

**MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
SUMY STATE UNIVERSITY
UKRAINIAN FEDERATION OF INFORMATICS**

PROCEEDINGS

**OF THE IV INTERNATIONAL SCIENTIFIC
CONFERENCE**

**ADVANCED INFORMATION
SYSTEMS AND TECHNOLOGIES**

AIST-2016



**May 25 –27, 2016
Sumy, Ukraine**

About real-mathematical model of electrical systems specific industrial energy consumers

Maksim Levakin¹, Alexander Doroshenko²

¹Odessa national Polytechnic University. Ukraine, madmaxlad@mail.ru

²Odessa national Polytechnic University. Ukraine, dai1938@yandex.ua

Abstract. Based on the physics of electricity transmission, proposed real-mathematical model of the power supply systems of a specific industrial power consumer, which allows determining the level of efficiency and electromagnetic compatibility of the elements of the systems.

Keywords. Modeling of electric power systems; mathematical model; conditional mathematical model; real-matemtica model

ВСТУП

Як відомо, задача визначення науково-методичного підходу до моделювання в електроенергетиці та в її підсистемах була завжди і є нині актуальною задачею. Тому, мета даної роботи – дослідження ступеня відповідності сучасної математичної моделі електромагнітного поля систем електропостачання (СЕП) промислових споживачів електроенергії, фізиці його функціонування, як її робочого інструмента.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Спираючись на [1], в роботі [2] було підтверджено, що фізично, електроенергія є енергією електромагнітного поля згаданих систем, яке створюється одночасною дією напруги і струму провідності струмоведучих частин кожного елемента таких систем на діелектричне середовище цих елементів. Оскільки, при цьому, вони діють у двох взаємно перпендикулярних напрямках (уздовж і поперек до напрямку електропередачі) то енергію поляризації електрично пружного діелектричного середовища таких систем можна, умовно, розкласти на активну (уздовж напрямку електропередачі) та реактивну (поперек напрямку електропередачі) електроенергію.

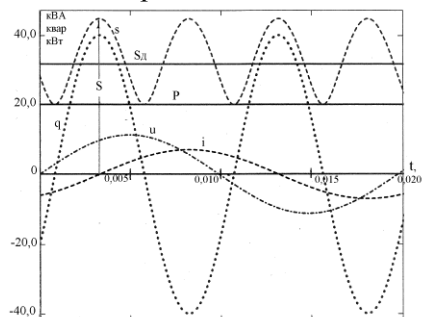
Як відомо з [1], математичною моделлю електромагнітного поля будь-якої електроенергетичної системи (ЕЕС) вважається теорема Пойнтинга, яку для миттєвих значень синусоїдальної напруги і синусоїдального струму провідності її

струмоведучих частин, що відстає від напруги на фазовий кут φ , можна представити у вигляді, кВА

$$\begin{aligned} s &= u \cdot i = U_m \sin \omega t \cdot I_m \sin \omega t - \varphi = \\ &= \sqrt{2} \cdot U \sin \omega t \cdot \sqrt{2} \cdot I \sin \omega t - \varphi = \\ &= 2 \cdot U \cdot I \cdot \sin \omega t \cdot \sin \omega t - \varphi = \\ &= U \cdot I \cdot \cos \varphi - \cos 2\omega t - \varphi = \\ &= U \cdot I \cdot \cos \varphi - U \cdot I \cdot \cos 2\omega t - \varphi, \quad (1) \end{aligned}$$

де u - миттєве значення синусоїдальної напруги, кВ; i - миттєве значення синусоїдального струму провідності, А; U_m - амплітудне значення синусоїдальної напруг, кВ; I_m - амплітудне значення синусоїдального струму провідності, А; U - діюче значення синусоїдальної напруги, кВ; I - діюче значення синусоїдального струму провідності, А, φ - кут зсуву фаз миттєвих значень синусоїдальних напруги і струму провідності струмоведучих частин ЕЕС, град.

Графік залежності $s = f t$, побудований в математичному середовищі MATHCAD за допомогою рівняння (1), як математична модель електромагнітного поля ЕЕС, представлено на рис.1.



$$s = f t$$

Рисунок 1 – Математична залежність

Таке умовно-математичне моделювання допускає наявність двох окремих видів електроенергії (активної – P та реактивної – Q), які генеруються генераторами електростанцій ЕЕС і за допомогою

електричних мереж електропередавальних організацій (ЕО) передаються до СЕП споживачів. Їх «виток» в СЕП конкретного споживача визначають за допомогою спеціальних комерційних лічильників електроенергії і оплачують за окремими тарифами на активну і реактивну електроенергію.

При цьому, повну діючу потужність визначають за формулою, кВА

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}, \quad (2)$$

де P - активна потужність електропередачі, кВт

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi; \quad (3)$$

Q - реактивна потужність електропередачі, квар

$$Q = U \cdot I \cdot \cos 90^\circ \mp \varphi = U \cdot I \cdot \sin \varphi. \quad (4)$$

На практиці припускають, що активна потужність СЕП є поздовжньою складовою у напрямку електропередачі повної потужності електромагнітного поля ЕЕС, а її реактивна потужність – поперечною складовою такого поля.

Оскільки поперечна складова електропередачі, фізично, не може передаватись ні споживачеві, ні від нього, то таку модель можна вважати умовно-математичною моделлю СЕП конкретного споживача електроенергії.

Цілком очевидно, що товарною продукцією ЕЕС є робота, яку виконують генератори її електростанцій для створення різниці потенціалів на своїх затискачах (напруги).

Тобто, напругу можна вважати потенційною формою електроенергії, яку електропередавальні організації (ЕО), за допомогою власних електричних мереж поставляють споживачам.

Математична модель електромагнітного поля СЕП (рис. 1) свідчить про те, що добуток $U \cdot I \cdot \sin \varphi$ його другої складової є амплітудним значенням Q , що підтверджено фізикою. Тому повна потужність такого поля S є хвилюю енергії поляризації електрично пружного діелектричного середовища, яка біжить від джерела напруги СЕП до її електроприймачів. Очевидно, що діюче значення повної його потужності можна визначити за формулою, кВА

$$S_{\text{д}} = \sqrt{P_{\text{р}}^2 + (Q_{\text{р}} / \sqrt{2})^2} = \sqrt{P_{\text{р}}^2 + Q_{\text{р}}^2 / 2}, \quad (5)$$

де $P_{\text{р}}$ - розрахункове активне навантаження СЕП конкретного споживача у розрахунковому періоді, кВт; $Q_{\text{р}}$ - розрахункове реактивне навантаження СЕП конкретного споживача у розрахунковому періоді, квар.

Приймаючи до уваги тотожності

$$\left. \begin{aligned} U_1 &\equiv S_{\text{д}} \\ U_2 &\equiv P_{\text{р}} \\ E &\equiv Q_{\text{д}} \end{aligned} \right\}, \quad (6)$$

реально-математичну модель СЕП конкретного споживача можна представити у вигляді рис.2.

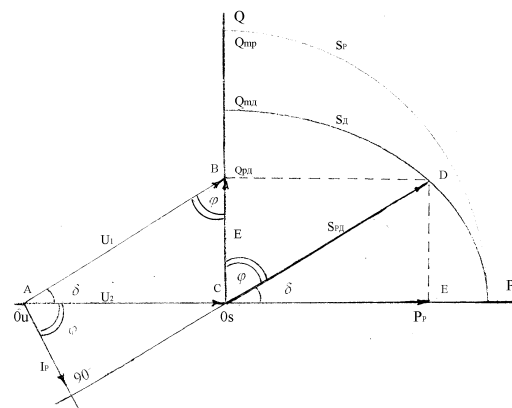


Рисунок 2 – Реально-математична модель промислового електроспоживання

ВИСНОВКИ

Сучасне моделювання електромагнітного поля ЕЕС не враховує реальну фізику процесу створення поперечної складової такого поля, у наслідок чого при визначенні діючого значення реактивної потужності СЕП споживачів враховується її амплітудне значення замість діючого.

REFERENCES

- [1] Bessonov L. A. Theoretical foundations of electrical engineering [Text] / L. A. Bessonov Ed. 6. a Textbook for students. energetic. and electrotechnics. universities. – M.: Higher. school, 1973. – 752 p.
- [2] Doroshenko A. I. About mathematics and physics power [Text] / O. I. Doroshenko // proceedings of X-th international scientific and practical Internet conference "news of scientific thought" from 22 to 30 October 2014, Prague. – P. 15-22.