Сложные полупроводниковые преобразователи, требующие специального обслуживания. Необходимость дополнительных устройств динамического торможения при отключении энергии, применения специальных двигателей переменного тока

менного тока существенно снижает затраты на эксплуатацию.

2. Конструктивно двигатели более простые и соответственно более дешевые, чем двигатели постоянного тока.

3. Практически не требуют обслуживания – отсутствие коллекторного узла исключает необходимость контроля и обслуживания коллектора и щеточных узлов.

4. Двигатели переменного тока имеют меньший момент инерции, что обеспечивает снижение динамических нагрузок на механическое оборудование и более высокую максимальную частоту вращения. Контроль за работой двигателя переменного тока существенно проще, чем за двигателем постоянного тока.

5. Система управления с активным выпрямителем (AFE) обеспечивает решение вопроса минимального влияния работы экскаватора на внешнюю сеть без применения специальных устройств.

6. Обеспечивает работу экскаватора в слабых электрических сетях при значительных колебаниях внешнего напряжения.

Сравнительный качественный анализ двух типов возможных схем электропривода переменного тока представлен в таблице.

Сравнительная стоимость основного электропривода для различных типов экскаваторов с использованием различных систем электропривода представлена на рис. 1.

Задачу управления экскаваторами с электроприводом можно разделить на две части: создание САУ электроприводом и системы автоматизации управления экскаватором.

Учитывая особо жесткие требования по ограничению динамических моментов и усилий в трансмиссиях экскаватора, система автоматического управления режимами работы электропривода должна реализовать алгоритм «прямого управления моментом» (DTC), обеспечивающий самое высокое быстродействие по контуру момента (тока) двигателя\*.

Разработаны структуры и устройства системы «разрывного» управления частотным электроприводом с реализацией табличных алгоритмов формирования управляющих воздействий на электронные ключи полупроводникового преобразователя частоты.

Задачи системы автоматизации управления экскаватором состоят в получении следующей информации:

- объем выполненных работ и их длительность;

\* Козярук А.Е. Прямое управление моментом в электроприводе переменного тока машин и механизмов горного производства / А.Е.Козярук, В.В.Рудаков / СПГТИ. СПб, 2008. 100 с.

Kozyaruk A.E., Rudakov V.V. Direct control of an instant in the electric drive of an alternating current of cars and mechanisms of mountain manufacture / Saint Petersburg, 2008. 100 p.

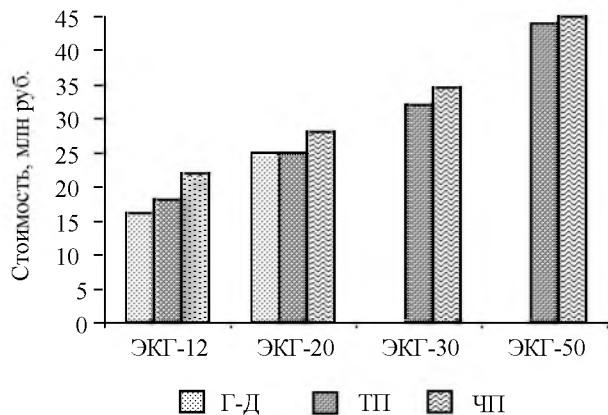


Рис.1. Сравнительная стоимость основного электропривода с учетом двигателей  
Г-Д – генератор-двигатель; ТП – тиристорный преобразователь; ЧП – частотный привод

- использование экскаватора во времени;
- объем (вес) переработанной горной массы;
- энергозатраты на произведенную работу;
- внутрисистемная и итоговая информация по результатам смены.

Системы контроля и учета, как правило, формируют следующую информацию:

- общий расход электроэнергии;
- усилие в механизме подъема (по току двигателя механизма подъема);
- усилие в механизме напора или тяги (по току двигателя механизма напора-тяги);

- угол поворота платформы;
- время рабочего цикла;
- сигнализация о наполнении ковша;
- время поворота;
- энергопотребление за цикл экскавации;
- общее количество перемещенной горной массы;
- общее количество рабочих циклов за смену, сутки, месяц.

На современном уровне особо важную роль в обеспечении эффективности и надежности экскаваторного оборудования играют системы диагностики, мониторинга и оценки остаточного ресурса.

Существующие методы диагностики электрооборудования основаны:

- на анализе вибраций отдельных элементов оборудования;
- на анализе акустических колебаний, создаваемых работающим оборудованием;
- на измерении и анализе магнитного потока в зазоре электрической машины;
- на анализе вторичных электромагнитных полей электрооборудования;
- на измерении и анализе температуры отдельных элементов оборудования;
- на анализе значений электрических параметров электрооборудования.

Для электромеханического оборудования наиболее целесообразным методом функционирования диагностического ком-

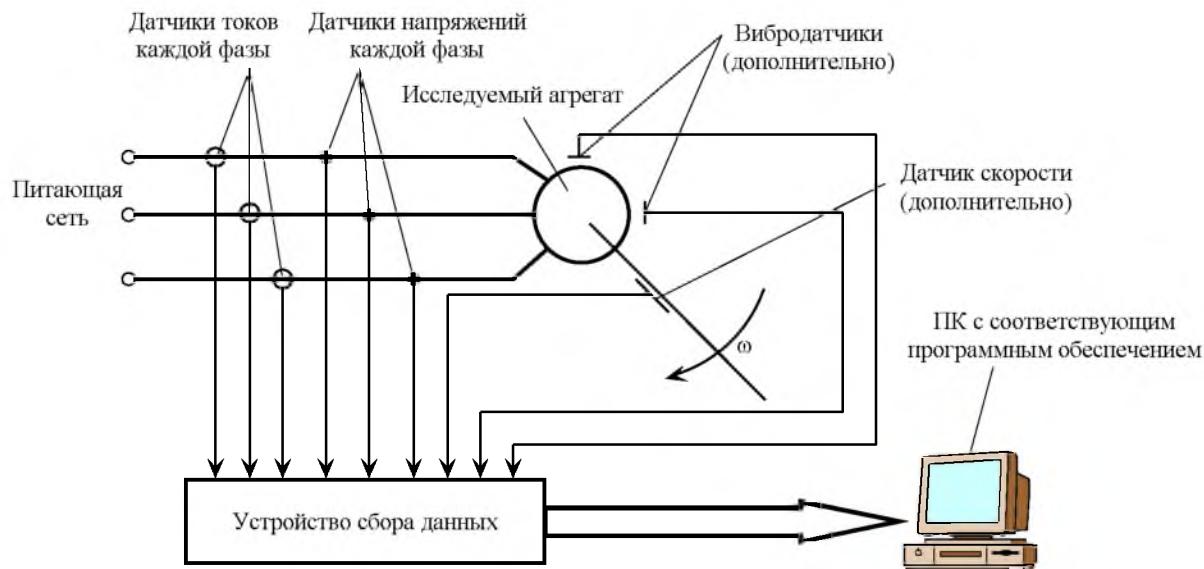


Рис.2. Структура диагностического комплекса на основе ваттметрографии

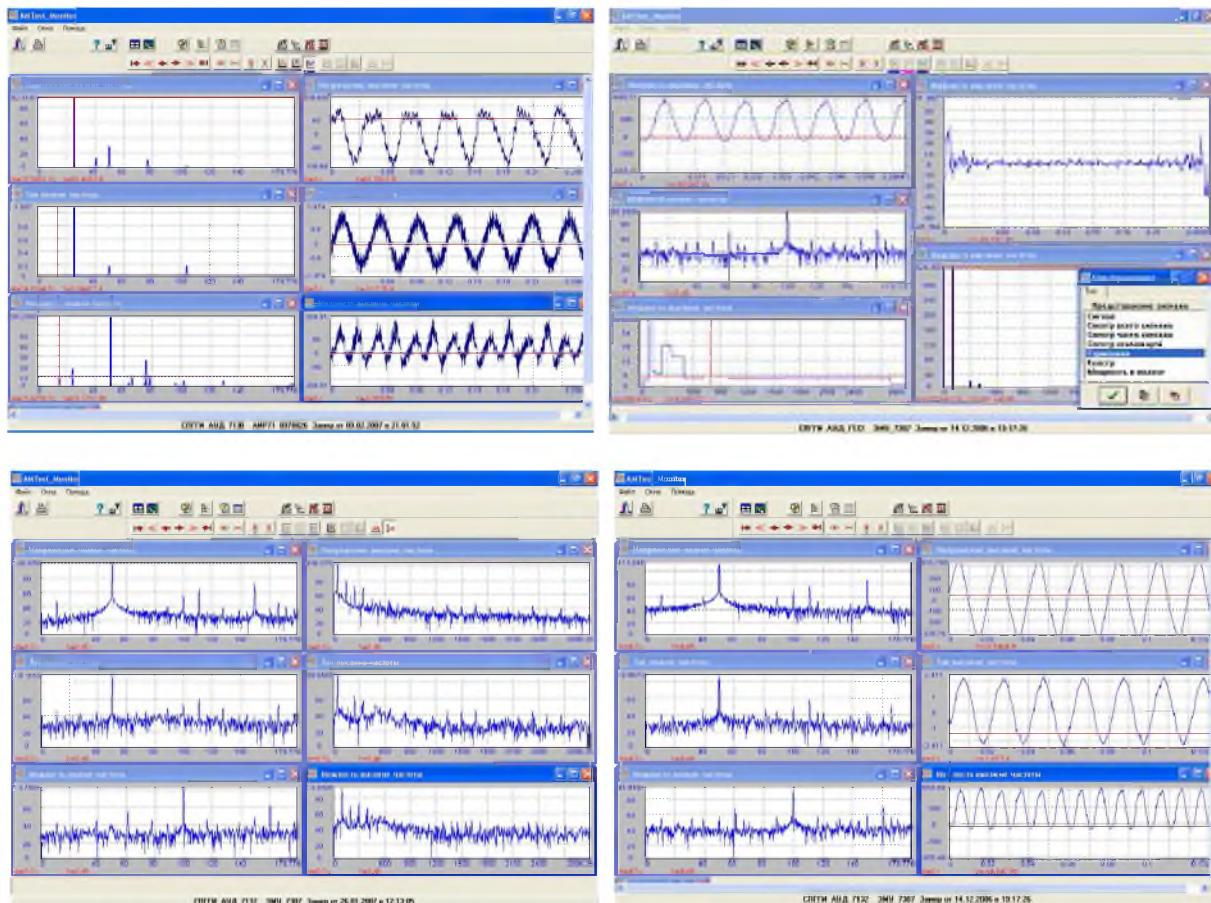


Рис.3. Пример экранов программы AmTest\_Monitor (версия 4.0)

плекса является метод на основе ваттметро-графии (измерение, обработка и анализ электрических сигналов) (рис.2).

Созданы и используются приборы защиты, управления и диагностики приводных электродвигателей и механизмов АМTest. На рис.3 показан пример представления информации программой AmTest\_Monitor. Принцип построения системы мониторинга и оценки остаточного ресурса электромеханического оборудования состоит в следующем.

С использованием приборов контроля предварительно производится статистическая обработка сигналов для функционирующего оборудования в различных режимах и при различных сроках эксплуатации. Формируется каталог эталонных сигналов, соответствующих исправному состоянию и различному сроку службы оборудования.

Диагностика состояния и оценка остаточного ресурса производятся по сравнению

реальных сигналов и их определяющих спектральных характеристик с эталонными.

Системы диагностики и оценки остаточного ресурса могут встраиваться в щиты управления электрооборудованием экскаватора или использоваться автономно на карьере для группы экскаваторов по определенному регламенту.

В настоящее время разрабатывается методология определения и оценки эталонных параметров и прорабатываются решения по разработке комплексов диагностики и оценки ресурса для электромеханического оборудования карьеров.

## Выводы

1. Для повышения эффективности работ в карьерах целесообразно создание экскаваторов с объемом ковша 35 и 50 м<sup>3</sup> и

электроприводом переменного тока для главных механизмов.

2. Наиболее перспективным алгоритмом управления электроприводом экскаватора является алгоритм прямого управления моментом (DTC).

3. Задача диагностики, мониторинга и оценки остаточного ресурса электрообору-

дования наилучшим образом решается с использованием принципов и средств ваттметрографии.

4. Создание систем оценки остаточного ресурса требует проведения большой подготовительной работы по созданию каталога эталонных сигналов для различных типов и сроков эксплуатации оборудования.