

УДК 691.5

Чайковський С.І.,

Національний технічний університет України  
 «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

### РЕГУЛЮВАННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ВІДБОРУ СТРУМУ ВІД ПАРАЛЕЛЬНИХ ЛАНОК ГЕНЕРАТОРА

Темп розвитку технологій за останні декілька років обумовлює конкретні умови до обсягів та якості електропостачання і може бути порушений, якщо вони не будуть дотримані. Реалізація концепції Smart Grid не лише забезпечить необхідну якість передачі електроенергії, а й дозволить вийти електросистемі на новий технологічний рівень. Проте, на шляху до застосування Smart Grid існує низка технічних, організаційних та фінансових проблем. [1]

Однією з ключових особливостей Smart Grid є застосування розосередженої генерації, де в якості джерел енергії виступають як установки з використанням органічних видів палива, так і установки відновлювальної енергетики. Якщо у першому випадку можливо забезпечити вироблення енергії на одному заданому рівні, то при використанні енергії вітру чи сонця має місце фактор випадковості, який призводить до коливання величини згенерованої потужності. Це, в свою чергу, негативно відображається на споживачах електричної енергії у такій мережі. [2- 4]

Розглянемо можливі випадки при експлуатації сонячних батарей. Кількість виробленої енергії залежить від часу доби, хмарності та погодних умов. Виключити вплив цих факторів неможливо, тому необхідно визначити спосіб компенсації їх дії.

Розглянемо задачу регулювання результуючого струму в електричному колі, що зображено на рисунку 1а. В першій вітці кола, що має опір  $R_1$ , протікає струм  $I_1$ , а також знаходиться генератор, ЕРС якого змінює своє значення з  $E_1$  до  $E_1^*$ . За допомогою генератора з ЕРС  $E_2$ , який встановлено у вітці з опором  $R_2$ , необхідно дотриматись умови  $I_3 = \text{const}$ . Щоб цього досягти, змінимо ЕРС на величину  $\Delta E_2$ , причому  $E_2 - \Delta E_2 = E_2^*$ .

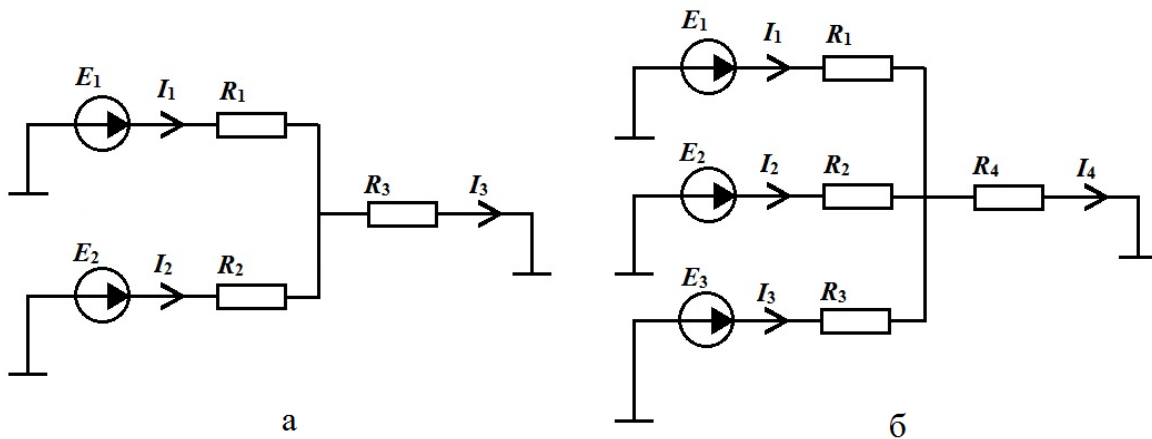


Рисунок 1 – Модель електричного кола з двома (а) та трьома (б) ланками

Для визначення струму у колі скористаємось методом накладання дії джерел енергії. Потім прирівнюємо вирази для струмів до та після регулювання, і далі знаходимо ЕРС другого генератора після регулювання:

$$E_2^* = (E_1 - E_1^*) \cdot \frac{R_2}{R_1} + E_2. \quad (1)$$

Співвідношення (1) показує, якою має бути ЕРС регулювання, коли ЕРС незалежного генератора змінюється з  $E_1$  до  $E_1^*$ .

Таку задачу можна розв'язати і для більшої кількості незалежних генераторів. Покажемо це на прикладі схеми, що зображена на рисунку 1б.

Виконавши обчислення по аналогії з попереднім розрахунком, приходимо до формули:

$$E_3^* = (E_1 - E_1^*) \cdot \frac{R_1 \cdot R_3 \cdot (R_2 - K_1) \cdot (R_3 + K_3) \cdot (R_2 + R_4)}{R_2^2 \cdot (R_1 + K_1) \cdot (R_3 + R_4) \cdot (R_1 - K_3)} + (E_2 - E_2^*) \cdot \frac{R_3 \cdot (R_1 - K_2) \cdot (R_3 + K_3) \cdot (R_2 + R_4)}{R_2 \cdot (R_2 + K_2) \cdot (R_3 + R_4) \cdot (R_1 - K_3)} + E_3, \quad (2)$$

де  $K_1, K_2$  і  $K_3$  – коефіцієнти, що обчислюються наступним чином:

$$K_1 = \frac{R_2 \cdot \frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4}}{R_2 + \frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4}}; \quad K_2 = \frac{R_1 \cdot \frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4}}{R_1 + \frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4}}; \quad K_3 = \frac{R_1 \cdot \frac{R_2 \cdot R_4}{R_2 + R_4}}{R_1 + \frac{R_2 \cdot R_4}{R_2 + R_4}}$$

На графіку (рисунок 2) показана залежність ЕРС регулювання від зміни ЕРС першого генератора.

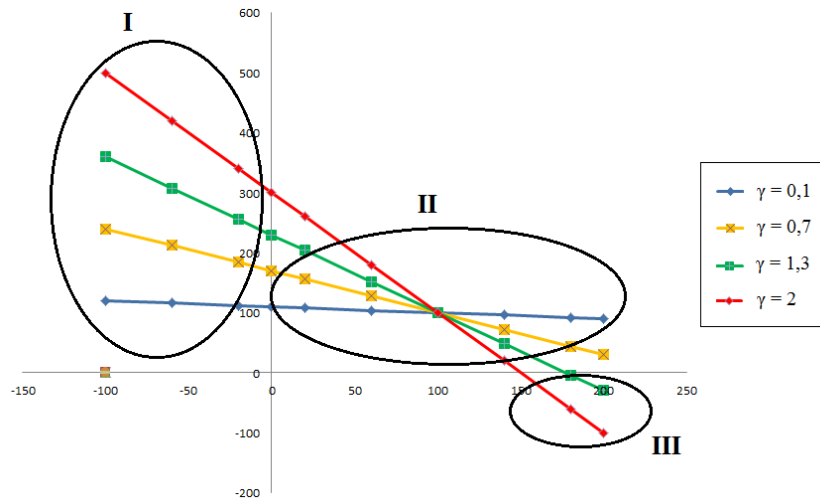


Рисунок 2 – Графік залежності  $E_2^* = f(E_1^*)$

Графік на рисунку 2 побудовано за результатами розрахунку кола, що зображено на рисунку 1а. Кожна пряма відповідає певному співвідношенню опорів  $\gamma = R_2/R_1$ .

На графіку (рисунок 2) можна виділити три типових зони. Зоні I показує, яким має бути навантаження регулювання, коли перший генератор споживає електроенергію (працює в режимі двигуна). У II генератори обидва працюють паралельно для досягнення постійного рівня струму. Зона III відображає випадки, коли перший генератор перевищує необхідні обсяги виробленої потужності. В цьому випадку другий генератор працює в режимі двигуна. Спільна точка всіх графіків – випадок коли умова по струму виконується за початкових потужностей генераторів, тому регулювання непотрібне.

**Висновок.** Використання додаткового джерела електричної енергії для забезпечення сталого струму в мережі розширює спектр можливостей використання установок відновлювальної енергії. Це не тільки позитивно відобразиться на роботі споживачів електричної енергії, зменшить втрати електроенергії, а й спростить вимірювання та розрахунки.

**Список використаних джерел:**

1. Л. Д. Гительман, Б. Е. Ратников, М. В. Кожевников. Управление спросом на энергию в регионе / Экономика региона / 2013 - № 2 (34) - С. 71-84.
2. Л. М. Четошникова. Использование локальных источников в умных сетях с требованиями качества энергии / Ползуновский вестник / 2013 № 4-2 - С. 199-204.
3. Денисюк С. П., Базюк Т. М. Аналіз впливу джерел розосередженої генерації на електромережу та особливості побудови віртуальних електростанцій // Електрифікація транспорту. - 2012. - № 4. - С. 23-29. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/eltr\\_2012\\_4\\_6](http://nbuv.gov.ua/UJRN/eltr_2012_4_6)
4. Денисюк С. П. Оцінка ефективності сумісної роботи розосереджених джерел генерації електроенергії, включаючи відновлювальні, в електроенергетичних системах / С. П. Денисюк, Т. М. Базюк, Д. Г. Дерев'яноко // Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. – Випуск 3/2013 (80). – С. 54–59.