

## **МНОГОУРОВНЕВОЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМОЙ КОНВЕЙЕРНОГО ТРАНСПОРТА УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ**

*Бессараб В.И., Федюн Р.В., Уваров Р.В.*

Донецкий национальный технический ун-т

Киевский ун-т информационных и телекоммуникационных технологий

[bvi@fcita.dn.ua](mailto:bvi@fcita.dn.ua)

*In a paper the questions of mining an all-level control system of a conveyor transport for coal mine are reviewed. The proposed control system enables to exploit system of a conveyor transport in an economy effort of an electrical power.*

Ограниченность запасов нефти и газа в Украине при одновременном увеличении стоимости импортного сырья и возрастании потребления энергии определяют необходимость развития угольной промышленности, основной производственной единицей которой является шахта. С другой стороны, угольная шахта является довольно мощным потребителем электроэнергии, что создает определенные трудности, как для самой шахты, так и для энергоснабжающих организаций.

Современная угольная шахта представляет собой сложный объект автоматизации [1]. Производительность угольной шахты определяется суммарной производительностью добычных участков и может ограничиваться системой транспорта.

В настоящее время на большинстве угольных шахт Украины применяется конвейерный транспорт. Каждая шахта имеет разветвленную, протяженную структуру конвейерного транспорта, включающую в себя большое количество различных конвейеров и бункеров. С точки зрения энергопотребления система конвейерного транспорта представляет собой мощный потребитель, мощность которого возрастает с увеличением глубины разработки, протяженности горных выработок, производительности добычных участков. Проведенные исследования [2] показали, что неравномерность загрузки конвейеров ведет к перерасходу электроэнергии за счет холостой работы конвейерной линии, а также за счет увеличения потребления реактивной энергии незагруженными конвейерами.

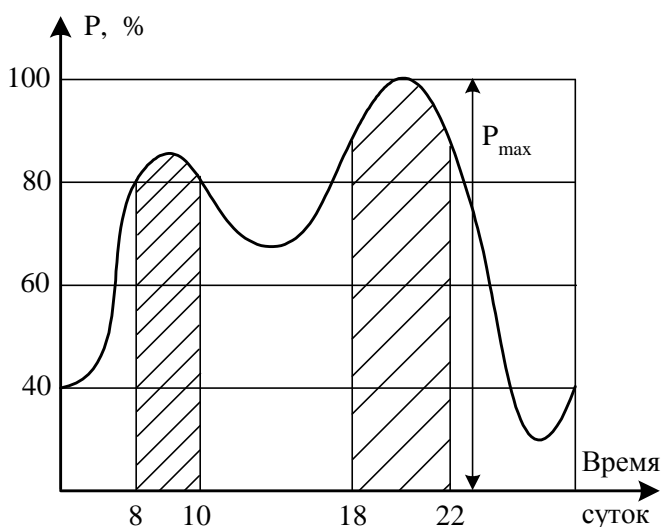


Рисунок 1. Суточный график нагрузки энергосистемы

Суточные графики электрических нагрузок энергосистем характеризуются значительной неравномерностью. Они, как правило, имеют два явно выраженных пика: утренний и вечерний (рис.1). Для энергосистем заблаговременно, поквартально устанавливаются периоды максимума в графике нагрузки. Неравномерность потребления электрической энергии вызывает увеличение стоимости ее производства и передач, что в свою очередь приводит к росту затрат потребителей энергии. В настоящее время энергосистема обязывает предприятия снижать нагрузку в часы максимума. Это приводит к определенным трудностям при выполнении производственных планов и снижению технико-экономических показателей деятельности предприятия. Поиски решения данной задачи привели к необходимости введения системы тарифов на электроэнергию, стимулирующих ее внепиковое потребление. При данном тарифе потребитель, заинтересованный в снижении издержек, принимает меры к уменьшению мощности, потребляемой в периоды максимума нагрузки энергосистемы, а в остальное время суток остается свободным в выборе режима работы.

На горных предприятиях мероприятия по созданию потребителей - регуляторов сводятся к организации выполнения технологических процессов с учетом установленных периодов максимума энергосистемы и к полному или частичному отключению энергоемких потребителей на периоды максимума. Примером такой системы управления является система ВАВ-1м для автоматизации главной водоотливной установки, в функции которой входит и внепиковое управление водоотливом.

Построение комплексной системы автоматизации конвейерного транспорта позволит повысить эффек-

тивность функционирования данного технологического процесса за счет экономии электроэнергии, а также снижения эксплуатационных затрат на процесс транспорта.

Системы автоматического управления такими сложными объектами могут быть одноуровневыми централизованными, одноуровневыми децентрализованными или многоуровневыми. В настоящее время для получения максимальной эффективности управления объектами такого класса применяются многоуровневые системы автоматического управления, основанные на применении современных цифровых технологий. Использование многоуровневых систем управления позволяет наиболее полно учесть взаимосвязанность технологических процессов, их многомерность, распределенность, а также максимально компенсировать влияние внешних и внутренних возмущающих воздействий. Поэтому, необходимо разработать принципы и систему комплексной автоматизации системы конвейерного транспорта угольной шахты с использованием многоуровневого подхода и современных телекоммуникационных технологий.

Для построения комплексной системы автоматизированного управления конвейерным транспортом угольной шахты необходимо решить следующие основные задачи:

- выполнить анализ технологического процесса транспорта как объекта автоматизированного управления, определить возможные способы энергосберегающего управления;
- определить наиболее оптимальное количество уровней управления данным технологическим процессом;
- определить с точки зрения иерархии системы управления задачи, решаемые на каждом уровне управления;
- разработать структуру комплексной системы управления конвейерным транспортом угольной шахты;
- обосновать выбор комплекса технических средств для реализации предложенной системы.

Современные подземные конвейерные линии характеризуются значительной протяженностью и использованием мощных многодвигательных конвейеров для перевозки грузов и людей, а также наличием нескольких маршрутов. Это сложные объекты автоматизации, как с позиции управления ими, так и обеспечения безопасности их эксплуатации.

Объектом автоматизации выступает система конвейерного транспорта, которую можно условно разделить на три уровня. Нижним уровнем является конвейер. На большинстве шахт используют два типа конвейеров – ленточные и скребковые. Последние используются в добычных забоях и входят в состав механизированных комплексов. Участковый и магистральный транспорт осуществляется ленточными конвейерами [1,2]. Объектом регулирования САУ нижнего уровня выступает ленточный конвейер, который может быть представлен тремя звеньями: электродвигателем конвейера ДК, вход которого – частота питающего напряжения  $f_{\text{дв}}$ , а выход – частота вращения вала двигателя  $\omega_{\text{дв}}$ ; приводом конвейера ПК, вход которого – частота вращения вала двигателя  $\omega_{\text{дв}}$ , а выход – скорость ленты на приводных барабанах  $v_{\text{дн}}$ ; тяговым органом ТО, вход которого – скорость ленты на приводных барабанах  $v_{\text{дн}}$ ; а выход – скорость ленты на натяжном барабане  $v_{\text{дн}}$  (рис. 2.).

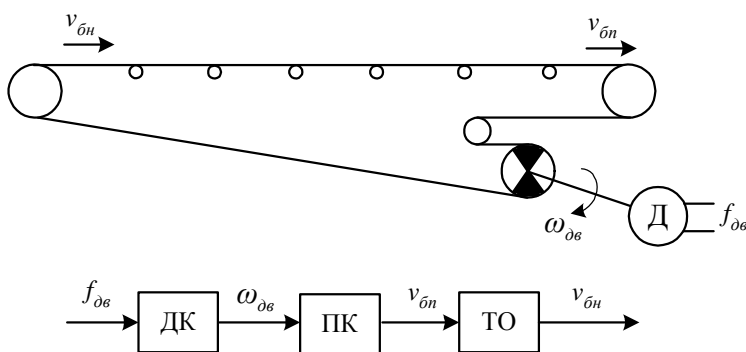


Рисунок 2. Технологическая схема и функциональная блок-схема ленточного конвейера.

В качестве приводного электродвигателя на ленточных конвейерах применяют асинхронные электродвигатели. Наиболее приемлемым способом управления асинхронным электродвигателем выступает изменение частоты питающего напряжения

При автоматизации отдельных ленточных конвейеров возникает задача управления конвейером с многодвигательным приводом в переходных режимах работы. Данная задача успешно решается при использовании ПИД-закона управления, что подтверждается результатами моделирования.

Второй уровень представляет собой неразветвленную конвейерную линию. Основная задача автоматизации данного уровня – обеспечение согласованной работы конвейеров линии в различных режимах.

Третий уровень – верхний уровень, к которому можно отнести всю систему конвейерного транспорта, включающую разветвленные конвейерные линии, а также бункера (рис. 3). На данном уровне система автоматизации должна обеспечивать оптимальное управление системой конвейерного транспорта с целью обеспечения заданной пропускной способности технологического процесса транспортирования при минимальных затратах.

Приведенная схема конвейерного транспорта угольной шахты (рис. 3) включает все вышерассмотренные элементы: отдельные ленточные конвейеры соединены в неразветвленные линии, которые при помощи бункеров образуют разветвленную схему транспорта. Все конвейерные линии делятся на участковые и магистральные, которые отличаются мощностью конвейеров, производительностью, протяженностью.

Многоуровневая структура системы управления обеспечивает ее надежность, оперативность, ремонтно-пригодность, эффективность функционирования. При этом обеспечивается оптимальный уровень децентрали-

зации управления с минимальным количеством средств технологического контроля, управления и линий связи между ними. Построение систем автоматизации по уровням управления определяется целями (критериями) управления соответствующими элементами технологического процесса. Задачи, решаемые на каждом уровне объекта управления – системы конвейерного транспорта, определяют требования к многоуровневой системе автоматизации. На верхнем уровне решается задача обеспечения оптимальной работы всей системы конвейерного транспорта. В результате система управления верхнего уровня выдает оптимальные значения технологических параметров, которые являются задающими воздействиями для систем управления нижних уровней.

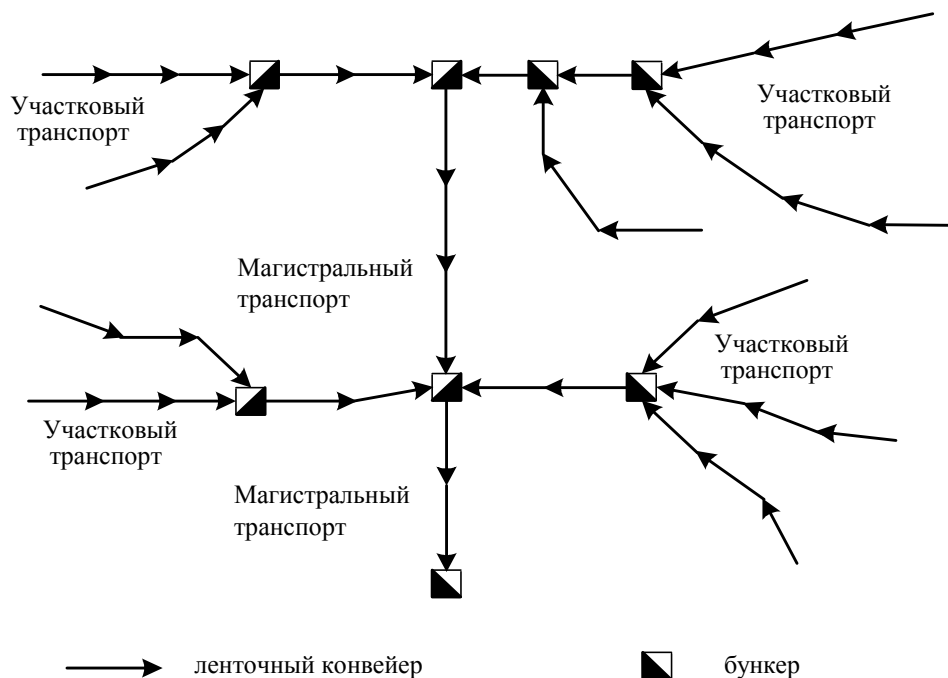


Рисунок 3. Схема конвейерного транспорта угольной шахты

Вышеизложенный анализ особенностей системы конвейерного транспорта угольной шахты позволяет определить целесообразность деления систему управления на три уровня: нижний уровень – управление отдельным конвейером, промежуточный уровень – управление неразветвленной конвейерной линией, верхний уровень – управление системой конвейерного транспорта в целом. Структурная схема многоуровневой системы управления конвейерным транспортом угольной шахтой представлена на рисунке 4.

Функции управления отдельным конвейером, реализация ПИД-закона управления, а также все необходимые защиты и блокировки осуществляет блок управления локальным объектом (рис.4) это нижний уровень системы управления. Для управления и координации работы неразветвленной конвейерной линии используется блок БУКЛ – промежуточный уровень системы. Оптимизация работы конвейерных линий и бункеров осуществляется на верхнем уровне, функции которого реализует ПЭВМ (рис.4).

Дальнейшее совершенствование эксплуатации конвейеров, особенно в условиях расширения их использования, требует разработки систем, оптимизирующих режим их работы по критерию минимума затрат на транспортировку полезного ископаемого. В условиях неравномерности потока угля из забоев одним из путей решения этой задачи является построение САУ в целях стабилизации погонной нагрузки конвейеров как за счет регулирования скорости рабочего органа конвейера, так и использования промежуточной управляемой емкости (бункера, бункер-конвейера). САУ стабилизации погонной нагрузки конвейеров позволяет обеспечить полную загрузку конвейеров, особенно магистральных, исключить холостую работу конвейерных линий. Реализация данной функции осуществляется устройствами управления промежуточного и верхнего уровня.

При построении систем управления распределенными объектами используются два подхода. Классический подход к автоматизации сложных распределенных объектов предусматривает подключение каждого датчика к центральному контроллеру отдельным (и довольно дорогим) высококачественным кабелем. Это же относится и к подключению исполнительных органов. Альтернативой описанному подходу, являются системы автоматического управления, построенные с использованием промышленных шин - fieldbus. К наиболее известным и применяемым в мире открытым промышленным сетям относятся: CAN, LON, Profibus, Interbus-S, FIP, ControlNet, Foundation Fieldbus, DeviceNET, ASI, HART, MicroLAN, и некоторые другие [3, 5]. Каждая из перечисленных систем имеет свои особенности, достоинства и предназначена для применения на определенном уровне системы управления.

Переход на fieldbus-технологии обеспечивает улучшение качества, снижение затрат и повышение эф-

фективности конечной системы [4]. Каждое устройство может выполнять функции управления, обслуживания и диагностики. Это существенно увеличивает эффективность системы в целом и снижает затраты по ее сопровождению. Таким образом, на современном этапе развития систем автоматизации при построении систем управления распределенными объектами и процессами необходимо ориентироваться на использование телекоммуникационных сетей класса fieldbus.

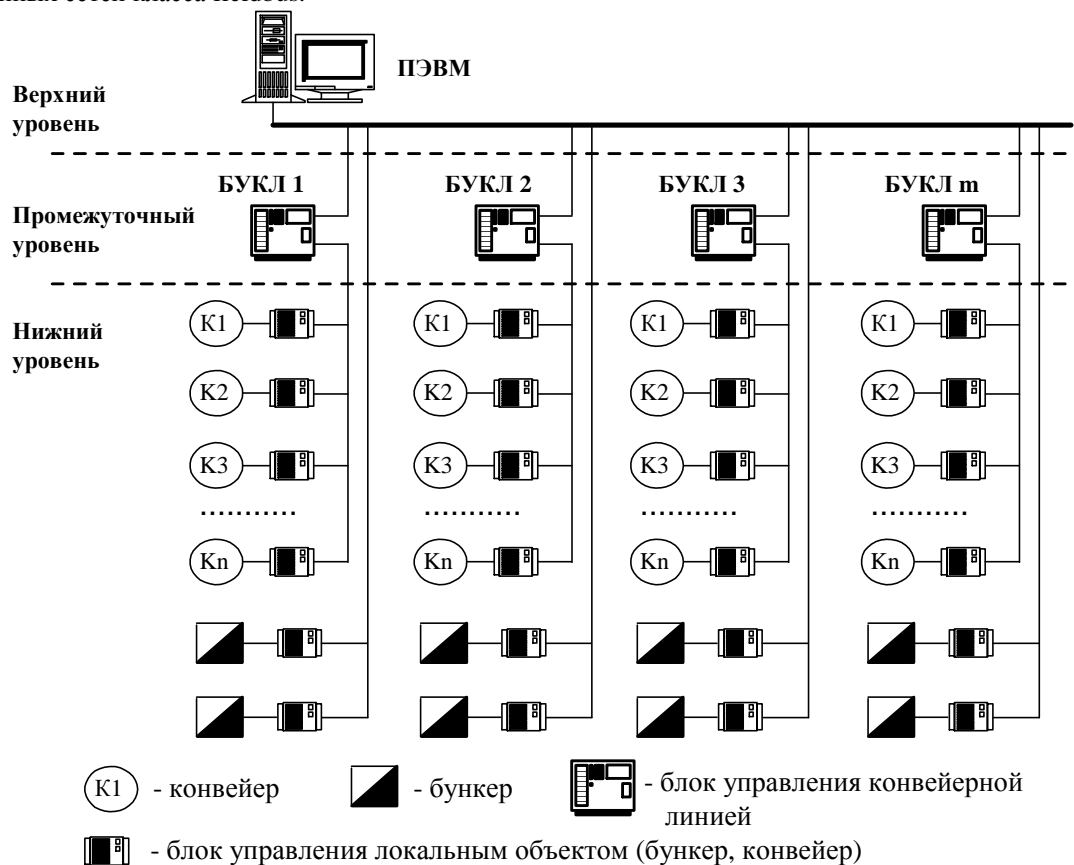


Рисунок 4. – Структура многоуровневой системы управления конвейерным транспортом угольной шахты.

#### Выводы.

1. Показано, что повышение эффективности управления конвейерным транспортом угольной шахты возможно при использовании комплексной системы автоматизированного управления, реализованной с использованием многоуровневого подхода построения систем.

2. Выполненный анализ условий функционирования системы конвейерного транспорта шахты показал, что наиболее целесообразным является построение трехуровневой системы управления, которая включает уровень конвейерного транспорта, уровень неразветвленной конвейерной линии, уровень отдельного конвейера.

3. Оптимальная реализация многоуровневой системы управления конвейерным транспортом шахты возможна при использовании специализированных телекоммуникационных сетей, в частности, системы Profibus и Industrial Ethernet.

4. Система Profibus позволяет создавать системы управления во взрывоопасных и пожароопасных условиях, комплекс технических средств которой охватывает все три уровня управления: уровень конвейерного транспорта, уровень неразветвленной конвейерной линии, уровень отдельного конвейера и тем самым является наиболее предпочтительным при построении многоуровневой системы управления конвейерным транспортом угольной шахты.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Автоматизация процессов подземных горных работ. // Под общей ред. Иванова А.А. - Киев; Донецк: Вища шк., 1987. - 327 с.
2. Толлежников Л.И. Автоматическое управление процессами шахт и рудников: Учебное пособие для вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Недра, 1985. - 352 с.
3. Звягинцев А.М., Красников А.Л., Курносоев Н.М., Долинин И.В., Скрыпников С.Н. Полевые шины fieldbus - новая перспектива в автоматизации управления технологическими процессами // Датчики и системы.- 1999.-№ 7-8.- С. 61 -73.
4. Олссон Г., Пиани Дж. Цифровые системы автоматизации и управления: СПб.: Невский диалект, 2001г. – 557 с.
5. Любашин А.Н. PROFIBUS - открытая шина для открытых технологий // PCWeek.-1998.- № 8.-С. 12-17.