

При оцінці доцільності і необхідності використання регульованого електропривода необхідний розгляд амплітудо-частотних характеристик, аналіз режимів роботи а характеристики ефективності при зміні динамічних та технологічних параметрів вібротранспортної машини, що і є напрямком подальших досліджень.

Список літератури

1. Батраков Д.В. Применение вибрационных питателей для выпуска руды в условиях железорудных шахт криворожского бассейна//Вісник Криворізького національного університету. – Кривий Ріг. – Вип. 34, 2013. – С. 104-108.
2. Батраков Д.В., Горбачов Ю.Г. Характеристики одномасної вібраційної транспортуючої машини з інерційним приводом//Гірничий Вісник Криворізького національного університету. – Кривий Ріг. – Вип. 97, 2014. – С. 69-75.
3. Учитель А.Д., Гушин В.В. Вибрационный выпуск горной массы/ А.Д. Учитель, В.В. Гушин. – М.: Недра, 1981. – 232 с.
4. Спиваковский А. О. Транспорт в горном деле.-М.:Наука,1985 .-127 с.
5. Спиваковский А. О., Гончаревич И. Ф. Вибрационные и волновые транспортирующие машины/ А. О. Спиваковский, И. Ф. Гончаревич.- М.:Наука,1983 .-287 с.
6. Спиваковский А. О., Гончаревич И. Ф. Вибрационные конвейеры, питатели и вспомогательные устройства/ А. О. Спиваковский, И. Ф. Гончаревич.- М.:Машиностроение,1972 .-327 с.
7. Гончаревич И. Ф. Вибротехника в горном производстве.-М.:Недра,1992.-319 с.
8. Гончаревич И. Ф., Вихнович О. Л. Вибрационные установки для выпуска руды (конструкции, методы расчета, рекомендации по эксплуатации и наладке).-М.:Недра,1967 .-97 с.
9. Гончаревич И. Ф., Фролов К. В. Теория вибрационной техники и технологии/ И. Ф. Гончаревич, К. В. Фролов - М.:Наука,1981 .-319 с.
10. Гончаревич И.Ф.,Сергеев П.А. Вибрационные машины в строительстве/И.Ф. Гончаревич, П.А. Сергеев -М.:Машгиз,1963 .-310 с.
11. Блехман И. И. Что может вибрация?.-М.:Наука,1988 .-207 с.
12. Блехман И. И., Джанелидзе Г. Ю. Вибрационное перемещение/ И. И. Блехман, Г. Ю. Джанелидзе.-М.:Наука,1964.-410 с.
13. Потураев В. Н., Белобров В. И., Михайленко Е. И. Анализ динамики механических систем на аналоговых ЭВМ/В. Н. Потураев, В. И. Белобров, Е. И. Михайленко.-К.:Вища школа,1989 .-150 с.
14. Потураев В. Н., Франчук В. П., Червоненко А. Г. Вибрационные транспортирующие машины: основы теории и расчета/В. Н. Потураев, В. П. Франчук, А. Г. Червоненко.-М.:Машиностроение,1964 .-272 с. Рукопис подано до редакції 26.04.16

УДК 621.316.7

В.С. КОЗЛОВ, асистент, А.Ю. ЄВМЕНОВ, студент
Криворізький національний університет

ОЦІНКА ПОТЕНЦІАЛУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПРОКАТНОГО СТАНУ

Подана робота присвячена питанням електричного енергозбереження. В роботі доведено, що найбільш затратним з енергетичної точки зору сектором національної промисловості є металургійне виробництво. Однією із ключових ланок металургії є прокатний стан. Таким чином, в роботі визначено основний об'єкт, який потребує «енергетичної оптимізації».

На прикладі неперервного заготівельного стану 900/700/500 ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» виконано оцінку потенціалу енергоефективності. В результаті оцінки показано, що максимальний економічний ефект можна отримати при компенсації реактивної потужності в системі живлення. При цьому, компенсація активних втрат мережі, спричинених перетоками реактивної потужності та вищими гармоніками струму навантаження, дозволяє отримати значно менший економічний ефект.

Враховуючи проведену оцінку, запропоновано найбільш оптимальний за критерієм вартості шлях модернізації. Основні технічні та організаційні заходи запропонованого напрямку наступні: введення керованих перетворювачів в режим роботи з кутом керування, близьким до 0; регулювання швидкості обертання двигунів шляхом нереверсивного широтно-імпульсного перетворювача (ШІП); паралельне поєднання виходів керованих перетворювачів для створення спільної ланки постійного струму; реверс двигунів за допомогою збудника.

За попередніми підрахунками прогнозований термін окупності технічних рішень становить 2.5 місяців. Подальшими кроками обраного напрямку модернізації можуть бути розробка єдиної системи керування та технологічного контролю, вбудована до системи ШІП; модернізація законів керування ШІП для мінімізації впливу перетворювачів на мережу; уточнений розрахунок складових повної потужності мережі тощо.

Ключові слова: тиристорний перетворювач, енергозбереження, реактивна потужність, гармоніки струму, блюмінг

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Металургійне виробництво є однією із ключових ланок національного господарства. Відомо, що за витратами електроенергії об'єкти металургії займають перші місця в загальному розподілі споживання електричної енергії серед інших галузей промисловості. Вищенаведене твердження витікає із статистики (дані НЕК «Укренерго» [1] рис. 1).

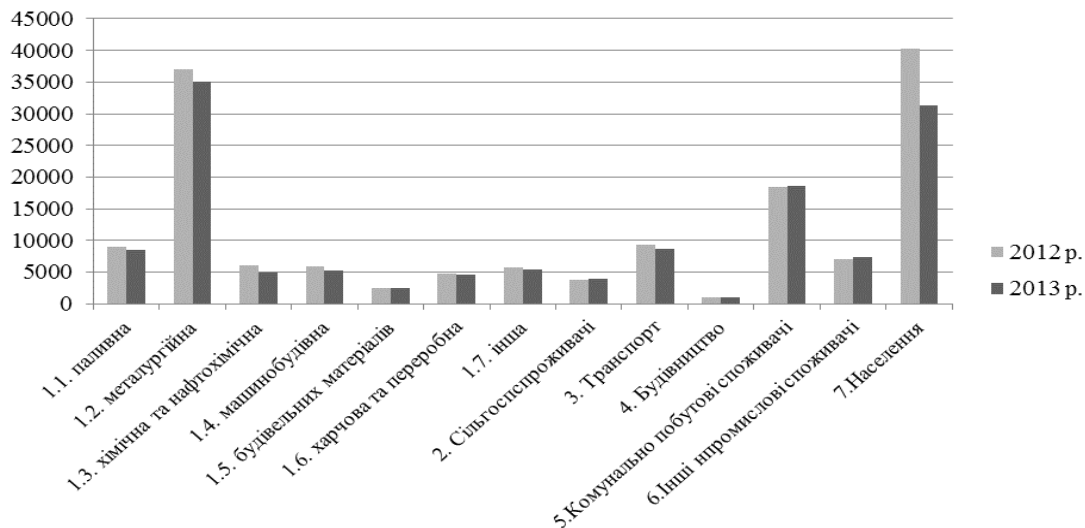


Рис. 1. Графік розподілу спожитої електроенергії галузями промисловості та непромисловими споживачами

Беручи до уваги наведену на рис. 1 статистику, логічним є застосування заходів енергозаощадження в першу чергу саме до структурних частин металургійної промисловості. Зазначимо, що однією із таких структурних частин із високим рівнем споживання активної та особливо реактивної енергії є прокатне виробництво.

Таким чином, задача енергозаощадження в умовах прокатного виробництва є край актуальною. Першими кроками вирішення такої задачі є оцінка існуючого енергетичного стану конкретного об'єкту, визначення потенціалу підвищення енергоефективності та формування основних напрямків реалізації заходів енергозбереження.

Аналіз досліджень та публікацій. Робота станів для обжимання сталених злитків (блюмінгу) зазвичай супроводжується значним споживанням реактивної потужності [3] та викривленням кривої струму [4]. Специфічні особливості технологічного процесу обумовлюють «ударний» характер споживання реактивної потужності та повної потужності взагалі. Важливо зазначити, що рівень реактивної потужності в залежності від системи приводу блюмінгу може перевищувати рівень активної потужності. Однак, при цьому рівень спотворення напруги можуть бути незначними [2]. Отже, вважаємо справедливим твердження дослідників щодо надання уваги, по-перше, питанню компенсації реактивної потужності.

Покращення енергоспоживання блюмінгу досягають шляхом:

застосування тиристорних компенсаторів реактивної потужності (ТКРМ);

застосування активних фільтрів (STATCOM);

регулювання реактивної потужності за допомогою синхронних машин (СМ);

перебудови (реконфігурації) за можливістю системи живлення електроприводів.

Зазначимо, що вищенаведені рішення щодо покращення енергоспоживання блюмінгу мають наступні недоліки:

робота ТКРМ супроводжується споживанням додаткових активних втрат в компенсаторі при зменшенні рівня навантаження;

застосування активних фільтрів (АФ) для задачі компенсації реактивної потужності є сумнівним з економічної точки зору кроком через необхідність впровадження АФ встановленою потужністю, близькою до потужності навантаження. Додамо, що робота АФ супроводжується додатковим спотворенням кривої напруги;

регулювання збудженням СМ та оптимізація системи живлення є найбільш доцільним кроком через відсутність необхідності впровадження нових електротехнічних комплексів, однак такий крок вимагає особливого підходу до кожного окремого об'єкту.

Інше важливе питання стосовно оптимізації енергоспоживання блюмінгу – розробка системи розгалуженого технологічного контролю [3].

Викладення матеріалу та результати. У роботі розглядається система живлення електроприводу прокату стану НЗС900/700/500 «Блюмінг 2» підприємства ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг».

Система електроприводу складається з 14 електроприводів постійного струму із керованими перетворювачами, які отримують живлення від 3х секцій підстанції 6 кВ. Графік споживання активної, реактивної та повної потужностей за цикл прокату наведено на рис. 3

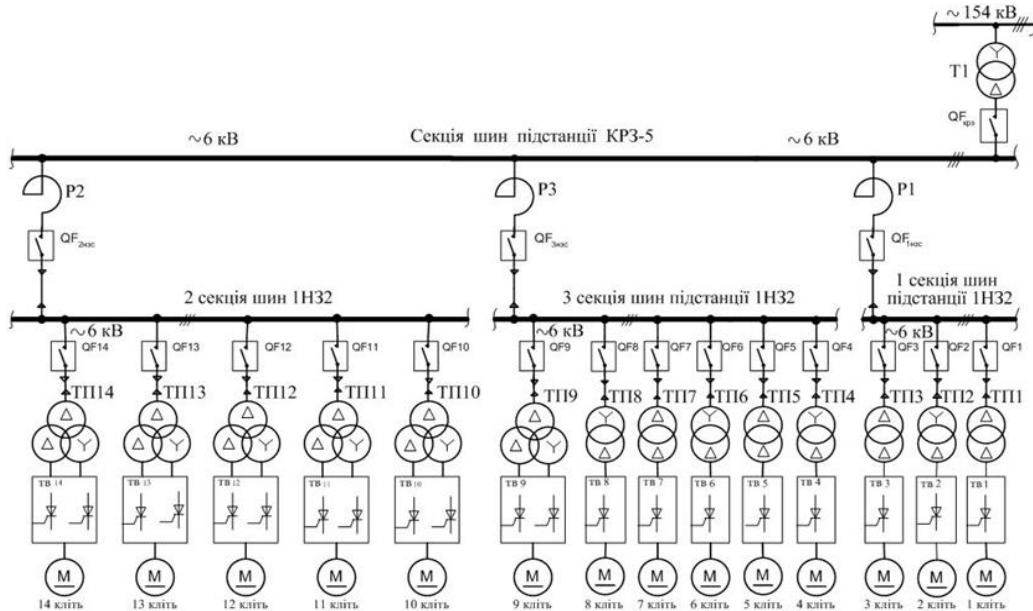


Рис.2. Існуюча схема живлення блюмінгу

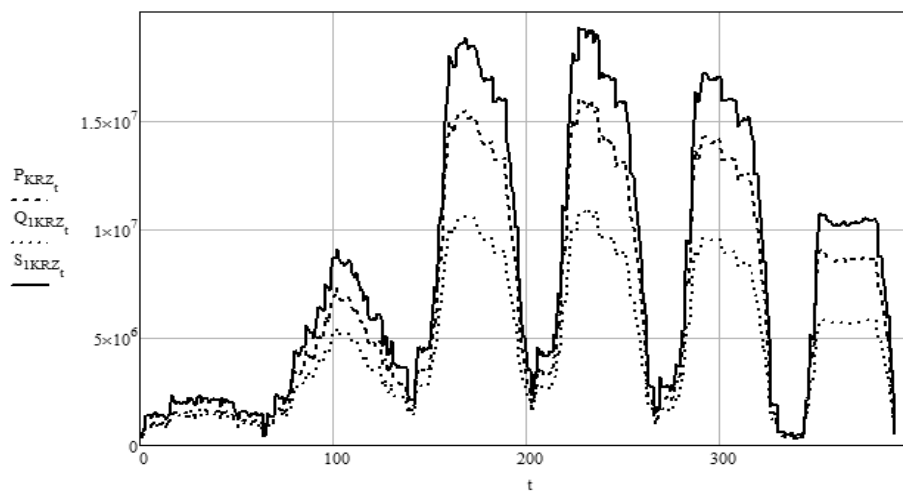


Рис.3. Графік зміни активної, реактивної та повної потужностей

Поставлена задача оцінки потенціалу енергоефективності вирішується шляхом: визначення приблизного економічного ефекту від повної компенсації реактивної потужності;

визначення приблизного економічного ефекту від компенсації втрат активної потужності, спричинених перетоками реактивної потужності та вищими гармоніками струмів навантаження (повне придушення вищих гармонік струму);

визначення основних напрямів модернізації системи живлення можливе після порівняння економічного ефекту від застосування вищенаведених заходів.

В результаті оцінки в першому наближенні встановлено наступне:

компенсація реактивної потужності (487.213 кВар) за цикл дозволяє досягти економії виплат за електроенергію 43.849 грн.

компенсація активних втрат потужності від передачі реактивної потужності та вищих гармонік струму навантаження (1.301 кВт) за цикл дозволяє досягти економії виплат за електроенергію 2.374 грн.

Графік, що ілюструє економічний ефект в залежності від часу, наведено на рис.4

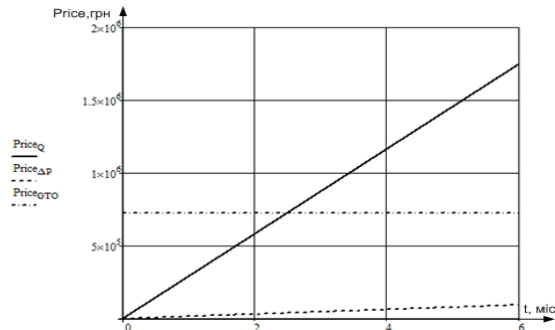


Рис.4. Графік залежності економічного ефекту від часу

Оскільки результати проведеної оцінки підтверджують ідею надання першочергової уваги питанню компенсації реактивної потужності, запропоновано реалізувати наступні технічні заходи:

пропонується ввести керовані перетворювачі в режим роботи з кутом керування α_n , близьким до 0. Зазначений шлях мінімізує реактивну потужність (1)

$$Q_{\Sigma} = \sum_{n=1}^N U_{d0n} I_{dn} \sin \alpha_n, \quad (1)$$

де U_{d0n} - максимальна випрямлена напруга n -го перетворювача; I_{dn} - струм n -го перетворювача; N - кількість перетворювачів.

поєднати виходи керованих перетворювачів для створення спільної ланки постійного струму.

Додамо, що за попередніми підрахунками для створення спільної ланки постійного струму достатньо 5ти перетворювачів.

Твердження витікає із умов експлуатації, за якими приводи навантажуються неодноразомно (рис. 5).

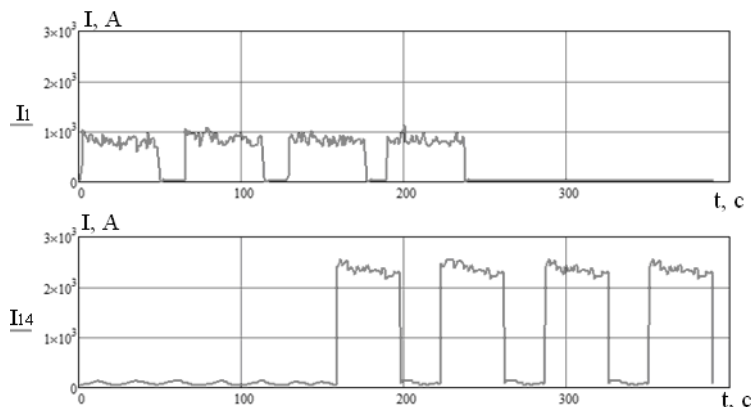


Рис. 5. Діаграми струмів клітей № 1 та № 14

Отже існує можливість вивести із роботи частину перетворювачів із відповідними трансформаторам. В результаті, буде зменшено втрати в мережі при холостому ході електроприводів.

регулювання швидкості обертання двигунів здійснювати за допомогою широтно-імпульсних нереверсивних перетворювачів (2)

реверс приводу здійснювати шляхом збудників (2)

$$\omega_n = \frac{U_{d0n} \cdot \gamma_n - I_{dn} \cdot R_{en}}{k\Phi_n \cdot \text{sign}(k\Phi_n)} \quad (2)$$

де ω_n - швидкість обертання n -го двигуна; γ_n - шпаруватість n -го ШПП; R_{en} - еквівалентний опір якірного кола структури «перетворювач-двигун».

Вартість зазначених технічних рішень формується переважно вартістю силових ключів. При використанні IGBT транзисторів сумарна вартість технічного рішення становитиме ≈ 728 тис. грн. (Price_{GTO} на рис. 4).

Таким чином, прогнозований термін окупності дорівнює 2.5 місяців.

Висновки та напрямки подальших досліджень. В роботі доведена актуальність застосування методів енергозаощадження до об'єктів металургійної промисловості. Проаналізовано потенціал енергоефективності прокатного виробництва на прикладі стану НЗС 900/700/500 ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг».

В ході грубої оцінки показано, що повна компенсація реактивної потужності в системі живлення дозволить отримати економічний ефект 3.497 млн. грн. в рік.

Також показано, що зазначений економічний ефект перевищує економічний ефект від компенсації активних втрат в мережі більше ніж у 2 рази.

Виходячи із попередніх висновків запропоновано найбільш доцільний напрямок модернізації системи живлення з терміном окупності 2.5 місяців.

Список літератури

1. Річний звіт НЕК «Укренерго». – Режим доступу до журн.: <http://www.ukrenergo.energy.gov.ua/>
2. Karandaev A.S. Improving electric power quality within the power supply system of wide-strip hot-rolling mill stand / A.S. Karandaev, G.P. Kornilov, V.R. Khramshin // International Conference on Industrial Engineering, Procedia Engineering. - 2015. - №129. – P.2–8.
3. Ardura P. Power Quality Analysis and Improvements in a Hot Rolling Mill using a STATCOM / Ardura P., Gonzalez A., Jose M. Cano [and other] // International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICRE PQ'14). – April 2014. - No.12. - ISSN 2172-038.
4. Жежеленко И.В. Показатели качества электроэнергии и их контроль на промышленных предприятиях / И.В. Жежеленко. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 168 с.

Рукопис подано до редакції 05.03.16

УДК 621.316.925:622.82

В.В. ОНИЩЕНКО, магістрант, Криворізький національний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОЛИВАНЬ НАПРУГИ ЖИВЛЕННЯ НА РОБОТУ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПРИВОДА РУДНИКОВОГО ЕЛЕКТРОВОЗА

При роботі рудникових електровозів можливі відхилення напруги живлення від номінального значення, в зв'язку з чим, при виконанні певних умов, можуть відбуватися зриви комутацій в тиристорному перетворювачі, що знижують ефективність електричного гальмування. В даний час є ряд рішень, спрямованих на забезпечення безаварійного функціонування електроприводу в умовах знижень і зникнень напруги живлення. Це установка на електровозах спеціальних генераторів напруги, гальмування тягових двигунів при порушенні нормального режиму живлення, застосування контактно-акумуляторних електровозів. І все ж, відмічені шляхи вирішення цього завдання не є достатньо ефективними, тому що для досягнення поставленої мети вимагають застосування додаткового електрообладнання, що в деяких випадках ведуть до зниження продуктивності електровозної відкатки. На важких рудникових електровозах (величиною зчійної ваги менше 28 тонн), а також середнього і легкого типу відсутній вільний простір для розміщення додаткового електрообладнання. Це викликає необхідність пошуку інших шляхів підвищення ефективності функціонування систем управління рудникових електровозів, розробки нових прогресивних засобів управління, розроблених на використанні енергії накопичувальних конденсаторів вхідних фільтрів, енергії обертових електричних машин (наприклад, в даному випадку енергії обертових ТД). Такий напрямок вирішення питання є достатньо економічним, так як не потребує використання додаткового силового обладнання, збільшення пов'язаних з цим експлуатаційних затрат.

Ключові слова: рудниковий електровоз, напруга живлення, комутація, контактно-акумуляторний електровоз, конденсатор вхідного фільтру, генератор