

предприятиях, что позволит значительно повысить эффективность работы транспорта и увеличить пробег автомобилей.

Используя результаты спектрального анализа, сопоставляя динамику изменения содержания компонентов износа с фактическими размерами сопряжённых деталей и зазоров фрикционных пар можно оценивать скорость процессов изнашивания и получать точные модели деградации механических передач, узлов и агрегатов карьерных самосвалов. Модели позволяют прогнозировать предотказные состояния и производить упреждающие воздействия в виде работ, предусмотренных структурой и циклом системы технического обслуживания, диагностирования и ремонта карьерных самосвалов БелАЗ с гидромеханической и электромеханической трансмиссией, внося коррективы в межремонтные сроки и выполняя обслуживание по фактическому состоянию техники.

Использование метода спектрального анализа нефтепродуктов для диагностики технического состояния двигателей внутреннего сгорания крупнотоннажных самосвалов позволило в условиях Ингулецкого горно-обогатительного комбината значительно продлить срок службы за счет своевременного и целенаправленного технического обслуживания.

Список литературы

1. Александровская Л.Н., Афанасьев А.П., Лисов А.А. Современные методы обеспечения безотказности сложных технических систем. - М.: Логос, 2001.
2. Дорошев Ю.С. Повышение технологической надежности карьерных экскаваторов. - Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2009.
3. Мариев П.Л., Кулешов А.А., Егоров А.Н., Зырянов И.В. Карьерный автотранспорт: состояние и перспективы. – СПб.: Наука, 2004.
4. Барсуков В.И. Атомный спектральный анализ. М.: «Издательство Машиностроение-1», 2005.

Рукопись поступила в редакцию 08.02.12

УДК 621.314.632

А.П. СІНОЛИЦІЙ, д-р техн. наук, проф., В.А. КОЛЬСУН канд. техн. наук,
Р.І. СІРМАНОВ, аспірант, ДВНЗ «Криворізький національний університет»

ЕНЕРГЕТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ УСТАНОВОК З УДАРНО-ЦИКЛІЧНИМИ НАВАНТАЖЕННЯМИ

Статтю присвячено аналізу енергетичних характеристик установок з ударно-циклічними навантаженнями та пошуку шляхів зменшення швидкості накиду реактивної потужності. Для цього на підставі реально існуючих осцилограм були проведені розрахунки і наведено характеристики.

Проблема та її зв'язок з науковим та практичними завданнями. У зв'язку з енергетичною кризою актуальним є аналіз і дослідження енергетичних характеристик автоматизованих електроприводів постійного струму, результатами чого є отримання критеріїв їх оцінки, а значить і можливість покращання. Застосування регульованого електроприводу постійного струму для енергоємних установок з нестабільними навантаженнями супроводжується зміною балансу неактивних складових. Для перехідних процесів несталих режимів ускладнюється компенсація і порушуються режими роботи компенсуючих пристроїв через присутність як канонічних так і не канонічних гармонік [1,2]

Аналіз досліджень і публікацій. Відомі дослідження [3] містить обґрунтування схемотехнічних рішень щодо компенсації неактивних складових потужності і зниження втрат електроенергії. У [4] розглянуто роботу тиристорних перетворювачів в динамічних режимах електропривода ножиць стану МС-250/150-6 і блюмінгу ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Проведено гармонічний аналіз, розраховано складові потужності і несиметрію навантаження трансформаторів перетворювачів. У цих роботах всю увагу приділено компенсації середнього значення реактивної потужності, а для механізмів з ударно-циклічним навантаженням дуже важливо розглянути момент накиду реактивної потужності для правильного вибору компенсуючих пристроїв за їх швидкодією. З [5] відомо, що фронт накиду реактивної потужності ($\Delta Q/\Delta t$) для блюмінгів і слябінгів ≤ 200 Мвар/с.

Викладення матеріалу та результати. Найбільш типовими виробничими установками (комплексами) з ударно-циклічними навантаженнями прокатного виробництва є прокатні кліті та летючі ножиці підвищеної швидкої неперервних прокатних станів, коли накид навантажень

до номінальних і більше значень здійснюється за десяти долі секунди. Як приклад, на рис. 1 наведено осцилограму струму кліті № 8 НЗС-900/700/500 ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» з номінальними параметрами двигуна постійного струму П-20-60-7К: $P_n=1800\text{кВт}$, $n_n=170/360\text{ об/хв.}$, $I_n=2800\text{ А}$, $U_n=690\text{ В}$.

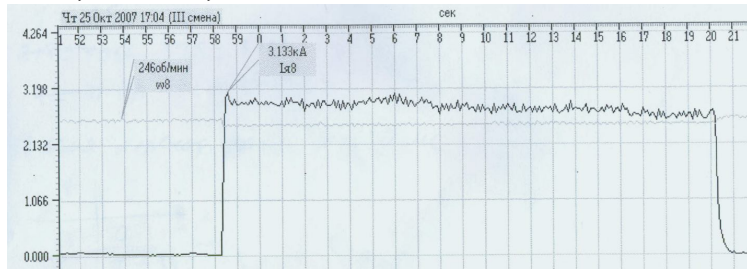


Рис. 1. Реальна осцилограма кліті номер 8 НЗС-500/700/900

Осцилограма свідчить про те, що реальний накид струму відрізняється від миттєвого і здійснюється поступово на інтервалі $\Delta t = 0,2\text{ с}$, рис. 2.

Це пов'язано в першу чергу із наявністю електромагнітної складової сталої часу системи ТП-Д, а також технологічних особливостей розподілу тиску металу на валки клітей.



Рис. 2. Момент накиду навантаження (приведені в табл. 1) отримаємо часові залежності енергетичних характеристик для різних умов живлення і керування перетворювачами прокатних клітей.

Але й в таких умовах зміни навантажень вагомими показниками роботи і надійності як електромеханічного обладнання, так і зовнішніх фільтро-компенсуючих пристроїв (ФКП) є зміни в часі (похідні) складових повної (особливо реактивної) потужності і гармонік струму. Розбивши ділянку накиду τ_n струму I_d на i -ті дискретні інтервали Δt_i і визначивши для кожного із них складові потужності і гармоніки струму згідно з [4] (розрахункові співвідношення

Таблиця 1

Основні розрахункові співвідношення	
Активна потужність	$P = I_{di} \cdot U_{do} \cdot \cos \alpha$
Реактивна потужність	$Q = I_{di} U_{do} \sin \alpha$
Коефіцієнти Фур'є	$A_{(k)} = (I_{di} \sqrt{6} / k \pi k_{mp}) \cos k \alpha$; $B_{(k)} = (I_{di} \sqrt{6} / k \pi k_{mp}) \sin k \alpha$
Амплітуда гармонік струму	$I_{(k)} = \sqrt{A_{(k)}^2 + B_{(k)}^2}$
Сумарний струм гармонік	$I_{\Sigma} = \sqrt{\sum_{k=1,5,7,11,17,19}^{25} I_{(k)}^2}$
Повна потужність першої гармоніки	$S_1 = \sqrt{P^2 + Q^2}$
Повна потужність	$S_p = m I_{\Sigma} U_{1c} / \sqrt{3}$
Потужність спотворення	$P_u = \sqrt{S^2 - (P^2 + Q^2)}$

Проводимо розрахунок для трифазної мостової схеми з симетричним керуванням для кутів $30, 48, 70^\circ$ і отримаємо графіки:

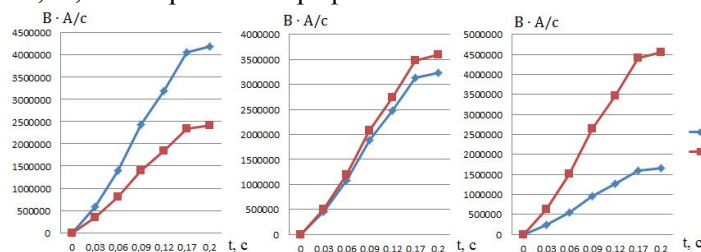


Рис. 3. Активна і реактивна потужності для трифазної мостової схеми: а - для $\alpha=30^\circ$; б - для $\alpha=48^\circ$; в - для $\alpha=70^\circ$

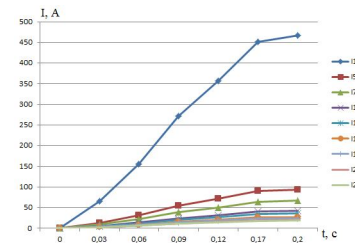


Рис. 4. Гармоніки струму для трифазної мостової схеми

Таблиця 2

Швидкості накиду реактивної потужності і сумарного струму гармонік					
30°		48°		70°	
dQ/dt Мвар/с	dI_{Σ}/dt А	dQ/dt Мвар/с	dI_{Σ}/dt А	dQ/dt Мвар/с	dI_{Σ}/dt А
13,597622	2733,5	20,210005	2733,5	25,555171	2733,5

Проводимо розрахунок для трифазної мостової схеми з несиметричним керуванням, один кут фіксуємо на значенні $\alpha_1=15^\circ$, для другого кута беремо такі ж кути як і для симетричного керування, тобто $\alpha_2=30^\circ; 48^\circ$ і 70° :

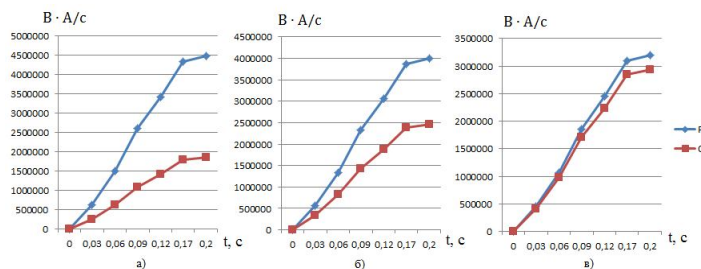


Рис. 5. Активна і реактивна потужності для трифазної мостової схеми з несиметричним керуванням: а - для $\alpha_1=15^\circ$; $\alpha_2=30^\circ$; б - для $\alpha_1=15^\circ$; $\alpha_2=48^\circ$; в - для $\alpha_1=15^\circ$; $\alpha_2=70^\circ$

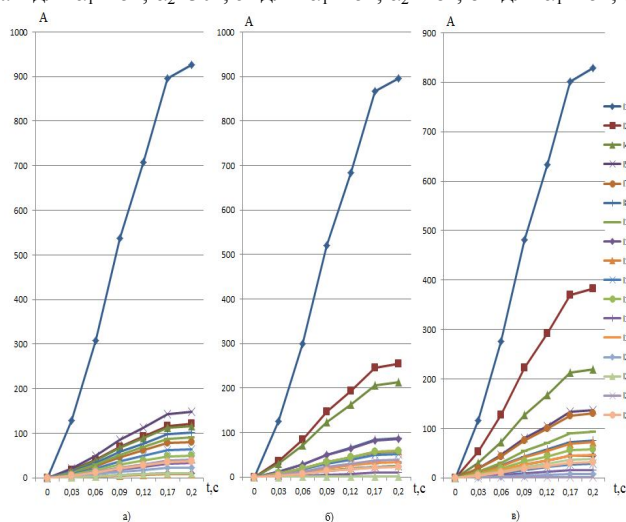


Рис. 6. Гармоніки струму для трифазної мостової схеми з несиметричним керуванням: а - для $\alpha_1=15^\circ$; $\alpha_2=30^\circ$; б - для $\alpha_1=15^\circ$; $\alpha_2=48^\circ$; в - для $\alpha_1=15^\circ$; $\alpha_2=70^\circ$

Таблиця 3

Швидкості накиду реактивної потужності і сумарного струму гармонік					
15° і 30°		15° і 48°		15° і 70°	
dQ/dt Мвар/с	dI_{sum}/dt А	dQ/dt Мвар/с	dI_{sum}/dt А	dQ/dt Мвар/с	dI_{sum}/dt А
10,449	5463,0965	13,797	5467,8079	16,503	5471,5545

Висновок. Отримані результати свідчать про зменшення швидкості наростання реактивної потужності за допомогою встановлення трифазної мостової схеми і використання симетричного і несиметричного керування. Використання фільтро-компенсуючих пристроїв обмежується фронтом зміни реактивної потужності, тому результати досліджень будуть сприяти спрощенню застосуванням способів компенсації швидкості накиду реактивної потужності.

Список літератури

1. Жежеленко І.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий. – М.: Энергия, 1974. – 184 с.
2. Супрунович Г. Улучшение коэффициента мощности преобразовательных установок: Пер. с польск. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 136 с.
3. Сінолиций А.П., Кольсун В.А., Кальмус Д.О. Підвищення енергетичної ефективності прокатного стану НЗС-900/700/500 // Вісник Криворізького технічного університету. – 2009. – Вип. 29. – С. 55-56
4. Сінолиций А.П., Кольсун В.А., Жуйков М.В. Енергетичні характеристики тиристорних електроприводів постійного струму у динамічному режимі їх роботи // Електротехніка та електроенергетика, 2007. – Вип. 2. – С. 33-38.
5. Иванов В.С. Режимы потребления и качество электроэнергии систем электроснабжения промышленных предприятий / В.С. Иванов, В.И. Соколов – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 336 с.

Рукопис подано до редакції 11.04.12