

УДК 631.311:681.5

В.М. Щека, І.О. Ніколайчук

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## ВИЯВЛЕННЯ АСИНХРОННОГО РЕЖИМУ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

У статті розглядається кутовий спосіб виявлення асинхронного режиму.

**Ключові слова:** асинхронний режим, автоматика ліквідації асинхронного режиму, електричний центр коливань.

### Вступ

Ефективність дії пристроїв автоматики ліквідації асинхронного режиму залежить від способів його виявлення, які засновані на контролі режимних параметрів системи.

Для з'ясування того які параметри доцільно використати для виявлення асинхронного режиму розглянемо роботу елементарної системи, схема якої наведена на рис. 1.

**Аналіз літератури.** Розглядання роботи елементарної системи, зазвичай, ведуть шляхом визначення активних струмів, які поступають від джерел живлення  $E_1$  та  $E_2$  [1].

**Мета статті** – розробка простого способу виявлення асинхронного режиму.

### Основний матеріал

Асинхронний режим виникає в системі, в якій кутові частоти джерел живлення  $\omega_1$  та  $\omega_2$  відрізняються. Якщо напруга першого джерела  $U_1 = U_{\max 1} \cdot \sin \omega_1 t$ , а напруга другого  $U_2 = U_{\max 2} \cdot \sin \omega_2 t$ , то напруга биття  $U_s$ , яка властива режиму асинхронного ходу дорівнює:

$$U_s = U_1 - U_2 = U_{\max 1} \cdot \sin \omega_1 t - U_{\max 2} \cdot \sin \omega_2 t. \quad (1)$$

У випадку коли  $U_{\max 1} = U_{\max 2} = U_{\max}$ , з (1) отримуємо:

$$U_s = 2U_{\max} \cdot \sin \frac{\omega_1 + \omega_2}{2} t \cdot \sin \frac{\omega_1 - \omega_2}{2} t. \quad (2)$$

Вираз (2) зручно представити в такому вигляді:

$$u_s = U_s \cdot \sin \frac{\omega_1 + \omega_2}{2} t, \quad (3)$$

де  $U_s = 2U_{\max} \cdot \sin \frac{\omega_1 - \omega_2}{2} t$  – огибаюча напруги биття (випрямлене значення).

З врахуванням позначення кутової частоти ковзання  $\omega_3 = \omega_1 - \omega_2$  маємо, що

$$U_s = 2U_{\max} \cdot \sin \frac{\omega_3}{2} t = 2U_{\max} \cdot \sin \frac{\delta}{2}, \quad (4)$$

де  $\delta = \omega_3 t$  – кут між напругами джерел живлення.

Амплітудне значення струму, який проходить між точками 1 та 2 дорівнює:

$$I_{12} = \frac{U_s}{Z_1 + Z_2} = \frac{2U_{\max} \cdot \sin \frac{\delta}{2}}{Z_1 + Z_2}. \quad (5)$$

Величина зрівнювального струму залежить від кута  $\delta$ .

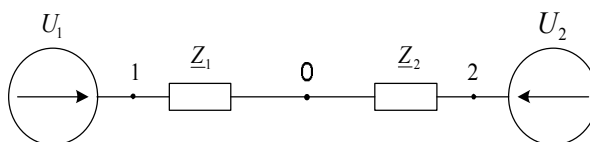


Рис. 1. Схема замінщення електропередачі

Визначення асинхронного режиму за допомогою кута  $\delta$  називають кутовим способом. Виявлення асинхронного режиму відбувається по переходу кута  $\delta$  через задане значення (зазвичай  $\pm 180^\circ$ ), рис. 2, що відповідає провороту роторів генераторів, що живлять споживачів.

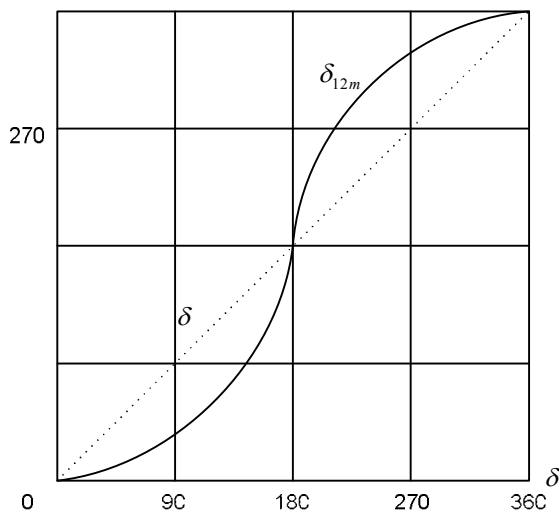


Рис. 3. Графік залежності  $\delta_{12m}$  від  $\delta$

У випадку, коли величина кута  $\delta$  дорівнює  $180^\circ$ , тоді електричний центр коливань в асинхрон-

ному режимі знаходиться між двома точками приложення напруги  $U_1$  та  $U_2$ .

У протилежному випадку  $\delta = 0$ . Вибір цих точок дозволяє для виявлення асинхронного режиму визначити кут  $\delta$  в електричному центрі коливань. По знаку кута  $\delta$  визначається знак ковзання.

На основі  $\delta$  розраховуються величини ковзання  $\omega_s$  та прискорення  $\varepsilon = d\omega_s / dt$ , які є першою і другою похідною від кута  $\delta$  за часом. Тут принципово важливою є необхідність розташування електричного центру коливань між двома точками напруги  $U_1$  та  $U_2$ .

Даний спосіб може бути реалізований в двох варіантах. У першому з них асинхронний режим виявляється по тривалому (більше половини найтривалішого періоду синхронних коливань) існуванню незмінного знаку  $\omega_s$ .

У другому варіанті момент початку асинхронний режим виявляється по зміні знаку  $d\omega_s / dt$  при виконанні додаткової умови, щоб  $\delta$  був ближче до  $180^\circ$ , істотно відрізняючись від 0. Якщо прискорення  $\varepsilon$  (зміна знаку  $d\omega_s / dt$ ) почнеться до виконання додаткової умови, то асинхронний режим зафіксований не буде. Для підвищення надійності за цим способом виявлення асинхронного режиму здійснюється по збігу знаків  $\delta$ ,  $\omega_s$  та  $d\omega_s / dt$  при виконанні додаткової умови.

Деякі пристрої автоматики ліквідації асинхронного режиму побудовані на контролі частот струму і напруги, а також похідних цих частот. Проте, оскільки частоти струму і напруги безпосередньо пов'язані з величиною ковзання, то принципів відмінності таких пристроїв від пристроїв в яких контролюється  $\omega_s$ , відсутні.

Різновидами кутового способу є способи, в яких поряд з визначенням кута фіксується струм  $I$ , або напруга  $U$ , або комплексний опір  $Z$ . Їх особливість полягає в можливості виявляти асинхронний режим у тому випадку, коли обидва значення напруги  $U_1$

та  $U_2$  знаходяться з одного боку від електричного центру коливань, внаслідок чого  $\delta = 0$  при  $\delta = 180^\circ$ . Тут виявлення асинхронного режиму відбувається у момент зміни знаку  $\delta$  при виконанні додаткової умови, коли кут знаходиться в області значень, близьких до  $180^\circ$ . Додаткова умова перевіряється за допомогою одного з параметрів  $I$ ,  $U$  або  $Z$ . Напряму зміни знаку  $\delta$  дозволяє знайти знак взаємного ковзання. Комплексна величина  $Z$  дозволяє точніше відстежувати зону розміщення електричного центру коливань.

## Висновки

1. Для визначення асинхронного режиму роботи системи електропостачання доцільно використовувати кутовий спосіб, заснований на вимірюванні кута  $\delta$  між напругами джерел живлення.

2. Кутовий принцип дозволяє краще розпізнавати загрозу і момент виникнення асинхронного режиму, чим інші способи, але в мережах складної конфігурації має обмеження у зв'язку з тим, що в таких мережах складно знайти електричний центр коливань.

## Список літератури

1. Барзам А.Б. Системная автоматика. 4-е изд., перераб. и доп. / А.Б. Барзам. – М.: Энергоатом издат, 1989. – 446 с.
2. Беркович М.А. Автоматика энергосистем: учебн. для техникумов / М.А. Беркович, В.А. Гладышев, В.А. Семенов. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 240 с.

Надійшла до редколегії 15.06.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Б.Т. Кононов, Харківський Університет Повітряних сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## РАЗРАБОТКА ПРОСТОГО СПОСОБА ВЫЯВЛЕНИЯ АСИНХРОННОГО РЕЖИМА

В.Н. Щека, И.А. Николайчук

*В статье рассматривается способ выявления асинхронного режима.*

**Ключевые слова:** асинхронный режим, автоматика ликвидации асинхронного режима, электрический центр колебаний.

## DEVELOPMENT OF SIMPLE METHOD OF EXPOSURE OF THE ASYNCHRONOUS MODE

V.N. Scheka, I.A. Nikolaychuk

*The angular method of exposure of the asynchronous mode is laid out.*

**Keywords:** asynchronous mode, automation of liquidation of the asynchronous mode, electric center of vibrations.