

ДО ПИТАННЯ РОЗРОБКИ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ МЕРЕЖЕВИМ БАГАТОРІВНЕВИМ ІНВЕРТОРОМ НАПРУГИ ПРИ РОБОТІ З СОНЯЧНИМ МОДУЛЕМ

Анотація. Вдосконалено закон керування мережесим багаторівневим інвертором сонячного модуля, який дозволяє утримувати режим роботи сонячного модуля в області точки відбору максимальної потужності, що збільшує його продуктивність. Запропоновано вдосконалені моделі регуляторів поздовжньої та поперечної складових струму інвертора.

Ключові слова. Багаторівневий інвертор, сонячний модуль, математична модель.

Abstract. Improved the control law and computer model for grid-tied multilevel inverter of solar module that allows to hold the solar module operation within the point of maximum power output, which increases its efficiency. An improved model regulators longitudinal and transverse components of the power inverter.

Keywords. Multilevel inverter, solar module, mathematical model.

В складі будь-якої сонячної електростанції для формування вихідної змінної напруги в якості узгоджувальних пристроїв використовуються багаторівневі мережеві інвертори напруги [1]. Основною перевагою багаторівневих інверторів перед однорівневими є покращена форма вихідної напруги, менші втрати в силовій частині та покращена електромагнітна сумісність [2]. Але є також певні недоліки, а саме збільшення кількості силових ключів та відповідного ускладнення системи керування комутацією, а при використанні їх в межах сонячних електростанцій вимагає ще й додаткової адаптації до вимог існуючої електроенергетичної системи.

Для ефективного керування таким інвертором виникає необхідність узгодження його режимів роботи з мережею для відслідковування точки відбору максимальної потужності сонячним модулем, де поздовжня та поперечна складові струму багаторівневого інвертора будуть забезпечувати напругу та потужність, яка зі сторони входу інвертора зніматиметься із сонячного модуля, а зі сторони виходу буде віддаватись в мережу.

Однією з проблем сонячних електростанцій є те, що електроенергія, яка виробляється сонячним модулем має нестабільні показники, оскільки останні залежать від ряду факторів таких як температура навколишнього середовища, рівень освітленості та інші [3], а це в свою чергу повинно враховуватись системою керування інвертором для правильного вибору його режиму роботи. Тому для підвищення ефективності роботи інвертора застосовуються різні алгоритми для визначення точки відбору максимальної потужності сонячним модулем (maximum power point tracking (MPPT)). Структура такої системи показана на рисунку 1.

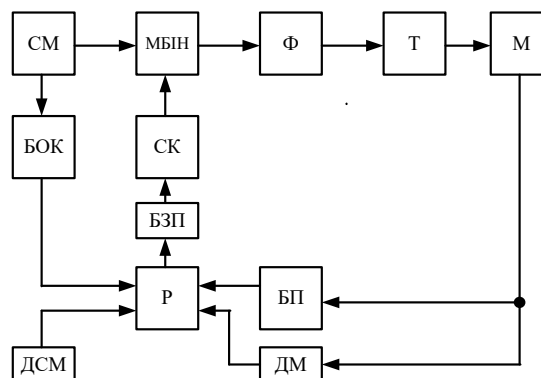


Рис. 1. Структурна схема системи керування мережесим багаторівневим інвертором напруги

На рис.1: СМ – сонячний модуль; МБІН – мережевий багаторівневий інвертор напруги; Ф – фільтр; Т – трансформатор; М – мережа; БОК – блок обчислення квазіекстремуму; ДСМ – датчики сонячного модуля; Р – регулятори; ДМ – датчики мережі; БП – блок перетворення з abc в dq систему координат; БЗП – блок зворотнього перетворення з системи dq в abc; СК – система комутації.

Для забезпечення режиму утримання сонячного модуля в точці максимальної потужності автоматичні регулятори напруги (поздовжньої складової струму інвертора I_d) та потужності (поперечної складової струму інвертора I_q) будуть функціонувати відповідно до ПІД-закону регулювання та описуються системою рівнянь [4]:

$$\begin{cases} I_{q, \text{зад}} = k_p \cdot k_{v, \text{осв}} \cdot P_{\text{осв}} + k_p \cdot P_{\text{зад}} + k_u \cdot U_{\text{DC}} - k_i \cdot I_{\text{DC}}, \\ U_{\text{rq}} = k_{\text{pq}} \cdot \left(k_{\text{rq, під}} \cdot (I_{q, \text{зад}} - I_q) + \frac{1}{T_{\text{iq}}} \cdot \int_0^t (I_{q, \text{зад}} - I_q) dt + T_{\text{dq}} \cdot \frac{d(I_{q, \text{зад}} - I_q)}{dt} \right) \\ I_{d, \text{зад}} = k_{\text{pi}} \cdot \left(U_{\text{зад}} + U_{\text{DC}} \cdot k_{\text{DC, під}} - U_s \cdot k_{s, \text{під}} \cdot \left(\frac{T}{T_{\text{ref}}} \right)^2 \right), \\ U_{\text{rd}} = k_{\text{pd}} \cdot \left(k_{\text{rd, під}} \cdot (I_{d, \text{зад}} - I_d) + \frac{1}{T_{\text{id}}} \cdot \int_0^t (I_{d, \text{зад}} - I_d) dt + T_{\text{dd}} \cdot \frac{d(I_{d, \text{зад}} - I_d)}{dt} \right). \end{cases} \quad (1)$$

де k_{pd} і k_{pq} регуляторів поздовжньої та поперечної складових струму інвертора відповідно; T_{id} та T_{iq} – постійні часу інтегрування регуляторів; T_{dd} – стала часу диференціювання каналу регулювання I_d ; U_{rd} та U_{rq} – вихідні сигнали регуляторів поздовжньої та поперечної складових струму інвертора; k_p – коефіцієнт з розмірністю провідності для приведення потужності до відповідного значення струму; $k_{v, \text{осв}}$ – ваговий коефіцієнт підсилення значення потужності, що поступає на датчик освітлення; $P_{\text{зад}}$ – задане значення потужності сонячного модуля; k_u – коефіцієнт з розмірністю провідності для приведення напруги в каналі завдання регулятора до відповідного значення струму на вході вимірювального органу регулятора; U_{DC} – напруга на виході датчика напруги сонячного модуля; k_i – коефіцієнт нахилу регульовальної характеристики; I_{DC} – значення струму яке поступає на БОК з виходу датчика струму; $k_{\text{rq, під}}$ – коефіцієнт підсилення П-складової вихідної напруги U_{rq} ; k_{pi} – коефіцієнт приведення сигналу напруги до струму; $U_{\text{зад}}$ – задане значення напруги, яке повинен підтримувати сонячний модуль; U_{DC} – значення напруги на виході датчика напруги; $k_{\text{DC, під}}$ – коефіцієнт підсилення напруги з виходу датчика напруги; U_s – середнє значення напруги мережі; $k_{s, \text{під}}$ – коефіцієнт підсилення значення напруги мережі; $k_{\text{rd, під}}$ – коефіцієнт підсилення П-складової напруги U_{rd} ; T – значення температури сонячної батареї; T_{ref} – різниця температур між сонячною батареєю та навколишнім середовищем.

Було вдосконалено закон керування мережевим багаторівневим інвертором напруги. Запропоновано вдосконалені моделі регуляторів повздовжньої та поперечної складових інвертора напруги, що збільшує продуктивність роботи останнього.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Gaëtan Masson, Sinead Orlandi, Manoël Rekinger. Global Market Outlook For Photovoltaics 2014-2018.–European Photovoltaic Industry Association. Brussels, Belgium, 2014–57p.
2. Corzine K. A. Operation and design of multilevel inverters. – University of Missouri: Rolla, 2005. – 79
3. Nicola Femia, Giovanni Petrone, Giovanni Spagnuolo, Massimo Vitelli. Optimization of perturb and observe maximum power point tracking method. IEEE transactions on power electronics. – 2005 - VOL. 20, NO. 4. – P. 963-973.
4. Grabko V. Mathematical control system of grid-tied multilevel voltage inverter / V. Grabko, S. Levitskiy, V. Bombyk, W. Wojcik, O. Hotra, B. Imanbek // Przegląd Elektrotechniczny, ISSN 0033-2097, R. 93 NR 3/2017, P.133-139.

Бомбик Вадим Сергійович – асистент кафедри електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на транспорті, Вінницький національний технічний університет, bombikvs@gmail.com