

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ФІЛЬТРОКОМПЕНСУВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ НА ПРИКЛАДІ ГОЛОВНОЇ ПІДЙОМНОЇ УСТАНОВКИ ВУГІЛЬНОЇ ШАХТИ

Рухлов Артем Володимирович,
кандидат технічних наук, доцент кафедри
автоматизації, електро- та робототехнічних систем,
ТОВ "Технічний університет "Метінвест Політехніка"

Рухлова Наталія Юріївна,
кандидат технічних наук,
доцент кафедри електроенергетики,
Національний технічний університет "Дніпровська Політехніка"

Загалом існує два основних способи регулювання продуктивності технологічних установок: технологічне (механічне) регулювання і використання системи регульованого електропривода на базі напівпровідникових перетворювачів (НП). Причому ефективність заходів першого способу невелика (часто це всього лише "уявна" економія електроенергії) і вони характеризуються обмеженими діапазоном регулювання та сферою застосування. Тоді як другий спосіб дозволяє регулювати продуктивність майже будь-якої технологічної установки у дуже великому діапазоні (від нуля до номінальної, а іноді й більше) з "дійсною" енергетичною ефективністю у вигляді зниження величини витрати електроенергії.

Сьогодні провідні електротехнічні фірми випускають регульовані електроприводи комплектно з комп'ютерними засобами автоматизації у вигляді гнучкопрограмованих систем на базі: потужних польових транзисторів (MOSFET), біполярних транзисторів з ізольованим затвором (IGBT), замикальних тиристорів з інтегрованим керуванням (IGCT) та без нього (GTO). Основна перевага тиристорних перетворювачів – здатність працювати з великими струмами і напругами, витримуючи тривале навантаження та імпульсні дії. Вони також мають більш високий (до 98 %) ККД порівняно з перетворювачами на транзисторах, основними перевагами яких є проста система керування, висока надійність і повна керованість [1]. Однак системам регульованого електропривода на базі НП властиві певні суттєві недоліки, мова про які піде нижче.

Основним обладнанням вугільних шахт, на якому впроваджуються сучасні технології з перетворення електроенергії, є потужні стаціонарні установки: підйомні, насосні, вентиляторні та компресорні. Враховуючи специфіку технологічних процесів, використання систем регульованого електропривода стаціонарних установок шахт дозволить отримати такі переваги [2]:

- підвищити безпеку та надійність роботи стаціонарних установок, що забезпечить нормальну ритмічну роботу всього підприємства;
- зменшити величину витрати електроенергії до 10 – 20 % залежно від типу технологічної установки та режиму її роботи;
- більш точно і плавно регулювати частоту обертання електродвигуна, що допоможе відмовитися від використання редукторів, варіаторів та іншої регулювальної апаратури та значно спростити керувану механічну схему і підвищити її надійність;
- плавно регулювати пуск двигуна (без підвищених пускових струмів і механічних ударів) та розгін, що знизить динамічне навантаження на двигун та технологічне обладнання і збільшить термін їх експлуатації;
- упровадити системи дистанційного керування стаціонарними установками і системи постійного моніторингу механізмів і електроприводів з мікропроцесорним керуванням;
- підвищити продуктивність підйомних установок на 10 – 15 % за рахунок "ущільнення" і строгого дотримання заданої тахограми підйому, витримки пауз між циклами при завантаженні–розвантаженні скіпів;
- візуально контролювати технологічні та механічні параметри установки (наприклад, як змінюється живильна напруга і струм, положення скіпу в стовбурі, кількість циклів підйому за добу тощо).

До основних недоліків застосування систем регульованого електропривода на базі НП слід віднести:

- генерацію значних електромагнітних перешкод, у результаті чого має місце спотворення синусоїдальної форми кривих напруги і струму живильної електричної мережі;
- низький коефіцієнт потужності, особливо при глибокому регулюванні швидкості обертання двигуна, що виявляється в значному обсязі та різкозмінних режимах споживання реактивної потужності;
- зниження коефіцієнта корисної дії та терміну служби двигунів, додаткові втрати потужності та енергії, пов'язані з погіршенням якості електроенергії при роботі НП;
- значні капітальні витрати.

Використання систем регульованого електропривода на базі НП для технологічного устаткування, що потребує "глибокого" регулювання за відносно короткі проміжки часу (наприклад, підйомних установок), характеризується різкозмінним режимом споживання реактивної потужності з мережі. Для роботи такого обладнання характерні значні за величиною стрибки споживання реактивної енергії та низький коефіцієнт потужності. Наприклад, для підйомних установок його середньозважене за цикл роботи значення складає лише 0,3 – 0,6.

Для підтвердження на рис. 1, *a* наведені експериментально отримані криві споживання активної P , реактивної Q та повної S потужностей за цикл роботи головної підйомної установки із системою тиристорного регульованого електропривода типу на базі двигуна постійного струму (ДПС) потужністю 3250 кВт. Криві отримані при роботі приводу підйомної установки без застосування

фільтрокомпенсувального пристрою (ФКП) для компенсації реактивної складової та фільтрації вищих гармонік у електричній мережі. Форма кривих зміни потужностей (рис. 1, *a*) свідчить, що значне споживання її реактивної складової спостерігається в періоди несталого руху скіпа, тобто в процесі його розгону, гальмування й руху у розвантажувальному пристрої. У цей час величина споживаної реактивної потужності в 1,5 – 2 рази і більше перевищує активну. В процесі сталого руху скіпа стрибків споживання реактивного навантаження не відбувається.

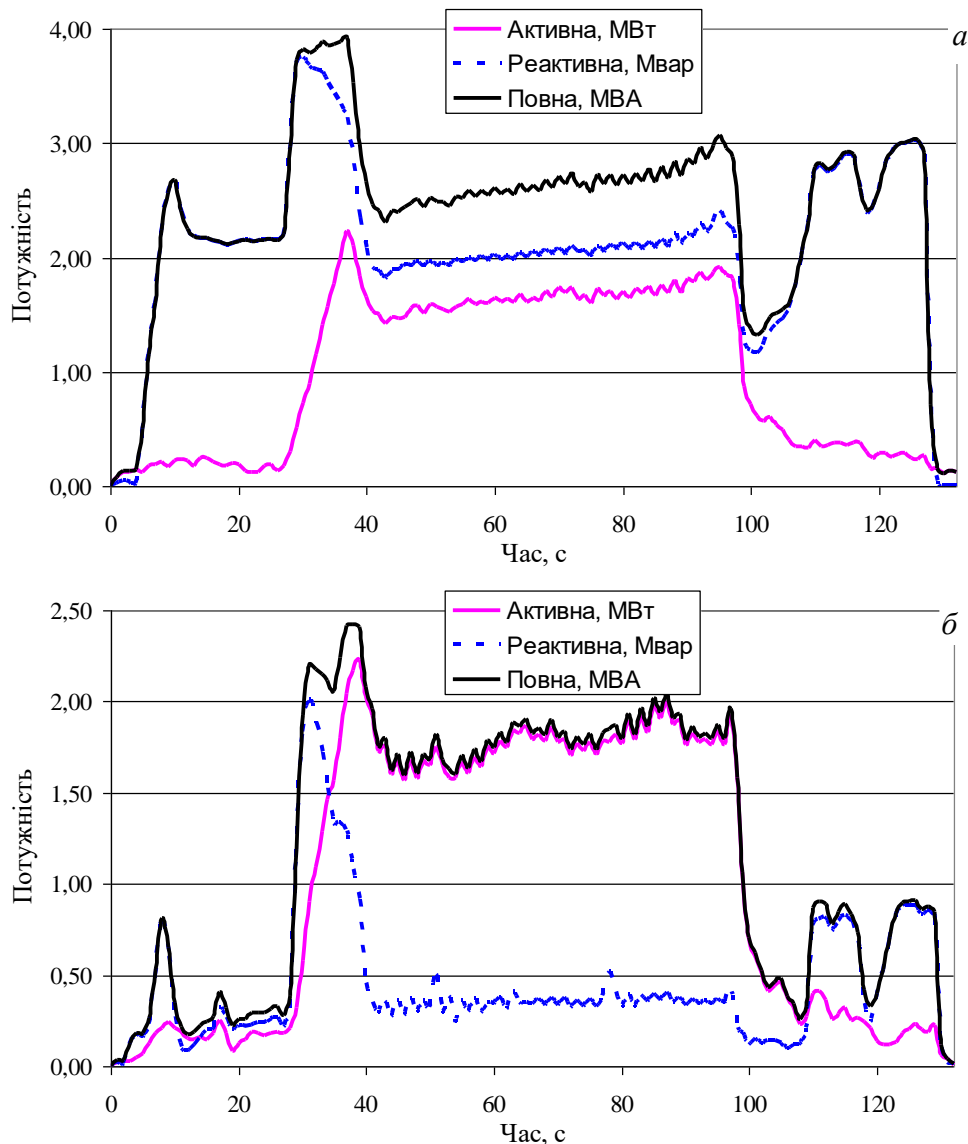


Рисунок 1. Цикл роботи головної підйомної установки без (*a*) та при застосуванні ФКП (*б*)

Важливо розуміти, що за умови несинусоїдальності напруги й струму в електричній мережі (що спостерігається при роботі систем регульованого електропривода на базі НП) компенсація реактивної потужності за допомогою найбільш розповсюджених батарей статичних конденсаторів значно

ускладнюється або взагалі виявляється неможливою. Це пов'язано з декількома основними факторами. По-перше, батареї конденсаторів можуть довгий час працювати при перевантаженні струмами вищих гармонік, які не перевищують 30 %, та підвищеній до 10 % напрузі. Однак опір конденсаторів значно зменшується зі зростанням частоти, тому у цих умовах термін їхньої роботи скорочується (особливо це стосується батарей, що приєднуються до мережі безпосередньо, тобто без захисних реакторів). По-друге, значення ємності конденсаторів та індуктивності електричної мережі можуть спровокувати в системі електропостачання режим, близький до резонансу струмів на частоті певної гармоніки. Такий режим спричиняє перевантаження батарей конденсаторів та вихід їх із ладу. По-третє, різкозмінний режим споживання реактивної потужності (короткотривалі стрибки і провали, див. рис. 1, *a*) при застосуванні систем електропривода на базі НП робить неефективним використання нерегульованих або ступенево регульованих конденсаторних установок. Для таких умов необхідне впровадження ФКП, величина генерованої реактивної потужності яких регулюється в реальному часі.

Одне з найбільш ефективних рішень з підвищення якості електроенергії в мережах з нелінійним навантаженням – використання регульованого ФКП, узагальнена схема якого наведена на рис. 2. Пристрій складається з фільтра n -ї гармоніки (або гармонік), індуктивність L_ϕ та ємність C_ϕ якого налаштовуються на відповідну частоту. Ємність забезпечує також постійну у часі компенсацію реактивної потужності. Пристрій декомпенсації, що складається з дроселів L_δ та тиристорних груп $ТГ$, "забирає" в себе надлишки реактивної потужності при перекомпенсації, обсяг якої визначається за допомогою вимірювальних трансформаторів напруги $ТН$ та струму $ТС$. Система керування ФКП, окрім загальновідомих функцій регулює кут відкривання тиристорів, який тим більше, чим більше обсяг перекомпенсації реактивної потужності.

Регульований ФКП забезпечує зменшення несинусоїдальності кривих напруги та струму за рахунок фільтрації відповідних гармонік, а також підтримує на постійно високому рівні (близькому до одиниці) значення коефіцієнта потужності на шинах підстанції, до якої він приєднується. Як приклад ефективності застосування регульованих ФКП, на рис. 1, *б* розглянуто експериментально отримані криві споживання активної P , реактивної Q та повної S потужностей за цикл роботи тієї самої головної підйомної установки, що й для рис. 1, *a*, однак при одночасній роботі регульованого ФКП. Ми бачимо, що у цьому разі величина споживаної реактивної та повної потужності значно знижуються для будь-якого періоду циклу підйому, а корисна активна потужність майже не змінюється.

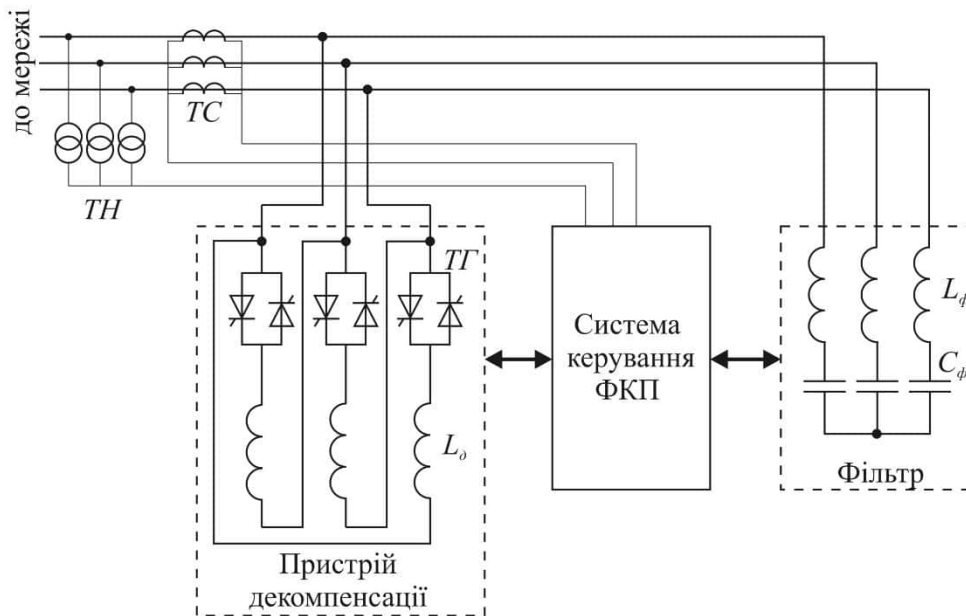


Рисунок 2. Узагальнена схема регульованого ФКП

Отже, величина потенціалу зниження величини витрати електроенергії при використанні систем регульованого електропривода залежить від необхідного (або наявного) діапазону регулювання продуктивності технологічної установки. При "глибокому" регулюванні значно зростає споживання реактивної потужності та спотворюється синусоїдальна форма кривих напруги та струму в електричній мережі. У цьому контексті проблема підвищення якості електроенергії в електричних мережах з нелінійним навантаженням, що дуже гостро постає останнім часом унаслідок широкого впровадження НП, потребує комплексного вирішення. При цьому одним з найбільш ефективних способів такого вирішення є застосування регульованого ФКП.

Список літератури

1. Півняк Г.Г. Сучасні частотно-регульовані асинхронні електроприводи з широтно-імпульсною модуляцією: монографія / Г.Г. Півняк, О.В. Волков. – Д.: НГУ, 2006. 470 с.
2. Автоматизований електропривід машин і установок шахт і рудників: навч. посіб. / К.М. Маренич [та ін.] – Донецьк: ДонНТУ, 2012. 245 с.