

## РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ ЗА КРИВИМИ СТРУМУ

**Івко Є.Є., студентка**

*(Донецький національний технічний університет, м. Донецьк, Україна)*

Задачі оцінювання електромагнітної сумісності (ЕМС) конденсаторних установок і ізоляції, а також вибору сучасних цифрових регуляторів напруги потребують визначення кривої напруги. Звичайно її розраховують по гармоніках струму [1], але вони визначаються з похибками. За наявності декількох джерел несинусоїдальності абсолютні похибки підсумовуються.

Метою статті є розробка принципово точного метода розрахунку показників ЕМС. Для короткості викладання дається на прикладі групи  $m$  однофазних електроприймачів, які мають однакові ідеалізовані криві струму  $i(t)$  у вигляді періодичної послідовності позитивного й від'ємного прямокутних імпульсів величиною  $B$  і  $-B$  і тривалістю  $\kappa$ . Зсув між імпульсами дорівнює половині циклу  $t_f$  синусоїди частотою  $f = 50$  Гц. Систему напруг  $u(t)$  джерела живлення будемо вважати симетричною й синусоїдальною.

В роботі [2] сумарні навантаження запропоновано розраховувати підсумовуванням кривих струму. Якщо між фазами  $A$ ,  $B$ ,  $C$  і нульовим проводом  $N$  підключено  $m_A$ ,  $m_B$  і  $m_C$  ламп, то відповідні сумарні струми дорівнюють:

$$i_{A,B,C\Sigma}(t) = \sum_{l=1}^{m_{A,B,C}} i_{A,B,C,l}(t),$$

$$i_{N\Sigma}(t) = i_{A\Sigma}(t) + i_{B\Sigma}(t) + i_{C\Sigma}(t) = \sum_{l=1}^m i_l(t).$$

Застосуємо такий перехід і до визначення компонент  $u_{nc}(t)$  кривих напруги. Для цього спочатку знайдемо втрат напруги  $\Delta u(t)$ . Якщо фази мережі мають активний опір  $r$  і індуктивність  $L$ , то

$$\Delta u_{A,B,C\Sigma}(t) = r i_{A,B,C\Sigma}(t) + L i'_{A,B,C\Sigma}(t). \quad (1)$$

Аналогічно у нульовому проводі з  $r_N$  і  $L_N$

$$\Delta u_{N\Sigma}(t) = r_N i_{N\Sigma}(t) + L_N i'_{N\Sigma}(t). \quad (2)$$

Для практики окрім кривих струму доцільно задавати й криві їх похідних, що дозволяє уникнути диференціювання в (1) і (2) – достатньо підсумувати криві похідних.

Спочатку розглянемо випадок, коли до фази  $A$  підключено один електроприймач з ідеалізованою кривою струму. Відлік часу будемо провадити від початку синусоїди напруги фази  $A$ , позначивши через  $t_n$  середину позитивного імпульсу. Тоді від'ємний імпульс матиме абсцису  $t_n + t_f/2$ .

Крива струму фази  $A$  має стрибки величиною  $B$  у точках  $t_1 = t_n - \kappa/2$  і  $t_3 = t_f/2 + t_n - \kappa/2$ , а також  $-B$  – при  $t_2 = t_n + \kappa/2$  і  $t_4 = t_f/2 + t_n + \kappa/2$ . Похідна від стрибка у точці  $t_0$  визначається через дельта-функцію  $\delta(t - t_0)$ , що дозволяє записати

$$i'_A(t) = i'_N(t) = B[\delta(t-t_1) - \delta(t-t_2) + \delta(t-t_3) - \delta(t-t_4)].$$

Оскільки втрати напруги створюються у фазному і нульовому проводах, напруга фази  $A$  на шинах загального приєднання електроприймачів становить:

$$u_{шA}(t) = u_A(t) - (r + r_N)i_A(t) - (L + L_N)i'_A(t). \quad (4)$$

В інших фазах втрата напруги створюється лише в нульовому проводі, тому

$$u_{шB,C}(t) = u_{B,C}(t) - r_N i_N(t) - L_N i'_N(t).$$

Перейдемо до випадку, коли до фаз  $A$  і  $B$  підключено по одному електроприймачу. У цих фазах криві струмів і їх похідних будуть такими ж саме, як і у фазі  $A$ , але зсунутими на  $\mp t_f/3$ . У фазі  $C$  фазної втрати напруги немає. При  $\kappa \leq t_f/6$  імпульси струмів фаз не перекриваються, тому у нульовому проводі буде 4 імпульси, похідна від яких дасть 8 дельта-функцій.

Аналогічно визначаються напруги при будь-якій кількості електроприймачів.

Отримані криві напруг на шинах дозволяють визначити показники ЕМС. Однохвилинні напруги з [3] дорівнюють діючому значенню  $U_{ш}$  процесів  $u_{ш}(t)$ . Несиметрія напруг розраховується за діючими значеннями й фазами перших гармонік струмів фази.

Несинусоїдальність оцінюється по процесах  $u_{ш}(t)$ , які є вхідними для зважувальних фільтрів динамічних моделей ЕМС електроприймачів [4]. Ці фільтри мають складну структуру, тому для спрощення розрахунків згідно [5] їх представляють у вигляді паралельно з'єднаних інерційних ланок. Реакція фільтра дорівнює сумі реакцій кожної ланки.

Таким чином, визначення показників режиму за кривими струму дає повну інформацію щодо електричного навантаження групи електроприймачів і дозволяє об'єктивно оцінювати ЕМС.

#### Перелік посилань

1. Жежеленко И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий. – М.: Энергоатомиздат, 2000. – 331 с.
2. Ленко В.Г. Электрические нагрузки группы однофазных электроприемников с нелинейными вольтамперными характеристиками // Наукові праці Донецького національного техн. університету. Серія: «Електротехніка і енергетика», випуск 7 (128): Донецьк: ДонНТУ, 2007. – С. 197-202.
3. ГОСТ 13109-97. Межгосударственный стандарт. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Введ. в Украине с 01.01.2000.
4. Куренный Э.Г., Лютый А.П. Оценка несинусоидальности напряжения при анализе качества электроэнергии. – Электричество, 2005, № 8.
5. Kourennyi E.G., Petrosov V.A., Chernikova L.V. Linear filtration on random processes in EMC models: the “partial reaction” method. – Fifteenth International Wrocław symposium and exhibition: Electromagnetic compatibility 2000. – Wrocław: National Institute of Telecommunications, 2000, part II.