

10. **Бизов В.Ф.** Відкриті гірничі роботи / **В.Ф. Бизов, Ю.А. Дриженко.** – Кривий Ріг : Мінерал, 2004. – 341 с.
11. **Горшков Э.В.** Обоснование рациональных параметров технологического автотранспорта при повышенных уклонах карьерных автодорог : дис. ... канд. техн. наук: 05.15.03 / **Эдуард Викторович Горшков.** – Свердловск, 1984. – 195 с.
12. **Почужевский О. Д.** Основные направления улучшения эксплуатационных свойств карьерных автосамосвалов / Ю. А. Монастырский, А. В. Веснин, О. Д. Почужевский // Проблемы недропользования : материалы V Всероссийской молодежной научно-практической конференции (с участием иностранных ученых): (8-11 февр. 2011 г., Екатеринбург) / Институт горного дела УрО РАН. – Екатеринбург, 2011. – С.63–68.
13. Открытое акционерное общество Гайворонский спецкарьер [Надпись с экрана]. – Электронный ресурс. – <http://www.kw.ukrtel.net/kcci/members/gsk.html>
14. **Стукачев В.Н.** Прогнозирование в проектировании большегрузных самосвалов / В.Н. Стукачев, В.Н. Ксендзов / под ред. **Я.Е. Фаробина.** – Минск : Наука и техника, 1991. – 152 с.
15. Карьерный автотранспорт стран СНГ в XXI веке / **Мариев П.Л.** [и др.]. – СПб. : Наука, 2006. – 387 с.

Рукопис подано до редакції 11.02.14

УДК 621.315.052.7: 62.395.14

І.В. КАСАТКІНА, канд. техн. наук, доц., І.В. ГНУТОВ, студент  
Криворізький національний університет

## ПОЛІПШЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА КОНВЕЄРА

Розробка системи керування електроприводом конвеєрів, особливо актуальна і складна, тому що пов'язана з необхідністю погодженого управління декількома електроприводами.

У системі з багатодвигунними електроприводами, взаємозв'язаними конвеєрною стрічкою, використовується погоджене управління швидкістю або моментом електродвигунів. Вибір структури і параметрів системи управління визначаються механічною частиною електроприводу.

Механізм конвеєрів відрізняється наступними особливостями:

наявністю пружного елемента;

конвеєрної стрічки;

можливістю протікання хвильових процесів, пов'язаних з розподілом деформації по довжині конвеєрної стрічки.

Збурення якого-небудь перетину стрічки представляє хвильовий процес і приводить до поширення цього збурення уздовж стрічки з певною швидкістю. Швидкість поширення пружної хвилі в стрічці є однією з основних характеристик динамічного процесу і багато в чому визначає амплітуди динамічних навантажень.

Динамічні процеси в стрічкових конвеєрах характеризуються появою динамічних натягнень, які алгебраїчно підсумовуються із статичними, значно збільшують результуючі натягнення в конвеєрній стрічці і зусилля в елементах конвеєра [1].

Існуючі релейно-контакторні схеми систем управління електроприводами конвеєрних ліній з погодженим рухом істотно застаріли, оскільки у них невисока продуктивність і швидкість роботи, точність позиціонування, крім того, за такими схемами повинен виконуватися постійний контроль її контактної - релейної групи на працездатність.

Для поліпшення енергоефективності системи електропривода конвеєра було опрацьовано та вирішено наступні завдання: проведено аналіз існуючих технічних рішень управління електроприводом конвеєрної лінії, розроблено структурну і функціональну схеми модернізації системи управління електроприводом конвеєра на базі АВК, виконано обґрунтований розрахунок основних вузлів і агрегатів системи управління конвеєрної лінії, по отриманих теоретичних результатах та розрахунках.

Зниження коефіцієнта потужності в системі АВК з напівпровідниковими перетворювачами і натуральною комутацією тиристорів інвертора відбувається з двох причин:

збільшення споживання (циркуляції) реактивної потужності;

виникнення вищих гармонічних складових у кривих струму двигуна і трансформатора (по-

тужність викривлення).

Для першого приближення і грубих розрахунків гармонік порядку коефіцієнта викривлення  $V$  можна вважати, що  $I_y = I/V$ .

Відомо, що суттєвий вплив оказують гармоніки перших порядків, струм вищих гармонік буде тим меншим, чим вищий порядок, а коефіцієнт викривлення  $V$  мало відрізняються від одиниці і ним можна зневажити.

Тому для зменшення споживання реактивної потужності може бути використано: несиметричне керування анодною і катодною групами вентилів включених по трьохфазній мостовій схемі - так званий здвосний інвертор ( $3I_H$ ) або компенсаційний перетворювач з законом несиметричного керування ( $ABK_H$ ), коли одна група вентилів моста працює при натуральній комутації струму і  $\alpha_1 = \alpha_{\min} = \text{const}$ , а друга при штучній комутації і  $\beta_2 = \beta_{\min} = (\pi - \alpha_{\min})$ .

Останній варіант керування забезпечує ємкісний характер реактивної складової струму інвертора і тому, коефіцієнт потужності його буде більшим.

Крім зниження споживання реактивної потужності, перехід до почергового керування дозволяє знизити і повну потужність перетворювача, безпосереднім результатом і слідством чого є зменшення діючих значень струмів живлячого трансформатора, незалежно від схеми з'єднання обмоток трансформатора.

Споживання реактивної потужності зростає по мірі розгону двигунів і набуває свого максимального значення при номінальній швидкості.

Споживання реактивної потужності каскаду при розгоні в сталих режимах залежить головним чином від кута відкриття тиристорів інвертора.

При зміні результуючої ЕРС - Ерез, яка направлена разом з ЕРС ротора -  $E_2$  зустрічно ЕРС  $E_d$ , що вводиться у ланцюг ротора від джерела постійного струму (в даному випадку від інвертора при  $E_d > 0$ ) змінюється і струм ротора  $I_2$ , тобто  $I_2 = E_{\text{рез}}$  [2].

Тобто змінення кута відкриття тиристорів інвертора ( $\cos \alpha$ ) призведе до змінення е.р.с. інвертора  $E_d$ , що у свою чергу викличе зміну  $E_{\text{рез}}$ . Іншими словами зменшення кута відкриття одного плеча інвертора викличе зменшення споживання реактивної потужності інвертора. І навпаки – активна потужність спожита каскадом залежить від швидкості двигуна в будь який момент часу  $\omega_1$  від моменту на валу  $M$  в даний час, і як похідною від них - від ККД  $\eta_k$  каскаду.

Збільшення втрат сталі у двигунах при зменшенні споживання реактивної потужності,  $\Delta P_{\text{ст}} = 1,5 I_1^2 r_1$  компенсується зменшенням постійних втрат у каскаді  $\Delta P$  і підвищенням ККД каскаду  $\eta_k$ , внаслідок зменшення струмів роторів двигунів  $I_{r2}$ . Крім цього ці втрати є незначними у зрівнянні зі зменшенням реактивної потужності споживаної каскадом при несиметричному керуванні вентилями інвертора, тому ними можна зневажити [3].

Такий спосіб керування забезпечить плавність пуску при збереженні постійної жорсткості механічних характеристик привода.

**Висновки:** У процесі розробки шляхом зрівняльного розрахункового і дослідницького аналізу було встановлено значні переваги пропонованої системи керування асинхронно-вентильного каскаду перед існуючою системою керування асинхронними двигунами з фазним ротором. Переваги ці стосуються головним чином забезпеченням плавного пуску конвеєра, що забезпечує збереження стрічки, а також кращих енергетичних показників у зрівнянні з іншими існуючими системами за рахунок корисного використання енергії ковзання, регулювання системи привода для вирівнювання навантаження між двигунами з електричної точки зору використання вентильного каскаду дозволяє отримати саморегулюєму схему, яка забезпечує повну компенсацію нерівності розподілення навантаження аналогічно схемам механічного диференціалу.

Змінюючи кут відкриття тиристорів інвертора можна плавно регулювати швидкість обертання ротора від нуля до номінальної, при цьому жорсткість характеристик остається незмінною. Слід зауважити, що застосування вентильного керування знижує номінальну кутову швидкість на 4%, що не є суттєвим для такого об'єкту як довгий конвеєр і не впливає на технологічний процес.

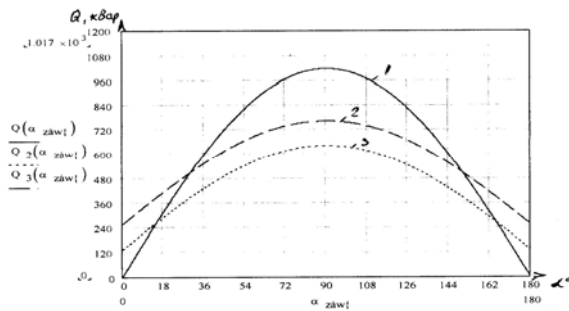
Разом з тим, застосування в такому приводі як стрічковий конвеєр, системи АВК з усіма її перевагами, призводить до зниження одного з основних енергетичних показників - коефіцієнту потужності, потребує застосування потужних конденсаторних батарей для підвищення  $\cos \phi$ ,

створює негативний вплив шляхом наведення вищих гармонік в мережі живлення.

Зниження коефіцієнта потужності в системі АВК відбувається з двох причин: з-за збільшення споживання (циркуляції) реактивної потужності та з причини виникнення вищих гармонічних складових у кривих струму двигуна і трансформатора (потужність викривлення).

Дана проблема досить успішно вирішується за допомогою використання фільтрів, компенсуючих батарей та несиметричного керування вентилями інвертора.

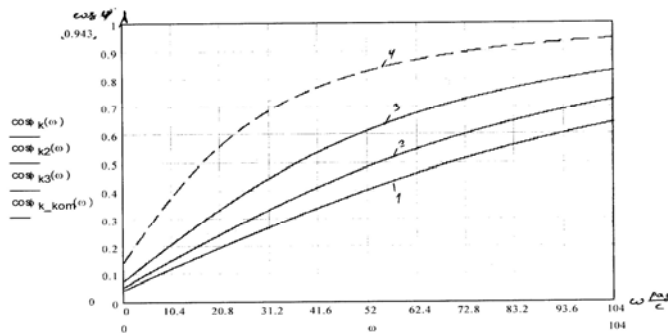
Як видно з графіків енергетичних показників рис.1,2, ККД вентиляного каскаду сягає 95% при номінальній кутовій швидкості.



**Рис. 1.** Залежність реактивної потужності від способу керування вентилями інвертора: 1- симетричне керування; 2- несиметричне керування ( $\beta_2 = 30^\circ$ ); 3- несиметричне керування ( $\beta_2 = 15^\circ$ )

Зменшення реактивної потужності приведе до підвищення коефіцієнта потужності привода у загальному випадку  $\cos \varphi_k$ , зменшенню потрібної реактивної потужності компенсуючої конденсаторної батареї  $Q_{\text{КОМП}}$  і як факт підвищення коефіцієнта потужності з

урахуванням меншого компенсуючого пристрою  $\cos \varphi_{\text{КОМП}}$ .



**Рис. 2.** Графіки залежності коефіцієнта потужності при симетричному несиметричному керуванні вентилями інвертора: 1. симетричне керування; 2. несиметричне керування ( $\beta_2 = 15^\circ$ ); 3. несиметричне керування ( $\beta_2 = 30^\circ$ ); 4. із застосуванням компенсуючої батареї

За рахунок потужностей привода, при зменшенні кутової швидкості, ККД падає не значно.

При зниженні швидкості на 80% від номінальної ККД зменшується лише на 15%.

Чого не можна сказати про коефіцієнт потужності  $\cos \varphi$  який при зниженні швидкості падає майже до нуля.

Введення компенсуючої батареї дозволяє підвищити коефіцієнт потужності на 10-15% при незмінному ККД. Споживання реактивної потужності, при несиметричному керуванні вентилями інвертора, зменшується при  $\beta_2 = 30^\circ$  у два рази, а при  $\beta_2 = 15^\circ$  більш ніж у 3,5 рази порівняно із симетричним, що співпадає з теоретичними даними джерел.

При цьому жорсткість характеристик залишається незмінною, кутова швидкість при номінальному моменті така ж сама що і при симетричному керуванні.

Оскільки режим роботи привода довготривалий, без істотного змінення швидкості, то доцільніше виконувати пуск привода при симетричному керуванні з наступним переходом, при досягненні номінальної швидкості, на несиметричне.

Крім зниження споживання реактивної потужності, несиметричне керування вентилями інвертора, дозволяє зменшити необхідну потужність компенсуючої батареї (більш ніж у 3 рази) і силового трансформатора. Тобто наявність спільного трансформатора дозволяє підвищити техніко-економічні показники системи у зрівнянні з індивідуальними повними схемами.

За рахунок скорочення об'єму монтажних-будівельних робіт, покращення масогабаритних і експлуатаційних характеристик обладнання. Обмежений діапазон регулювання швидкості дозволяє звести до мінімуму витрати на обладнання, так як об'єм та вартість обладнання каскаду знаходяться у прямій залежності від потрібного діапазону регулювання, тому використання каскадів доцільно для привода механізмів, діапазон регулювання яких не перевищує 2:1.

Важливою перевагою каскадів перед іншими схемами є можливість резервування і надійної роботи. Відключення каскаду дозволяє роботу в режимі нерегульованого привода на час, необхідний для профілактики і ремонту перетворювальних пристроїв. Використання схем ре-

гульованого привода дозволяє також поставити і вирішити задачу оптимального керування конвеєрами.

Наявність пружних механічних зв'язків створює сприятливі умови для виникнення коливань, що збільшує динамічні навантаження робочого обладнання, призводить до коливальних процесів у електричній частині (моменту і струму двигунів) не дивлячись на попередню оптимізацію системи. Пружна механічна ланка у системі збільшує статичну похибку, а наявність в'язкого тертя - збільшує швидкісну похибку. ©©©Список літератури

1. **Ключев В.И., Терехов В.М.** Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов / Учебник для вузов/ **Ключев В.И., Терехов В.М.** // - М.: Энергия, 1980. - 360 с.;
2. **Онищенко Г.Б., Юньков М.Г.** Электрический привод турбомеханизмов/ **Онищенко Г.Б., Юньков М.Г.** - М.: Энергия, 1972. - 270 с.
3. **Католиков В.Е., Димкель А.Д., Седунин А.М.** Автоматизированный электропривод подъемных установок глубоких шахт/ **Католиков В.Е., Димкель А.Д., Седунин А.М.** - М.: Недра, 1983. - 270 с.
4. **Азарян А.А., Кривенко Ю.Ю., Кучер В.Г.** Автоматизация первой стадии измельчения, классификации и магнитной сепарации – реальный путь повышения эффективности обогащения железных руд

Рукопис подано до редакції 11.02.14

УДК 623.272

РОМАНЕНКО А.В., д-р техн. наук, ГП «ГПИ «Кривбасспроект»,  
ПЛОТНИКОВ В.Ф., ГП «ГПИ «Кривбасспроект»,  
НАЗАРЕНКО М.В., д-р техн. наук, НИИБТГ Криворожский национальный университет

### **ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ГП «ГПИ «КРИВБАССПРОЕКТ»**

В статье изложены основные проблемы и особенности использования автоматизированных систем проектирования в проектных организациях. Рассматриваются основные этапы при создании и эксплуатации комплексной САПР в ГП «ГПИ «Кривбасспроект» на базе геоинформационной системы K-MINE.

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** Необходимым условием конкурентоспособности предприятий в современных условиях является внедрение информационных технологий на всех этапах конструирования, производства и эксплуатации высокотехнологичной продукции. Данное положение справедливо и для проектных организаций, выполняющих проектирование промышленных и гражданских объектов.

Современный рынок проектных работ уже давно не рассматривается без применения информационных технологий и компьютерных программ. Заказчики услуг всё чаще обращают внимание не только на стоимость проекта, но и на техническую оснащенность организации, ее способность в сжатые сроки выпустить качественный проект. Эти обстоятельства вынуждают проектные организации повышать уровень технического оснащения и использовать новейшие достижения программного обеспечения для автоматизации процессов проектирования.

**Целью данной статьи** является обоснование использования геоинформационных и горно-геологических систем для выполнения проектов в ГП «ГПИ «Кривбасспроект», а также представление основных решений по созданию комплексной системы автоматизированного проектирования.

**Изложение материала и результаты.** Многие проектные организации уже используют средства автоматизированного проектирования, но зачастую неполное обоснование регламентов и стандартов работы с электронными данными не приносят ощутимого роста эффективности труда. Использование значительного количества работоспособных САПР, не связанных в единую технологическую цепочку проектирования, не обеспечивает желаемого результата. Нерегламентированные и нестандартизированные интерфейсы передачи информации между рабочими местами сводят на нет все преимущества автоматизации. Плодятся копии электронных файлов, сохраненных в разнообразных форматах, происходит несогласованное изменение данных, к тому же еще и автоматизированное. Кроме этого значительное время тратится на приведение и согласование данных, получаемых от различных систем проектирования, к единому формату.