

ЕНЕРГООЩАДНІ ТЕХНОЛОГІЇ КЕРУВАННЯ РЕЖИМАМИ РОБОТИ СТАТИЧНИХ ТИРИСТОРНИХ КОМПЕНСАТОРІВ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ З ПРИМУСОВОЮ КОМУТАЦІЄЮ

*М. В. Петухов, к.т.н., доц., С. П. Літковець, асп.
Луцький національний технічний університет
просп. Соборності, 17, 43024, м. Луцьк, Україна
E-mail: SergiyLitkov@mail.ru*

Розглядаються енергоощадні технології керування режимами роботи статичних тиристорних компенсаторів реактивної потужності з примусовою комутацією, які забезпечують мінімум питомої споживаної активної потужності.

Ключові слова: енергоощадність, статичні компенсатори, примусова комутація.

Вступ. У системах електропостачання промислових підприємств можуть застосовуватись статичні тиристорні компенсатори (СТК) реактивної потужності з примусовою комутацією, які за певних умов є досить ефективними джерелами реактивної потужності. Вони відносяться до імпульсних перетворювачів змінної напруги, за допомогою яких джерело змінної напруги періодично підключається до навантаження (фазних реакторів) і на виході перетворювача формуються імпульси напруги. До переваг цих СТК слід віднести можливість симетричного й несиметричного керування комутуючими тиристорами шляхом зміни їх кутів ввімкнення та вимкнення залежно або незалежно один від одного. Це дає змогу побудувати багаторежимні та багатоканальні пристрої компенсації реактивної потужності.

Аналіз попередніх досліджень. Під час розв'язку задачі компенсації реактивної потужності у мережах промислових підприємств визначаються енергоощадні технології керування режимами роботи її джерел. Одним із чинників, який впливає на ці технології, є споживана засобами компенсації активна потужність. Величина питомої споживаної активної потужності була з успіхом використана в роботі [1] для оптимізації режимів роботи СТК з природною комутацією. У разі живлення СТК з примусовою комутацією синусоїдною напругою (базовий варіант) питома споживана активна потужність не залежить від кута керування тиристорами при будь-яких режимах роботи [2] й через те не вдається керувати величиною цієї потужності з метою її зменшення. Отже, задача по визначенню енергоощадних технологій керування режимами роботи СТК з примусовою комутацією залишається актуальною.

Мета роботи. Визначення енергоощадних технологій керування режимами роботи СТК реактивної потужності з примусовою комутацією у разі їх живлення напругами прямокутної форми за критерієм мінімуму величини питомої споживаної активної потужності.

Матеріал і результати дослідження. Об'єктом дослідження виберемо трансформаторні схеми СТК з примусовою комутацією, схеми та принцип дії яких наведені у роботі [3]. Вони мають однаковий склад елементів, подібний алгоритм перемикання комутуючих тиристорів та однакові форми вихідної напруги на фазних реакторах й забезпечують синхронне регулювання напруги у всіх фазах навантаження. Наявність живлячих трансформаторів дозво-

ляє при тій самій конфігурації отримати майже прямокутну форму напруги живлення, застосовуючи трансформатори з насиченою магнітною системою. Застосування примусової комутації дозволяє покращити енергетичні та експлуатаційні показники статичних тиристорних компенсаторів реактивної потужності. Крім того, СТК з примусовою комутацією забезпечують незмінність у часі комутуючої здатності та незалежність параметрів вузла комутації від параметрів навантаження.

Для досягнення поставленої мети здійснимо визначення та аналіз інтегральних показників енергетичного процесу СТК реактивної потужності з примусовою комутацією у разі його живлення напругою прямокутної форми.

До інтегральних показників енергетичного процесу будемо відносити реактивну та споживану активну потужності, а також величину питомої споживаної активної потужності. Інтегральні методи визначення реактивної та активної потужності дозволяють знайти їх значення без розкладання кривих струму й напруг у ряд Фур'є, що в деяких випадках суттєво спрощує розв'язувану задачу.

У роботі [4] доведено, що реактивну потужність можна розглядати як інтегральну міру швидкості зміни напруги живлення у часі та визначати через інтеграл Рімана:

$$Q = -\frac{1}{2\pi} \oint i du = -\frac{1}{2\pi} \int_0^T i \frac{du}{dt} dt. \quad (1)$$

Знак мінус перед інтегралом (1) узятий для того, щоб споживанню реактивної потужності відповідало додатне значення Q , а генеруванню – від'ємне. Інтегрування у межах від 0 до T свідчить про те, що реактивна потужність є інтегральною, усередненою за період основної гармоніки, характеристикою енергетичного процесу. При визначенні реактивної потужності за формулою (1) використовується ортогоналізація напруги як однієї із визначаючих функцій u .

Величина активної потужності характеризує споживання електромагнітної енергії навантаженням, тобто перетворення її в інші види енергії, і однозначно обумовлену за значеннями миттєвого струму i та напруги u виразом:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T u i dt. \quad (2)$$

Отже, активна потужність також є інтегральною, усередненою за період основної гармоніки, характеристикою енергетичного процесу.

Важливим інтегральним показником енергетичного процесу СТК реактивної потужності є величина питомої споживаної активної потужності:

$$P_Q = \frac{P}{Q}, \quad (3)$$

яка показує частку активної потужності, що витрачається на генерування певної величини реактивної потужності. В якості цієї величини реактивної потужності зручно брати 1 MVar . Чим менша величина питомої споживаної активної потужності, тим більш ефективний з економічної точки зору режим роботи СТК реактивної потужності. Вираз (3) є чутливим та надійним показником енергетичного процесу в СТК реактивної потужності й може бути використаний для визначення енергоощадних технологій керування режимами їх роботи.

Розглянемо режим роботи СТК з примусовою комутацією, коли при зміні кута керування тиристорів α імпульси напруги прямокутної форми шириною γ переміщуються вправо від точок природної комутації на відповідних ділянках часової діаграми (рис. 1).

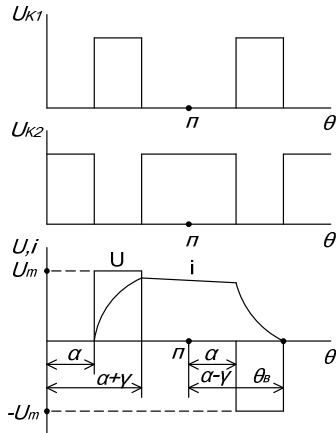


Рисунок 1 – Часова діаграма напруг та струмів на навантаженні в СТК з примусовою комутацією

У цьому випадку можлива симетрична та несиметрична комутація тиристорів. У разі симетричної комутації перший тиристор відмикається у моменти α та $\pi + \alpha$, а зачинається у моменти $\alpha + \gamma$ та θ_e через дію другого тиристора, тобто імпульси напруги живлення симетричні відносно точок природної комутації. У разі несиметричної комутації перший тиристор відмикається у моменти α та $\pi + \alpha - \gamma$ й зачинається у моменти $\alpha + \gamma$ та θ_e , тобто імпульси напруги живлення несиметричні відносно точок природної комутації, а їх ширина не може перевищувати 90° .

При регулюванні шириною імпульсу напруги можна виділити три ділянки, на яких закон зміни струму через фазний реактор буде різний. Узагальнене рівняння електричного рівноваги кола буде мати вигляд:

$$x_{|2-n|} \frac{di_n(\theta)}{dt} + r_{|2-n|} i_n(\theta) = (2-n)U_m, \quad (4)$$

де $n = 1, 2, 3$ – номер ділянки; $|2-n|$ – модуль величини $2-n$; U_m – амплітудне значення напруги; $\theta = \omega t$ – час у відносних одиницях; ω – колова частота;

$r_1 = r_2 + r_p$; $x_1 = x_2 + x_p$; $r_0 = r_p$; $x_0 = x_p$; r_2 та x_2 – відповідно, активний та реактивний опори вторинної обмотки трансформатора; r_p та x_p – відповідно, активний та реактивний опори фазного реактора.

Із рівняння (4) випливає, що на першій та третій ділянках, коли вторинні обмотки трансформатора підключаються до фазних реакторів, активно-індуктивний опір кожної із фаз є сумою активно-індуктивних опорів вторинної обмотки трансформатора та фазного реактора, як це показано на заступній схемі СТК з примусовою комутацією на рис. 2.

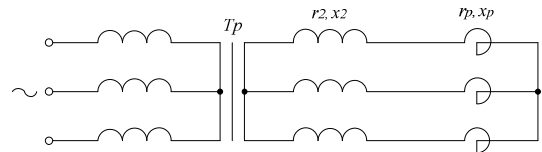


Рисунок 2 – Заступна схема СТК з примусовою комутацією на першій та третій ділянках

На другій ділянці, коли вторинні обмотки трансформатора відключаються від фазних реакторів, активно-індуктивний опір кожної із фаз визначається лише активно-індуктивним опором фазного реактора (рис. 3).

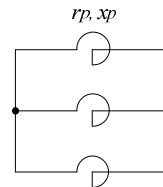


Рисунок 3 – Заступна схема СТК з примусовою комутацією на другій ділянці

Отже, аналіз заступних схем на рис. 2 та рис. 3 свідчить про те, що СТК реактивної потужності з примусовою комутацією на кожній ділянці описується відповідним лінійним диференціальним рівнянням першого порядку. Застосовуючи для розв'язку диференціального рівняння (4) метод інтегруючого множника [5]

$$\mu(\theta) = e^{\int \rho_{|2-n|} d\theta} = e^{\rho_{|2-n|} \theta},$$

можна знайти узагальнений струм, який протікає через фазний реактор СТК реактивної потужності з примусовою комутацією:

$$i_n(\theta) = \frac{1}{\mu(\theta)} \left(\int (2-n)U_m \mu(\theta) d\theta + A \right), \quad (5)$$

де A – стала інтегрування, яка визначається початковими умовами.

Якщо замінити у формулі (5) невизначений інтеграл на визначений інтеграл з межами інтегрування від θ_0 до θ , то одержимо: $i_n(\theta_0) = A$, де θ_0 – початкові умови.

При симетричній комутації на першій ділянці $\alpha \leq \theta \leq \alpha + \gamma$ до сумарного активно-індуктивного опору вторинної обмотки трансформатора та фазного реактора прикладена напруга U_m , на другій ділянці $\alpha + \gamma \leq \theta \leq \pi + \alpha$ – прикладеної напруги немає, а на третій ділянці $\pi + \alpha \leq \theta \leq \theta_e$ до сумарного активно-індуктивного опору вторинної обмотки трансформатора та фазного реактора прикладена напруга $-U_m$. З урахуванням рівняння для узагальненого струму (5)

та початкових умов струми на відповідних ділянках будуть дорівнювати:

$$i_1(\theta) = \frac{I_m}{\rho_1} \left[1 - e^{-\rho_1(\alpha-\theta)} \right], \quad (6)$$

$$i_2(\theta) = \frac{I_m}{\rho_1} \left(1 - e^{-\rho_1\gamma} \right) e^{\rho_0(\alpha+\gamma-\theta)}, \quad (7)$$

$$i_3(\theta) = -\frac{I_m}{\rho_1} + \frac{I_m}{\rho_1} \left[1 + \left(1 - e^{-\rho_1\gamma} \right) e^{\rho_0(\gamma-\pi)} \right] \times e^{\rho_1(\pi+\alpha-\theta)}, \quad (8)$$

де $\rho_1 = \frac{r_1}{x_1}$, $\rho_0 = \frac{r_0}{x_0}$ – опори у відносних одиницях; $I_m = \frac{U_m}{x_1}$ – амплітудне значення струму.

Для забезпечення необхідного алгоритму перемикання комутуючих тиристорів будемо вимикати СТК від мережі під час переходу струму $i_3(\theta)$ через нуль. Прирівнюючи до нуля струм $i_3(\theta)$, дістанемо кут вимкнення комутуючого тиристора у разі симетричної комутації:

$$\theta_g = \pi + \alpha + \frac{1}{\rho_1} \ln \left(1 + e^{\rho_0(\gamma-\pi)} - e^{((\rho_0-\rho_1)\gamma-\rho_0\pi)} \right). \quad (9)$$

Підставляючи у формули (1), (2) вирази (6) – (9), одержимо величини реактивної та споживаної активної потужності у відносних одиницях у разі симетричної комутації:

$$Q^*(\gamma) = \frac{2Q}{U_m I_m} = \frac{1}{\rho_1 \pi} \left[\int_{\alpha}^{\alpha+\gamma} i_1^*(\theta) \delta_{2\pi}(\theta - \alpha - \gamma) d\theta + \int_{\pi+\alpha}^{\theta_g} i_3^*(\theta) \delta_{2\pi}(\theta - \pi - \alpha) d\theta \right] = \frac{1}{\pi \rho_1} \left[1 - e^{-\rho_1\gamma} + e^{\rho_0(\gamma-\pi)} - e^{((\rho_0-\rho_1)\gamma-\rho_0\pi)} \right], \quad (10)$$

$$P^*(\gamma) = \frac{2P}{U_m I_m} = \frac{1}{\pi \rho_1} \left[\int_{\alpha}^{\alpha+\gamma} i_1^*(\theta) u^*(\theta) d\theta + \int_{\pi+\alpha}^{\theta_g} i_3^*(\theta) u^*(\theta) d\theta \right] = \frac{1}{\pi \rho_1} \left[\gamma + \frac{1}{\rho_1} e^{-\rho_1\gamma} - \frac{1}{\rho_1} + \frac{1}{\rho_1} \ln \left(1 + e^{\rho_0(\gamma-\pi)} - e^{((\rho_0-\rho_1)\gamma-\rho_0\pi)} \right) - \frac{1}{\rho_1} \left(1 - e^{-\rho_1\gamma} \right) e^{\rho_0(\gamma-\pi)} \right], \quad (11)$$

де $i_1^*(\theta) = \frac{i_1(\theta)}{I_m}$ та $i_3^*(\theta) = \frac{i_3(\theta)}{I_m}$ – струми у відносних

одиницях; $u^*(\theta) = \frac{u(\theta)}{U_m}$ – напруга у відносних

одиницях; $\delta_{2\pi}(\theta - \alpha - \gamma)$ та $\delta_{2\pi}(\theta - \pi - \alpha)$ – 2π – періодичні дельта – функції Дірака, які зміщені відповідно до точки природної комутації на величину $\alpha + \gamma$ та величину $\pi + \alpha$.

При несиметричній комутації на першій ділянці $\alpha \leq \theta \leq \alpha + \gamma$ до сумарного активно-індуктивного опору вторинної обмотки трансформатора та фазного реактора прикладена напруга U_m , на другій ділянці $\alpha + \gamma \leq \theta \leq \pi + \alpha - \gamma$ – напруги немає, а на третій ділянці $\pi + \alpha - \gamma \leq \theta \leq \theta_g$ до сумарного активно-індуктивного опору вторинної обмотки трансформатора та фазного реактора прикладена напруга $-U_m$. Вирази для струмів на першій та другій ділянках будуть співпадати з виразами для струмів при симетричній комутації, лише струм на третій ділянці буде іншим:

$$i_3(\theta) = -\frac{I_m}{\rho_1} + \frac{I_m}{\rho_1} \left[1 + \left(1 - e^{-\rho_1\gamma} \right) e^{\rho_0(2\gamma-\pi)} \right] \times e^{\rho_1(\pi+\alpha-\gamma-\theta)}. \quad (12)$$

Виходячи із тих самих міркувань, що й при симетричній комутації, прирівняємо до нуля струм $i_3(\theta)$ та дістанемо кут вимкнення комутуючого тиристора у разі несиметричної комутації:

$$\theta_g = \pi + \alpha - \gamma + \frac{1}{\rho_1} \ln \left(1 + e^{\rho_0(2\gamma-\pi)} - e^{((2\rho_0-\rho_1)\gamma-\rho_0\pi)} \right). \quad (13)$$

Підставляючи у формули (1), (2) вирази (6), (7), (12) та (13), одержимо величини реактивної та споживаної активної потужності у відносних одиницях у разі несиметричної комутації:

$$Q^*(\gamma) = \frac{2Q}{U_m I_m} = \frac{1}{\pi \rho_1} \left[\int_{\alpha}^{\alpha+\gamma} i_1^*(\theta) \delta_{2\pi}(\theta - \alpha - \gamma) d\theta + \int_{\pi+\alpha-\gamma}^{\theta_g} i_3^*(\theta) \delta_{2\pi}(\theta - \pi - \alpha + \gamma) d\theta \right] = \frac{1}{\rho_1 \pi} \left[1 - e^{-\rho_1\gamma} + e^{\rho_0(2\gamma-\pi)} - e^{((2\rho_0-\rho_1)\gamma-\rho_0\pi)} \right], \quad (14)$$

$$P^*(\gamma) = \frac{2P}{U_m I_m} = \frac{1}{\pi \rho_1} \left[\int_{\alpha}^{\alpha+\gamma} i_1^*(\theta) u^*(\theta) d\theta + \int_{\pi+\alpha-\gamma}^{\theta_g} i_3^*(\theta) u^*(\theta) d\theta \right] = \frac{1}{\pi \rho_1} \left[\gamma + \frac{1}{\rho_1} e^{-\rho_1\gamma} - \frac{1}{\rho_1} + \frac{1}{\rho_1} \ln \left(1 + e^{\rho_0(2\gamma-\pi)} - e^{((2\rho_0-\rho_1)\gamma-\rho_0\pi)} \right) - \frac{1}{\rho_1} \left(1 - e^{-\rho_1\gamma} \right) e^{\rho_0(2\gamma-\pi)} \right], \quad (15)$$

де $\delta_{2\pi}(\theta - \alpha - \gamma)$ та $\delta_{2\pi}(\theta - \pi - \alpha + \gamma)$ – 2π – періодичні дельта – функції Дірака, які зміщені відповідно до точки природної комутації на величину $\alpha + \gamma$ та величину $\pi + \alpha - \gamma$.

Проведемо розрахунок інтегральних показників енергетичного процесу для конкретної конфігурації трансформаторної схеми СТК з примусовою комутацією. Нехай в якості фазних реакторів застосовуються реактори типу РКOC–3900/10-У1 з такими паспортними даними: номінальна реактивна потужність $Q_n = 3,9 \text{ MVar}$; номінальна напруга

$U_H = 10кВ$; номінальний струм $I_H = 385А$; номінальна індуктивність $L_H = 99,7мГн$; реактивний опір реактора $x_p = 2\pi f L_H = 2\pi \cdot 50 \cdot 99,7 \cdot 10^{-3} = 31,3Ом$; середні втрати активної потужності у номінальному режимі $\Delta P_H = 8154,5Вт$; активний опір реактора:

$$r_p = \frac{\Delta P_H}{I_H^2} = \frac{8154,5}{385^2} = 0,055Ом,$$

а в якості трансформатора застосовується трифазний трансформатор з розщепленою вторинною обмоткою типу ТРДН–25000/110–76У1 з РПН на стороні НН $\pm 16\% \pm 9$ ступенів з такими паспортними даними: номінальна повна потужність $S_{НОМ} = 25000кВА$; втрати неробочого ходу $\Delta P_x = 25кВт$; втрати короткого замикання $\Delta P_K = 120кВт$; напруга короткого замикання $U_K = 10,5\%$; струм неробочого ходу $I_x = 0,75\%$; напруга на стороні ВН 115 кВ; напруга на стороні НН 6,3 кВ; 10,5 кВ; активний опір короткого замикання трансформатора:

$$r_K = \frac{\Delta P_{K3} \cdot U_{НОМ}^2}{S_{НОМ}^2} = \frac{0,12 \cdot 115^2}{25^2} = 2,5392Ом;$$

реактивний опір короткого замикання трансформатора:

$$x_K = \frac{U_K \%}{100} \cdot \frac{U_{НОМ}^2}{S_{НОМ}} = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{115^2}{25} = 55,545Ом;$$

коефіцієнт трансформації трансформатора:

$$k = \frac{115}{10,5} = 10,9524;$$

активний та реактивний опори трансформатора на стороні ВН:

$$r_K = r_{ВН},$$

$$x_K = x_{ВН};$$

активний опір вторинної обмотки трансформатора:

$$r_2 = \frac{1,75 \cdot r_{ВН}}{2k^2} = \frac{1,75 \cdot 2,5392}{2 \cdot 10,9524^2} = 0,0185Ом;$$

реактивний опір вторинної обмотки трансформатора:

$$x_2 = \frac{1,75 \cdot x_{ВН}}{2k^2} = \frac{1,75 \cdot 55,545}{2 \cdot 10,9524^2} = 0,4052Ом.$$

Для цієї конфігурації СТК реактивної потужності з примусовою комутацією опори у відносних одиницях становлять відповідно:

$$\rho_0 = \frac{r_p}{x_p} = \frac{0,055}{31,3} = 1,757 \cdot 10^{-3};$$

$$\rho_1 = \frac{r_1}{x_1} = \frac{r_p + r_2}{x_p + x_2} = \frac{0,055 + 0,0185}{31,3 + 0,4052} = 2,318 \cdot 10^{-3}.$$

Відповідно до розрахунків за формулами (3), (10), (11), (14), (15) на рис. 4 наведені графіки зміни реактивної потужності $Q^*(\gamma)$, на рис. 5 – графіки зміни споживаної активної потужності $P^*(\gamma)$, а на рис. 6 – графіки зміни питомої споживаної активної

потужності $P_Q(\gamma) = \frac{P^*(\gamma)}{Q^*(\gamma)}$ у разі симетричної (крива 1) та несиметричної (крива 2) комутації тиристорів СТК з примусовою комутацією.

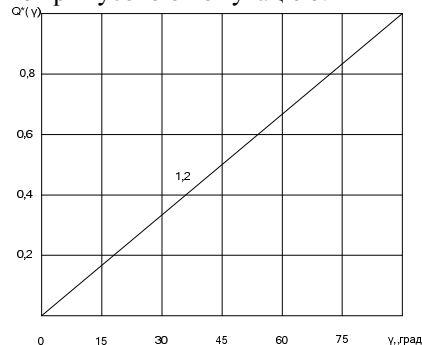


Рисунок 4 – Графіки зміни реактивної потужності СТК з примусовою комутацією при регулюванні шириною імпульсу напруги γ

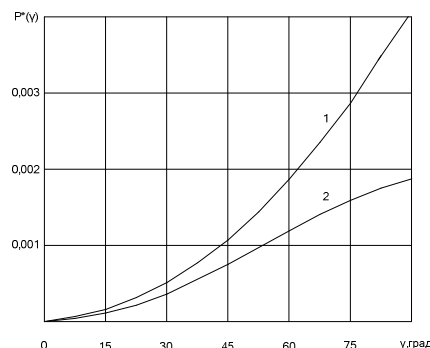


Рисунок 5 – Графіки зміни споживаної активної потужності СТК з примусовою комутацією при регулюванні шириною імпульсу напруги γ

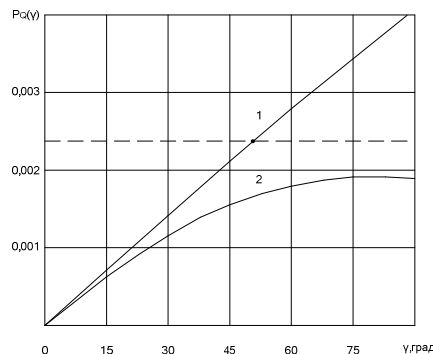


Рисунок 6 – Графіки зміни питомої споживаної активної потужності СТК з примусовою комутацією при регулюванні шириною імпульсу напруги γ

Наступний аналіз СТК реактивної потужності з примусовою комутацією у разі його живлення напругою прямокутної форми здійснюється відносно базового варіанту. За базовий варіант береться СТК реактивної потужності з примусовою комутацією, який живиться синусоїдною напругою. Вище було зазначено, що у базовому варіанті питома споживана активна потужність не залежить від кута керування тиристорами при будь-яких режимах роботи. Оскільки регулювання шириною імпульсу напруги – це різновид регулювання за допомогою зміни кута керування α , то у базовому варіанті питома споживана активна по-

тужність також не залежить й від γ , а її величина становить: $P_Q(\gamma) = \rho_1 = 2,318 \cdot 10^{-3}$.

Висновки. При регулюванні шириною імпульсу напруги величина реактивної $Q^*(\gamma)$, споживаної активної $P^*(\gamma)$ та питомої споживаної активної потужності $P_Q(\gamma)$ СТК реактивної потужності з примусовою комутацією не залежить від кута керування тиристорами α , але є функцією ширини імпульсу напруги γ незалежно від способу комутації тиристорів. Спосіб комутації тиристорів СТК не впливає на величину та характер залежності $Q^*(\gamma)$. Вона практично залишається лінійною функцією ширини імпульсу напруги γ у разі симетричної та несиметричної комутації тиристорів (рис. 4), що дозволяє спростити систему керування СТК реактивної потужності з примусовою комутацією в замкнених системах керування. Незалежно від способу комутації тиристорів величина споживаної активної потужності $P^*(\gamma)$ зростає при збільшенні ширини імпульсу напруги γ , причому у разі симетричної комутації це зростання є більш суттєвим, ніж при несиметричному керуванні (рис. 5). У разі симетричної комутації тиристорів при збільшенні γ величина питомої споживаної активної потужності зростає. Якщо ширина імпульсу напруги $\gamma < 50,6$ градусів, то величина питомої споживаної активної потужності не буде перевищувати однойменної величини для базового варіанту, рівної $P_Q(\gamma) = 2,318 \cdot 10^{-3}$, яка показана на рис. 6 пунктирною лінією. Це дозволяє регулювати залежно від ширини імпульсу напруги величину реактивної потужності або підтримувати її на заданому рівні при фіксованій ширині імпульсу, споживаючи активної потужності менше, ніж у базовому варіанті. У разі несиметричної комутації тиристорів величина питомої споживаної активної потужності менша, ніж при симетричній комутації й навіть взагалі не перевищує однойменної величини базового варіанту у всьому діапазоні зміни ширини імпульсу напруги живлення γ (рис. 6). Це дає змогу зменшити величину активної споживаної потужності у силовій частині СТК з примусовою комутацією у разі його жи-

влення напругою прямокутної форми у всьому діапазоні зміни ширини імпульсу напруги.

Отже, в результаті аналізу інтегральних показників енергетичного процесу СТК реактивної потужності з примусовою комутацією визначені енергоощадні технології керування його режимами роботи, які дозволяють зменшити величину споживаної активної потужності.

У майбутньому при визначенні енергоощадних технологій керування режимами роботи СТК реактивної потужності з примусовою комутацією доцільно дослідити енергетичні процеси у цих компенсаторах при незалежному керуванні процесами ввімкнення та вимкнення комутуючих тиристорів, що дозволить більш ефективно керувати величиною питомої споживаної активної потужності СТК та виявити оптимальні енергоощадні технології керування режимами їх роботи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Оптимізація режимів роботи статичних тиристорних компенсаторів реактивної потужності при їх живленні напругами полігональної форми за критерієм мінімуму питомої споживаної активної потужності / Ю.В. Грицюк, М.В. Петухов, Б.С. Рогальський, М.П. Свиридов // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2007. – № 2. – С. 46–55.

2. Інтегральні показники енергетичного процесу статичних тиристорних компенсаторів реактивної потужності з примусовою комутацією / М.В. Петухов, С.П. Літковець // Підвищення рівня ефективності енергоспоживання в електротехнічних пристроях і системах: матеріали III-ї міжнародної науково-технічної конференції. – Луцьк, 2010. – С. 151–153.

3. Преобразовательная техника / В.С. Руденко, В.И. Сенько, И.М. Чиженко. – К.: Вища школа, 1978. – 422 с.

4. Маевский О.А. Энергетические показатели вентиляных преобразователей. – М.: Энергия, 1978. – 320 с.

5. Бронштейн И.Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев. – М.: Наука, 1986. – 544 с.

Стаття надійшла 06.06.2011 р.
Рекомендовано до друку д.т.н., проф.
Сінчуком О.М.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ СТАТИЧЕСКИХ ТИРИСТОРНЫХ КОМПЕНСАТОРОВ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ С ПРИНУДИТЕЛЬНОЙ КОММУТАЦИЕЙ

*Н. В. Петухов, к.т.н., доц., С. П. Литковец, асп.
Луцкий национальный технический университет
просп. Соборности, 17, 43024, г. Луцк, Украина
E-mail: SergiyLitkov@mail.ru*

Рассматриваются энергосберегающие технологии управления режимами работы статических тиристорных компенсаторов реактивной мощности с принудительной коммутацией, которые обеспечивают минимум удельной потребляемой активной мощности.

Ключевые слова: энергосбережение, статические компенсаторы, принудительная коммутация.

POWER SAVING TECHNOLOGIES OF OPERATION MODE CONTROLLING OF STATIC THYRISTOR COMPENSATOR OF REACTIVE POWER WITH THE FORCED COMMUTATION

*M. Petukhov, Cand.Sc. (Eng.), Assoc. Prof., S. Litkovets, post-grad.
Lutsk National Technical University
prosp. Sobornosty, 17, 43024, Lutsk, Ukraine
E-mail: SergiyLitkov@mail.ru*

The article deals with the power saving technologies of operation mode controlling of static thyristor compensator of reactive power with the forced commutation that provide minimum of specific consumed active power.

Key words: power saving, static compensators, forced commutation.