

УДК 621.312

**А. В. Гадай**  
**ДИНАМІЧНА КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ РЕГУЛЬОВАНИХ**  
**ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ БУРОВИХ УСТАНОВОК**

*Отримано залежність за якою доцільно керувати потужністю пристроїв компенсації реактивної потужності регульованих у неусталених режимах роботи електроприводів бурових установок.*

*Ключові слова* динамічна компенсація реактивної потужності, електропривод бурових установок, різко змінне навантаження, спектральний опір, спектральна провідність.

*Рис. 7. Літ. 3.*

**А. В. Гадай**  
**ДИНАМИЧЕСКАЯ КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ**  
**РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА БУРОВЫХ УСТАНОВОК**

*Получена зависимость, по которой целесообразно управлять мощностью устройств компенсации реактивной мощности регулируемых в неустановившихся режимах работы электроприводов буровых установок.*

*Ключевые слова:* динамическая компенсация реактивной мощности, электропривод буровых установок, резко переменная нагрузки, спектральное сопротивление, спектральная проводимость.

**A. Gadai**  
**THE DYNAMICAL REACTIVE POWER COMPENSATION OF ADJUSTABLE**  
**ELECTRIC DRILLING RIGS**

*The dependence on which it is advisable to control the power factor correction units regulated in transient modes of operation of electric rigs.*

*Keywords:* dynamic reactive power compensation, electric rigs, cutting variable load, spectral impedance, spectral conductivity.

**Постановка проблеми.** Динамічні процеси, що виникають у неусталених режимах роботи устаткування бурових установок, таких як електробура, призводять до суттєвого відхилення значень енергетичних характеристик від оптимальних. Це у свою чергу потребує ґрунтовних методів їх дослідження та обробки результатів для підвищення ефективності буріння свердловин. Для цього необхідно визначити вплив різко змінного моменту двигуна на енергетичні характеристики та компенсацію реактивної потужності.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** При дослідженні неусталених режимів роботи асинхронних та синхронних двигунів достатньо точні результати дають чисельні методи. Ці методи ґрунтуються на повних рівняннях Парка-Горева. Для оцінки режимів роботи окремих або групи одночасно працюючих двигунів у вузлі навантаження електричної мережі необхідно визначити показники якості перехідних процесів, до яких можна віднести час, вид коливань і статичну стійкість. Для нелінійних систем використовуються інтегральні квадратичні показники якості перехідного процесу.

Неусталені режими асинхронних та синхронних двигунів досліджено в фундаментальних роботах І. А. Сиромятникова [1]. Однак питання динамічної компенсації реактивної потужності в таких режимах не вивчалися.

Аналіз існуючих пристроїв динамічної компенсації показав, що найбільш ефективними та довершеними є пристрої, що побудовані на основі статичних тиристорних компенсаторів (СТК). Однак їх інформаційне забезпечення в неусталених режимах двигунів вимагає вдосконалення.

**Мега статті.** Пропонується використовувати поточну величину реактивної провідності для керування пристроїв СТК в мережах з електроприводами бурових установок, які працюють із різкозмінним навантаженням

**Основні матеріали дослідження.** Інтенсивний розвиток нафтогазових промислів характеризується все більшим віддаленням від енергетичних і транспортних центрів. З іншої сторони, бурові установки мають певні особливості електроспоживання. Застосування електротехнологічного обладнання, що перетворює електричну енергію за допомогою дискретного керування комутації вентильних елементів призводить до фазового зсуву вищих гармонік струму й напруги. У результаті у розподільну мережу СЕП генерується реактивна потужність і потужність спотворення, що знижує енергетичні показники привода виробничих механізмів.

На рис.1 наведено динаміку зміни обертового моменту електробура Е164-8МР, отримана за допомогою системи контролю енергетичних параметрів електробура СКЕП-2 [2].

В [3] для аналізу енергетичних процесів під час перехідних процесів асинхронних електроприводів введено поняття поточних значень активної та реактивної складових спектрального опору

$$R_c(t) = \frac{P(t)}{I^2(t)}; \quad X_c(t) = \frac{Q(t)}{I^2(t)} \quad (1)$$

і провідності

$$g_c(t) = \frac{P(t)}{U^2(t)}; \quad b_c(t) = \frac{Q(t)}{U^2(t)}. \quad (2)$$

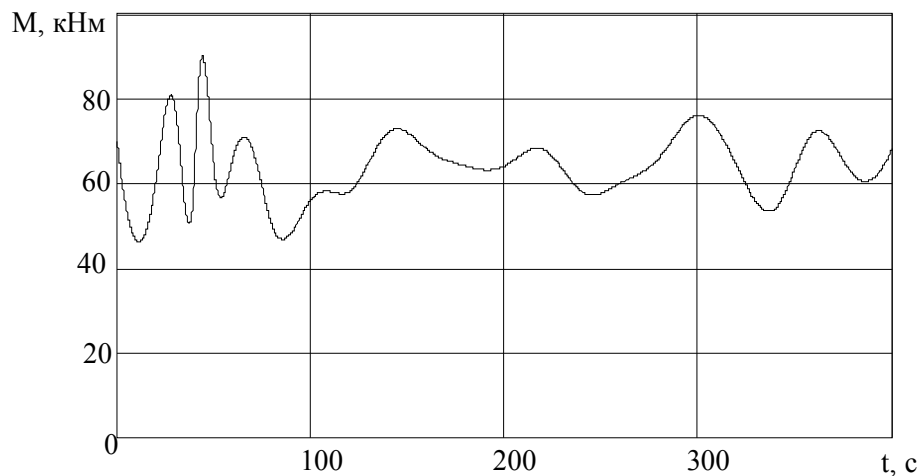


Рис. 1. Динаміка зміни обертового моменту електробура Е164-8МР під час буріння свердловини на глибині 2550 м

Для аналізу енергетичних процесів під час різко змінного режиму роботи асинхронного електроприводу введено поняття поточних значень активної та реактивної потужностей

$$P(t) = \int_{t-T/2}^t u i_c dt; \quad Q(t) = \int_{t-T/2}^t u i_x dt. \quad (4)$$

На рис. 2 наведено графіки зміни поточних значень активної та реактивної потужностей під час роботи електробура.

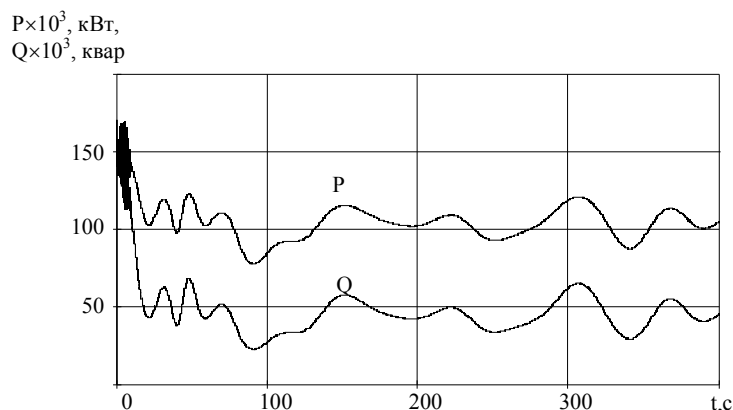


Рис. 2. Динаміка зміни поточних значень активної та реактивної потужностей

Визначимо значення таких енергетичних показників, як коефіцієнт потужності й реактивна провідність:

$$l = \sqrt{R_c g_c}, \quad b_c(t) = \frac{Q(t)}{U^2(t)}. \quad (5)$$

Згідно отриманих значень побудовані графіки зміни коефіцієнта потужності (рис. 3) та реактивної провідності (рис. 4)

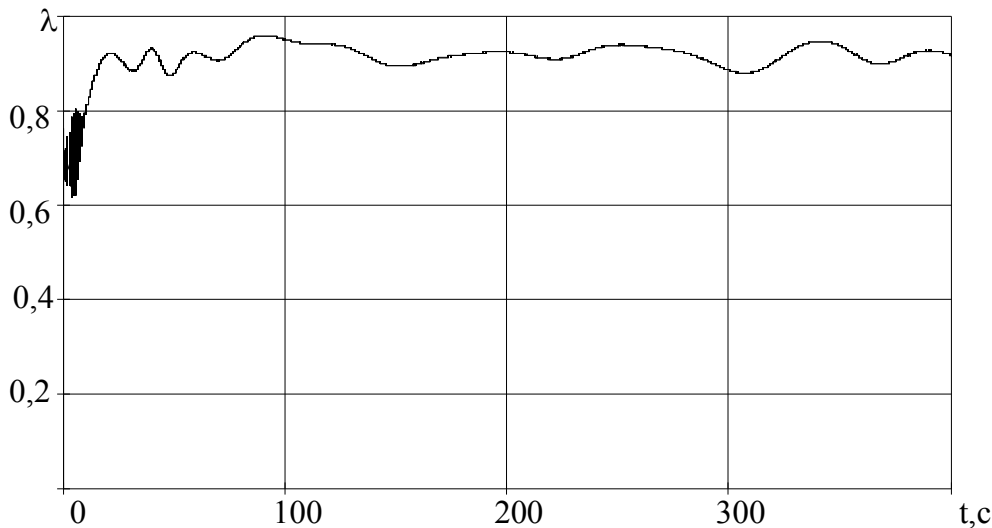


Рис. 3. Графік зміни значення коефіцієнта потужності при заданому динамічному моменті

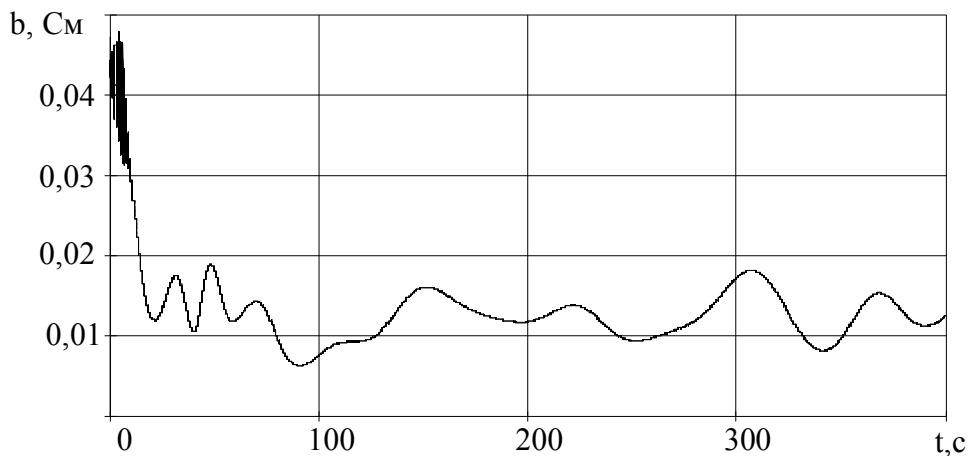


Рис. 4. Графік зміни значення реактивної провідності при заданому динамічному моменті

Вирішенням проблеми підвищення якості електроенергії в системі постачання бурової установки, що містить електроприводи з напівпровідниковими перетворювачами, є застосування СТК. Структурна схема системи динамічної компенсації реактивної потужності електроприводів за допомогою СТК наведена на рис. 5, де позначено трифазне джерело живлення (ДЖ), електропривід бурової установки (ЕПБУ) та СТК. Керування блоком тиристорно-регульованих реакторів (БТРР) здійснюється за допомогою системи імпульсно-фазового керування (СІФК), інформація про навантаження ЕПБУ на входи якого поступає з виходів вимірювального каналу (ВК), який, в свою чергу, приєднаний до лінії живлення ЕПБУ через вимірювальні трансформатори струму (ТС) та напруги (ТН). Вимірювальний канал складається з масштабних перетворювач струмів фаз (ПС) та напруг (ПН) в ортогональну систему напруг, чотирьох фазочутливих інтегровальних перетворювачів (ФП1–ФП4), мікроконтролера (МК).

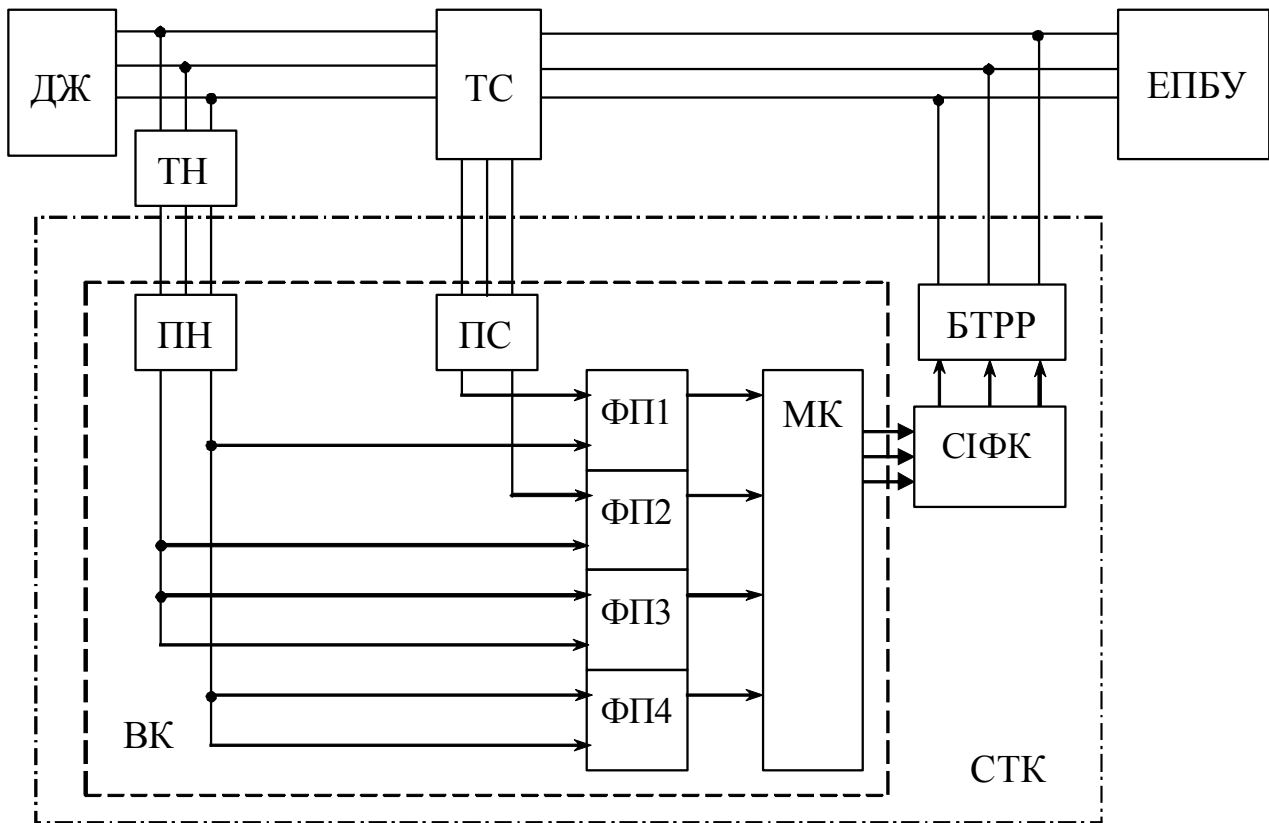


Рис. 5. Структурна схема системи динамічної компенсації реактивної потужності

З метою виключення вимірювального перетворення фазового обертання для отримання квадратурних складових струму, якому притаманні значні похибки, визначення поточних значень активної та реактивної потужності, а також квадрату струму та напруги здійснюється за формулами:

$$\begin{aligned}
 P(t) &= \frac{1,5}{T/2} \int_{t-T/2}^t (u_a i_a + u_b i_b) dt; \\
 Q(t) &= \frac{1,5}{T/2} \int_{t-T/2}^t (u_b i_a - u_a i_b) dt; \\
 I^2(t) &= \frac{1,5}{T/2} \int_{t-T/2}^t (i_a^2 + i_b^2) dt; \\
 U^2(t) &= \frac{1,5}{T/2} \int_{t-T/2}^t (u_a^2 + u_b^2) dt,
 \end{aligned} \tag{6}$$

де  $i_a$ ,  $i_b$ ,  $u_a$ ,  $u_b$  – ортогональні складові напруг та струмів трифазної системи.

Мікроконтролер МК визначає поточні значення реактивної провідності  $b_c(t)$  і формує сигнали керування для системи імпульсно-фазового керування (СІФК), який забезпечує безпосереднє керування блоком тиристорно-регульованих реакторів (БТРР) СТК. Запропонований вимірювальний канал характеризується практичною незалежністю результатів від несиметрії струмів та вмісту вищих гармонік, що є однією з їх переваг.

У результаті компенсації реактивної потужності засобами СТК із заданими параметрами промислового обладнання графік споживання набув наступного вигляду (рис. 6).

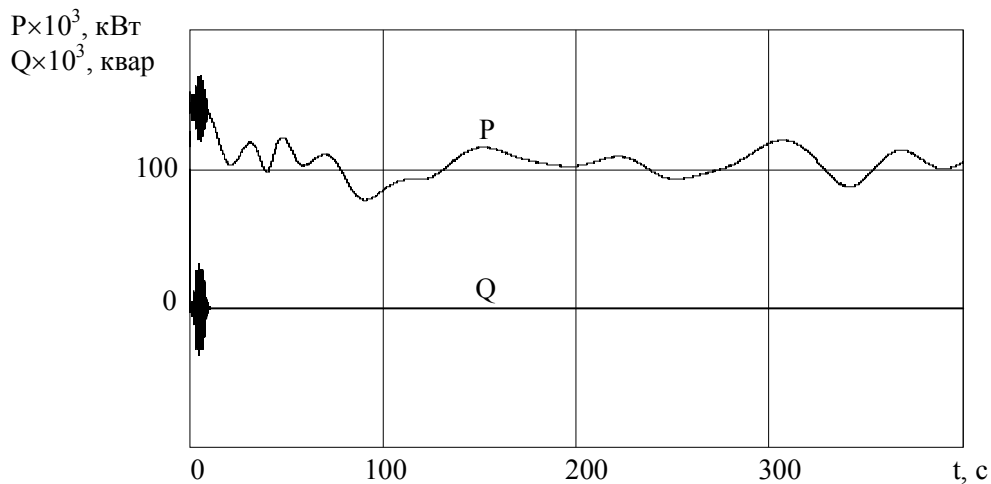


Рис 6. Динаміка зміни поточних значень активної та реактивної потужностей після динамічної компенсації реактивної потужності

При цьому значення споживаного приводом струму дещо зменшилось (крива 2), у порівнянні з величиною до компенсації (крива 1) (рис. 7).

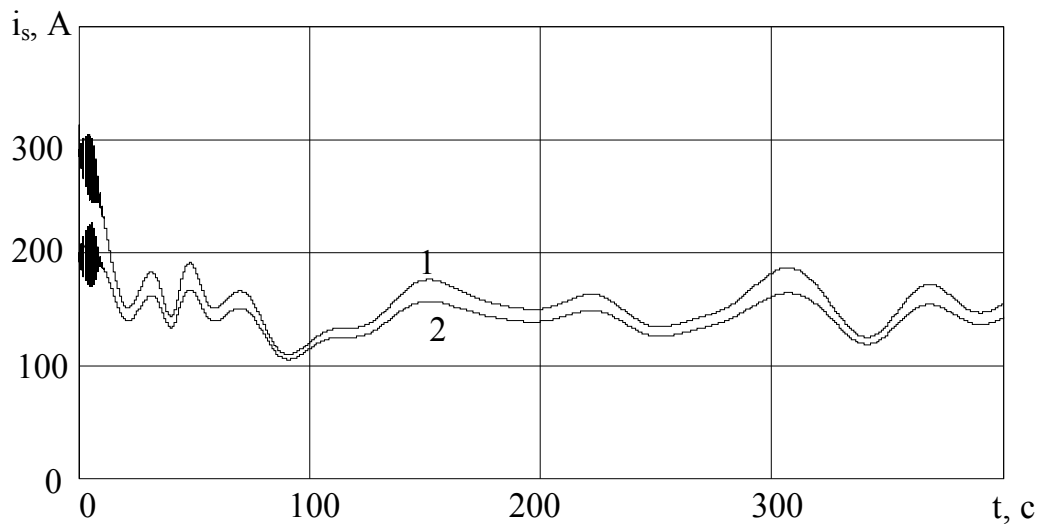


Рис. 7. Залежність модуля узагальненого вектора струму статора до (1) та після компенсації (2)

**Висновки.** З наведеного матеріалу слідує, що застосування пристроїв СТК з керуванням за реактивною провідністю  $b_C(t)$  забезпечує повну компенсацію реактивної потужності регульованих електроприводів бурових установок із різкозмінним навантаженням.

1. Сыромятников И. А. Режимы работы асинхронных и синхронных двигателей. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 240 с.
2. Гладь І. В. Підвищення надійності електробурового обладнання / І. В. Гладь, М. Й. Федорів // Гірнична електромеханіка та автоматика. – 2006. - №1(76).
3. Бурбело М. Й. Динамічна компенсація реактивної потужності в пускових режимах електроприводів. Монографія. / М. Й. Бурбело, А. В. Гадай – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2010. – 104 с.

Стаття надійшла до редакції 02.12.2014.