

КОМПЕНСАЦІЯ ПУЛЬСАЦІЙ МОМЕНТУ НА ВАЛУ СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА СИСТЕМ ГАРАНТОВАНОГО ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ

Є.С.Пічкальов

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
пр. Перемоги, 37, Київ, 03056, Україна.

e-mail: pichkalyov@gmail.com

У статті розглянуто коливання ротора синхронного генератора систем гарантованого електроживлення, що викликані зміною режимів роботи навантаження та роботою первинного джерела живлення. Наведено структурну схему системи електроживлення з матричним перетворювачем та проведено моделювання коливання ротора для генератора ДГР 150/750. Бібл. 5, рис. 2.

Ключові слова: синхронний генератор, дизельний генератор, пульсації моменту, коливання ротора.

Розвиток електротехніки характеризується високою насиченістю електрообладнання приміщень будинків і промислових об'єктів, що потребують дотримання високих вимог до надійності електроживлення [1]. Системи гарантованого електроживлення (СГЕЖ), що будуються на основі включення в загальну схему, крім мережі ще декількох джерел гарантованого електроживлення (ДГЕЖ), дозволяють забезпечити надійність електроживлення [2]. Однією з особливостей роботи ДГЕЖ з використанням синхронних генераторів є пульсації моменту, що можуть стати причиною зупинки роботи ДГЕЖ. Тому важливою задачею є компенсація пульсацій моменту на валу генератора. При цьому забезпечується необхідна надійність роботи системи електроживлення та найбільш повне і ефективне використання енергетичних ресурсів. Одним з можливих способів зменшення пульсацій є регулювання $\cos \varphi$ на виході синхронного генератора з використанням можливостей матричного перетворювача.

Мета даної статті – опис і моделювання коливань ротора синхронного генератора та відповідно пульсацій моменту на валу генератора, що викликані зміною навантаження або впливом первинного джерела живлення, та забезпечення зниження пульсацій матричним перетворювачем.

Система гарантованого електроживлення. Розглянемо СГЕЖ, що складається з дизельного двигуна (ДД), синхронного генератора (СГ), матричного перетворювача (МП) та асинхронного двигуна (АД) (рис. 1, дизельний двигун не показано). У сталому режимі механічний обертальний момент дизельного двигуна врівноважений гальмівним електромагнітним моментом синхронного генератора. Припустимо, що при роботі синхронного генератора виникають пульсації на його валу, викликані роботою первинного джерела живлення або зміною режиму роботи навантаження [3].

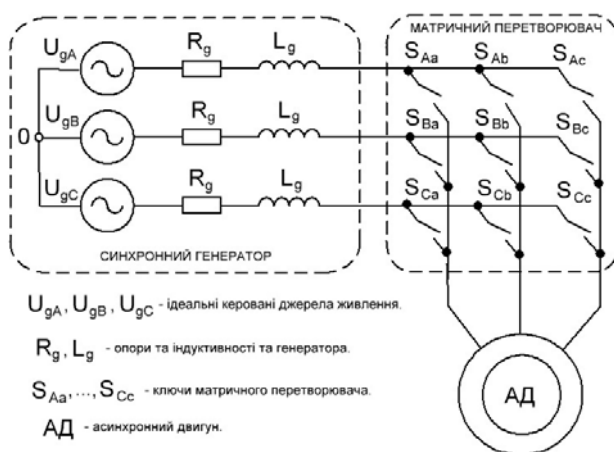


Рис. 1

на роботу синхронного генератора. У загальному випадку на валу первинного двигуна момент може мати у своєму складі гармонічні складові. При представленні синхронного генератора у вигляді одномасової системи рівняння коливань ротора має вигляд [4]

$$J_m \Delta \ddot{\theta} + D_m \Delta \dot{\theta} + C_m \Delta \theta = \sum_{v=1}^k \Delta M_v \cdot \sin(v\omega_i t + \varphi_v), \quad (1)$$

Проаналізуємо малі коливання ротора (кута навантаження) $\Delta \theta$. Припустимо, що напруга на виході синхронного генератора U_{OUT} залишається незмінною, тоді кожному моменту M відповідає кут θ_0 на кутовій характеристиці машини. Зміна величин, що визначають θ_0 , призводить до зміни положення ротора і відповідно кута θ . Нове значення кута θ встановлюється після перехідного процесу, що носить звичайно коливальний характер, причому коливання θ щодо нового значення супроводжуються коливаннями кутової швидкості ротора, струму, електромагнітного моменту, активної і реактивної потужностей. Такі коливання поділяються на вільні та вимушені.

Вільні та вимушені коливання моменту на валу синхронного генератора. Вимушені коливання виникають під дією зовнішніх чинників

або

$$\Delta\ddot{\theta} + b \cdot \Delta\dot{\theta} + c \cdot \Delta\theta = \sum_{v=1}^k \frac{\Delta M_v}{J_m} \cdot \sin(v\omega_{\mu} t + \varphi_v),$$

де J_m, D_m, C_m – момент інерції, коефіцієнт демпфірування та синхронізуюча потужність, приведені до номінального обертового моменту двигуна; $b = D_m/J_m$ – відносний коефіцієнт демпфірування; $c = C_m/J_m$ – питома синхронізуюча потужність; ΔM_v – гармонічні складові обертового моменту на валу дизельного двигуна; ω_{μ} – основна кругова частота обертання валу; v – порядок гармонічних складових; φ_v – зсув по фазі гармонічних складових.

$$\text{Зробимо відповідні заміни: } \alpha = -D_m/2J_m; \quad \beta = (D_m/2J_m)^2 - C_m/J_m.$$

Розв'язавши рівняння (1) операторним методом, отримаємо вираз, який ілюструє зміну малих коливань ротора у часі

$$\Delta\theta(t) = \Delta\theta_0 \cdot \left(\frac{a - \alpha + \beta}{2 \cdot \beta} \cdot e^{(\beta - \alpha)t} + \frac{\alpha + \beta - a}{2 \cdot \beta} \cdot e^{(-\beta - \alpha)t} \right) + \sum_{v=1}^k \frac{\Delta M_v}{J_m} \cdot (A \cdot e^{-iv\omega_{\mu}t} + B \cdot e^{iv\omega_{\mu}t} + C \cdot e^{-(\alpha - \beta)t} + D \cdot e^{-(\alpha + \beta)t}),$$

де A, B, C, D – коефіцієнти, що отримують у результаті розв'язку рівняння (1) операторним методом.

Як приклад розглянемо вплив дизельного двигуна на роботу синхронного генератора ДГР 150/750, параметри якого мають значення $J_m = 3,44 \cdot 10^{-2}$, $D_m = 7 \cdot 10^{-2}$, $C_m = 5,4$, а $\alpha = 1,055$; $\beta = 12,4876i$. При початковій величині зміни кута $\Delta\theta_0 = 0,3$ рад. вільні та сумарні (сума вільних та вимушених) коливання ротора генератора матимуть вигляд, наведений на рис. 2, а та рис. 2, б відповідно (вертикальна вісь: $\Delta\theta$, рад.; горизонтальна вісь: час у секундах).

Коливання ротора, показані на рис. 2, а та рис. 2, б, призводять до нестійкої роботи системи. Їх можливо компенсувати, застосовуючи матричний перетворювач, який дозволяє керувати зсувом фаз між вхідними струмом та напругою перетворювача [5]. Пульсації струму статора, що залежать від коливань ротора визначаються наступним виразом:

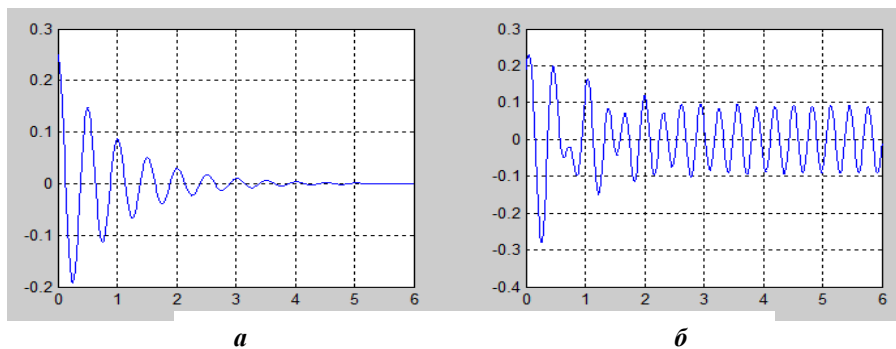


Рис. 2

$$\Delta I = \frac{C_m \cdot \Delta\theta - \Delta\varphi \cdot U_0 \cdot I_0 \cdot \sin \varphi_0}{U_0 \cdot \cos \varphi_0}, \quad (2)$$

де ΔI – зміна струму статора; U_0, I_0, φ_0 – значення напруги, струму та кута між струмом та напругою на початку перехідного процесу; $\Delta\theta$ – зміна кута навантаження через зміну моменту на валу генератора; $\Delta\varphi$ – зміна кута між напругою та струмом.

Для усунення пульсацій необхідно підтримувати таке значення зміни кута $\Delta\varphi$, при якому $\Delta I = 0$, тобто

$$\Delta\varphi = C_m \Delta\theta (U_0 I_0 \sin \varphi_0)^{-1}. \quad (3)$$

Для генератора ДГР 150/750 [4] рівняння (3) матиме вигляд

$$\Delta\varphi = 3,1 \cdot \Delta\theta. \quad (4)$$

Керування відповідно до (4) дає змогу усунути пульсації моменту на валу синхронного генератора.

Висновки. Коливання ротора синхронного генератора, а відповідно і пульсації моменту на його валу призводять до нераціонального використання палива та можливої зупинки роботи ДГЕЖ. Отримано результати моделювання пульсацій моменту на валу синхронного генератора та визначено умову компенсації пульсацій (3) за допомогою зміни зсуву фаз $\Delta\varphi$ на вході матричного перетворювача.

1. Pichkalov Ie., Kyselova A., Kyselova O., Kyselov G. Optimal control of uninterruptible power system with diesel generator // IEEE XXXIII International Scientific Conference " Electronics and Nanotechnology" (ELNANO), 16-19 April 2013. – Pp. 378–380.
2. Бар В.И. Основы преобразовательной техники. – Тольятти: ТГУ, 2002. – 108 с.
3. Забудский Е.И. Электрические машины. Ч.3. Синхронные машины. – Москва: МГАУ, 2008. – 195 с.
4. Мелешкин Г.А., Меркурьев Г.В. Устойчивость энергосистем. Теория. – С.-Пб.: НОУ "Центр подготовки кадров

- энергетики", 2006. – 350 с.
5. *Мысак Т.В., Полищук С.И., Соболев В.Н., Михальский В.М., Чехет Э.М.* Алгоритм и структура управления матричным преобразователем с векторной широтно-импульсной модуляцией // Вестник Харьковского государственного политехнического университета «Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика». – 2000. – Вып. 113. – С. 259–262.

КОМПЕНСАЦИЯ ПУЛЬСАЦИЙ МОМЕНТА НА ВАЛУ СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА СИСТЕМ ГАРАНТИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

Е.С.Пичкалёв

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»,
пр. Победы, 37, Киев, 03056, Украина.

e-mail: pichkalyov@gmail.com

В статье рассмотрены колебания ротора синхронного генератора систем гарантированного электропитания, которые вызваны изменением режимов работы нагрузки и работой первичного источника питания. Приведена структурная схема системы электропитания с матричным преобразователем и проведено моделирование колебания ротора для генератора ДГР 150/750. Библ. 5, рис. 2.

Ключевые слова: синхронный генератор, дизельный генератор, пульсации момента, колебания ротора.

TORQUE RIPPLE COMPENSATION OF SYNCHRONOUS GENERATOR OF UNINTERRUPTIBLE POWER SYSTEMS

Ie.Pichkalov

National Technical University of Ukraine “Kyiv Polytechnic Institute”,
pr. Peremohy, 37, Kyiv, 03056, Ukraine.

e-mail: pichkalyov@gmail.com

Fluctuations of the rotor of a synchronous generator uninterruptible power supply systems which are caused by the change in the load modes and operation of the primary power source were described. The diagram of a power supply system with matrix converter and simulated vibrations of the rotor for the generator DGR 150/750 were shown. References 5, figures 2.

Keywords: synchronous generator, diesel generator, torque ripple, vibrations of the rotor.

1. *Pichkalov Ie., Kyselova A., Kyselova O., Kyselov G.* Optimal control of uninterruptible power system with diesel generator // IEEE XXXIII International Scientific Conference " Electronics and Nanotechnology" (ELNANO), 16-19 April 2013. – Pp. 378–380.
2. *Bar V.I.* Fundamentals of Power Converters. – Toliatti: TGU, 2002. – 108 p. (Rus)
3. *Zabudskii E.I.* Electrical machines. Part 3. Synchronous machines. – Moskva: MGAU, 2008. – 195 p. (Rus)
4. *Meleshkin G.A., Merkurev G.V.* Sustainable energy systems. Theory. – Sankt-Peterburg: NOU "Tsentr podgotovki kadrov energetiki", 2006. – 350 p. (Rus)
5. *Mysak T.V., Polishchuk S.I., Sobolev V.N., Mikhalskii V.M., Chekhet E.M.* Algorithm and control structure of matrix converter with SVPWM // Vestnik Kharkovskogo Gosudarstvennogo Politekhniceskogo Universiteta «Problemy avtomatizirovanogo elektroprivoda. Teoriia i praktika». – 2000. – Vol. 113. – Pp. 259–262. (Rus)

Надійшла 25.02.2014