

ПРО ФІЗИКУ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАВАННЯ ПРОМИСЛОВИМ І ДОРІВНЕНИМ ДО НИХ СПОЖИВАЧАМ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

О. І. Дорошенко¹, С. О. Борисенко², П. П. Ненов²

¹Одеський національний політехнічний університет

²ТОВ «ПІВДЕНЬЕНЕРГОМЕРЕЖПРОЕКТ»

Анотація. Пропонується оригінальний підхід до моделювання електропередавання, який спирається на сучасну квантову фізику і надає розуміння фізики процесів, які мають місце при електропередаванні промисловим і, дорівненим до них споживачам електроенергії, електроприймачі яких при номінальній напрузі 0,4 кВ перетворюють електричну енергію синхронних генераторів електростанцій електроенергетичних систем в електромагнітну енергію такого виду, яка у спроможності виконувати певний вид корисної роботи: крутить, світить, нагріває.

Ключові слова: математичне моделювання в електроенергетиці, математична модель системи електропостачання, електромагнітне поле, формально-математична модель, умовно-математична модель, реально-математична модель, квантування діелектричного середовища.

Вступ

Свою триєдину задачу – безпечне, економічне і безперебійне постачання споживачам електроенергії на рівні показників її якості, встановлених на державному рівні в [1], електроенергетика здійснює за допомогою своїх технологічних підрозділів – електроенергетичних систем (ЕЕС) та їх підсистем – систем електропостачання (СЕП) конкретним споживачам електроенергії.

За твердженням [2], СЕП конкретному споживачеві електроенергії є сукупністю джерела живлення в ЕЕС і електричної мережі, яка приєднує до його приймального пункту (ПП) електроенергії згаданої СЕП. Принципову схему електропередавання конкретному типовому споживачеві електроенергії представлено на рис. 1.

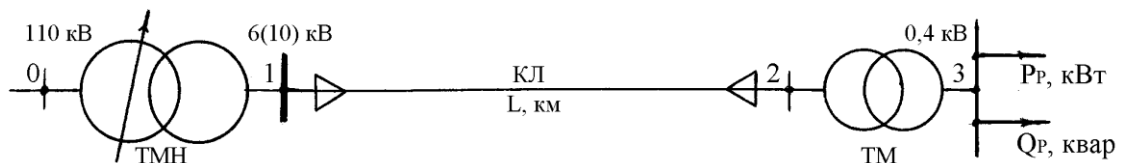


Рис. 1. Принципова схема постачання споживачу електроенергії

Як можна бачити, точка 1 є джерелом живлення споживача, яка розташується в ЕЕС і є шиною генераторної напруги її електростанції, або шиною вторинної напруги трансформаторної підстанції, де здійснюється регулювання напруги без переривання електропостачання.

Зважаючи на те, що робота синхронних генераторів електростанцій ЕЕС полягає у тому, що вони створюють на своїх затискачах різницю потенціалів (напругу), то її можна вважати товарною продукцією ЕЕС, яку енергопостачальні

організації (ЕО) за допомогою власних мереж і мереж споживача постачають до ПП в СЕП конкретних споживачів електроенергії.

Не випадково в [3] стверджується: «...Електромагнітна енергія от места ее генерирования передается к месту потребления по диэлектрику (провода же в линиях передачи выполняют двойную роль: они являются каналами, по которым ток, и организаторами структуры поля в диэлектрике...)».

Тобто, робочим інструментом будь-якого елемента ЕЕС і СЕП є його електромагнітне поле, а їх сукупність створює електромагнітне поле згаданих систем. При цьому, якщо електромагні-

© Дорошенко А. И.,

Борисенко С. О., Ненов П. П.. 2018

тні поля окремих елементів системи не перешкоджають нормальній роботі одне одному, то говорять, що в такій системі має місце електромагнітна сумісність.

Об'єкт дослідження – система зовнішнього електропостачання конкретному споживачеві електроенергії (передавання йому напруги) за відомою типовою принциповою схемою електропередавання рис.1.

Мета дослідження. Спираючись на реально-математичну модель СЕП промислових (що виробляють конкретну промислову продукцію) і дорівнених до них (що виробляють певний вид послуг) споживачів електроенергії, розроблену в [4], необхідно визначити головний критерій електромагнітної сумісності в згаданих системах і запропонувати методику визначення його конкретного числового значення.

Результати дослідження.

Як переконливо доведено в [5], всі матеріальні об'єкти Природи і Космосу, як реально існуючі, взаємодіють між собою за принципом рис.2.

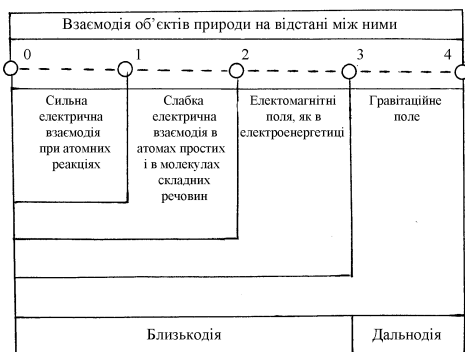


Рис.2. Взаємодія матеріальних об'єктів

При цьому, можна бачити, що всі види взаємодії відбуваються в межах гравітаційного поля Землі, яке проявляє себе в електроенергетиці як її магнітне поле, що діє на електричні заряди струмоведучих частини ЕЕС, СЕП та їх діелектричного середовища. Тобто, електромагнітне поле згаданих систем, фізично, має дві складові – електричну (створену роботою генераторів електростанцій систем) і магнітну (створену гравітаційним полем Землі).

Таким чином, електромагнітне поле не є «...особливим видом матерії...», як стверджує нормативний документ [6], що діє в Україні з 1995 року, а є лише таким станом реально існую-

ючої матерії, за якого в ній починають діяти електричні і магнітні сили.

Математично, таке підтверджує рівняння

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

де U_m – амплітудне значення синусоїдально змінної напруги, 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.

Таким чином, з'являється математична можливість для визначення величини повної потужності системи через значення напруги її струмоведучих частин і струму навантаження за формулою, кВА

$$s = s1 + s2, \quad (2)$$

де $s1$ - перша складова рівняння (1), кВА

$$s1 = U \cdot I \cdot \cos \varphi; \quad (3)$$

$s2$ - друга складова рівняння (1), кВА

$$s2 = U \cdot I \cdot \cos(2 \cdot \omega t - \varphi). \quad (4)$$

Першу складову рівняння (1) вважають позовжною складовою (за напрямком електропередавання) енергії електромагнітного поля трифазної мережі ЕЕС, позначають літерою P і називають активною потужністю, кВт

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi. \quad (5)$$

Другу складову згаданого рівняння вважають поперечною складовою (за напрямком електропередавання) енергії згаданого поля ЕЕС, позначають літерою Q і називають реактивною потужністю системи, квар

$$Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos(2 \cdot \omega t - \varphi). \quad (6)$$

За твердженням [7], обидві ці складові, фізично, можуть створюватись лише в електрично пружному діелектричному середовищі ЕЕС од-

ночасною дією на нього напруги і струму провідності її струмоведучих частин. При цьому, в [8] переконливо доведено, що струмоведучі частини це прості речовини (метали), атоми яких є вузлами кристалічної решітки таких електротехнічних матеріалів. Кожен позитивний елементарний заряд (позитрон) кожного атому електрично пов'язаний тільки з одним негативно зарядженим елементарним зарядом (електроном), який обертається навколо першого під дією магнітного поля Землі. Тому такий зв'язок не є стійким. Під дією напруги струмоведучих частин системи електрон кожного атому провідника, обертаючись навколо позитивно зарядженого ядра стає вільним і переміщується до рядом розташованого вузла (атому), кристалічної решітки провідника) у бік споживача електроенергії, створюючи струм провідності струмоведучих частин системи, рис.3.

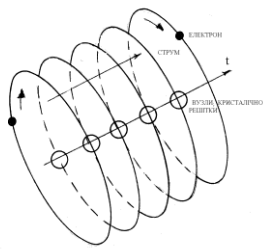


Рис.3. Струм провідності провідника

Діелектричне середовище ЕЕС це складні речовини, які мають молекулярну будову (складаються з поляризованих атомів простих речовин). Як стверджується в [8], електричний зв'язок між елементарними зарядами атомів молекули визначається умовою: кожен позитрон кожного атому молекули взаємодіє з кожним електроном кожного атому цієї молекули.

Тому в діелектричному середовищі струмоведучих частин ЕЕС переважають струми зміщення, які надають йому властивості електричної пружини. Стиснення такої пружини відповідає процесу генерування електричної енергії, яку позначають математичним знаком мінус, а її розтягнення – споживанню електроенергії, яке позначають знаком плюс.

Фізично, в [8], таку можливість провідників і діелектриків пояснюють наявністю у атомів останніх заборонених енергетичних рівнів електронів (заборонених зон) – таких їх орбіт, на яких вони можуть з'являтися під дією зовнішніх чин-

ників тільки тимчасово, рис.6,б. У провідників такі зони відсутні, рис.6,а. При цьому на рис.4 прийнято наступні позначення: 1 – заповнена зона електронів; 2 – заборонена зона для електронів; 3 – зона вільних електронів

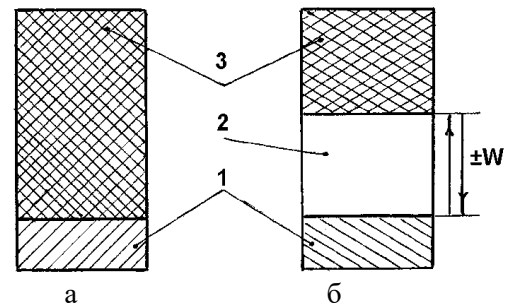


Рис.4. Енергетичні рівні електронів діелектрика: а – провідника; б – діелектрика

При зменшенні інтенсивності зовнішніх чинників електрони повертаються на свої звичні кругові орбіти, а при збільшенні інтенсивності дії згаданих факторів – електрони можуть стати вільними і створити струм провідності у діелектрику, у наслідок чого діелектрик може виходити з ладу (пробивається).

Енергія $\pm W$ це енергія зовнішніх чинників, яку необхідно витратити щоб електрон став вільним (перейшов у зону 3 (знак плюс) або, яка вивільнюється при переході електрона з зони 2 до зони 1 (знак мінус). Очевидно, що це енергія поляризації елементарних частинок матерії, які створюють фізичний об'єм атомів і молекул речовини діелектричного середовища кола струму провідності.

При цьому, така поляризація має місце в межах забороненої зони кожного атому, що входить до складу молекули діелектричного середовища, яке оточує усі струмоведучі частини ЕЕС. У результаті такої дії внутрішня енергія елементарних частинок матеріального середовища атомів молекули діелектрика виходить за їх межі і створює електромагнітне поле. Тобто, діелектричне середовище, на відміну від провідного, є електрично пружним і може працювати як реальна пружина, що може рухати матеріальне середовище і створювати у ньому енергію, яка може виконувати корисну роботу.

Як відомо, дослідження фізичних процесів, що відбуваються в електромагнітних полях ЕЕС не є можливим без застосування математичного моделювання [11]. Для цього, як стверджується в

[4], найбільш придатним є реально-математичне моделювання, яке спирається на сучасну квантову фізику.

Квантуванням в [9] називається математичне поєднання стану матеріального середовища з часом такого його стану.

Фізика квантування полягає у спотворенні кругового електромагнітного поля кожної молекули діелектричного середовища електропередавання одночасною дією на нього напруги і струму провідності струмоведучих частин системи під впливом магнітного поля Землі. Спираючись на [10], таке спотворене електромагнітне поле молекули діелектрика називається квантоном.

При цьому, об'єм поляризованого матеріального середовища молекули можна умовно розділити на чотири об'ємні квадранти за допомогою двох взаємно перпендикулярних вісей P та Q . Перша співпадає з напрямком електропередавання споживачам електроенергії (напруги), а друга є перпендикулярною до першої.

Спираючись на принцип суперпозиції, можна стверджувати, що рівняння (1) є математичною формулою квантування діелектричного середовища ЕЕС, у результаті чого у ньому створюється електромагнітне поле, яке, за формулою (2), має дві складові – електричну (P) та магнітну (Q). Таким чином, електромагнітне поле СЕП може бути представленим у вигляді двох квантонів, що діють одночасно: квантон електричного поля і квантон магнітного поля СЕП.

Квантон електричного поля, який реалізує роботу s_1 , обумовлену рівнянням (3), представлено на рис.5.

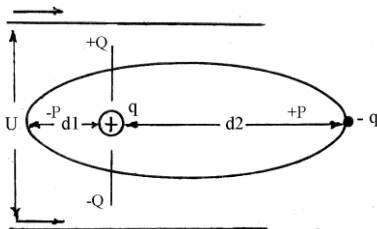


Рис.5. Квантон електричного поля U .

На ділянці такого квантона d_1 відбувається стиснення діелектричного середовища (енергія позначається знаком мінус), а на ділянці d_2 – його розтягнення (енергія позначається знаком плюс).. Тому, за законом Кулона, (за умови

$d_2 > d_1$) роботу такого квантона можна визначити за відомою формулою, кВт

$$\vec{A}_P = \frac{q^2}{d_1^2} - \frac{q^2}{d_2^2} = -q^2 \cdot \left(\frac{1}{d_1^2} - \frac{1}{d_2^2} \right). \quad (7)$$

На відміну від квантона електричного поля, квантон Q , який реалізує роботу s_2 електромагнітного поля ЕЕС, обертається з подвійною частотою навколо струмоведучих частин кожного її елемента (тобто, у поперечному напрямку електропередавання). При цьому, за струму, що відстає за фазою зміни синусоїдального струму провідності від фази зміни синусоїдальної напруги, проти часової стрілки (рис.6,а), а за струму, що випереджає напругу – за часовою стрілкою (рис.6,б)..

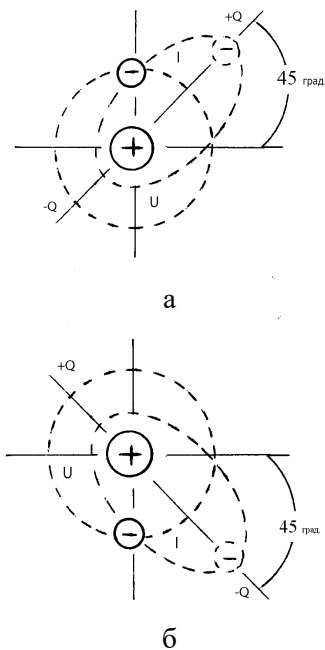


Рис.6. Квантон магнітного поля I

Якщо фаза зміни струму провідності струмоведучих частин ЕЕС співпадає з фазою зміни їх синусоїдальної напруги, то квантон Q , габарити якого визначаються добутком діючих значень згаданих напруги і струму, не виходить за межі квантона P і тому реактивна складова у такому полі не створюється $O_p = 0$.

За даними [7], тут працюють сили Кориоліса

$$\vec{A}_Q = \vec{F}_K \cdot \vec{D} \cdot \cos \alpha, \quad (8)$$

де \vec{F} - сила Кориоліса, яка утримує електрон на орбіті його руху навколо позитивного яд-

ра атому в молекулах діелектрика, од.; \vec{D} - напрямок руху електрона, якщо $\vec{F} = 0$, од.; α - кут між напрямком \vec{F} і \vec{D} , град.

Зважаючи на таку фізику, при моделюванні режимів ЕЕС в [4] запропоновано використання векторних математичних моделей виду рис.7.

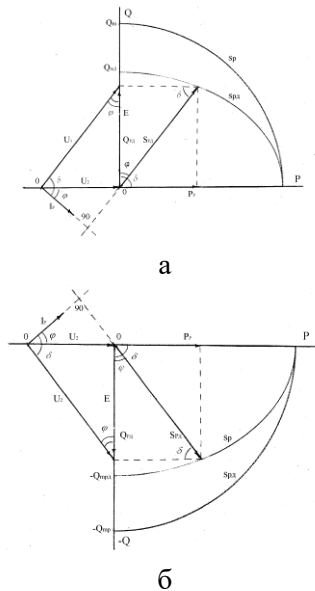


Рис.7. Векторна математична модель ЕЕС

Модель рис.7,а відповідає звичному режиму роботи СЕП, коли струм її навантаження відстає за фазою від напруги її струмоведучих частин на фазовий кут φ , а рис.7,б – якщо струм навантаження випереджає згадану напругу.

Така математична модель добре узгоджується з відомою заступною схемою електропередавання, представленою на рис.8, яка спирається на параметри електричної мережі..

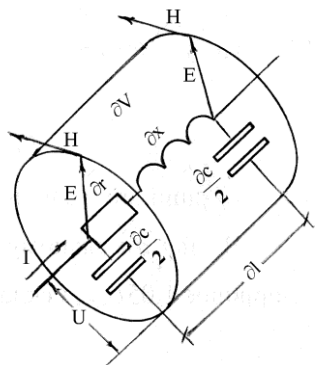


Рис.8. Заступна схема електропередавання

Зважаючи на те, що електропередавання споживачам здійснюється у потенційній формі – у вигляді напруги певного номінального рівня,

то принципова схема такого електропередавання в СЕП за принциповою схемою рис.1, набуває виду рис. 9.

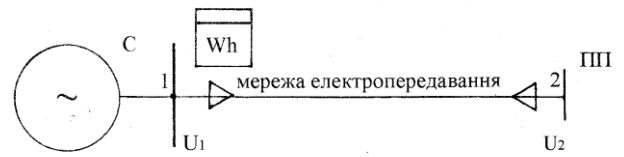


Рис.9. Принципова схема електропередавання

Така схема добре узгоджується з трикутником напруг математичної моделі рис.10,а, який представлено на рис.10.

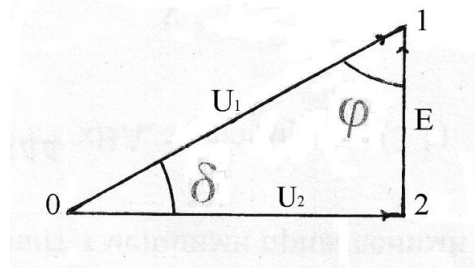


Рис.10. Трикутник напруг СЕП

Як відомо, при передаванні напруги в реальних електричних мережах мають місце її втрати ΔU , кВ. Для схеми рис.1 такі втрати можна визначити за відомою формулою кВ

$$\Delta U = \frac{P_p \cdot R_E + Q_p / \sqrt{2} \cdot X_E}{U_{НОМ}} \cdot 10^{-3} = \Delta U_p + \Delta U_Q, \quad (9)$$

де P_p - розрахункова потужність активного навантаження СЕП, кВт; Q_p - розрахункова потужність реактивного навантаження СЕП, квар; R_E - еквівалентний активний опір електропередавання, приведений до його номінальної напруги $U_{НОМ}$, Ом; X_E - еквівалентний реактивний опір електропередавання, приведений до його номінальної напруги $U_{НОМ}$, Ом; ΔU_p - втрати напруги електропередавання, обумовлені тільки активним навантаженням СЕП, кВ; ΔU_Q - втрати напруги електропередавання, обумовлені тільки діючим значенням реактивного навантаження СЕП, кВ.

Розглядаючи трикутник напруг СЕП і приймаючи за умовну одиницю величину ΔU_p , можна написати, в.о.

$$U_2 = \Delta U_P + \Delta U_Q = \frac{\Delta U_P}{\Delta U_P} + \frac{\Delta U}{\Delta U_P} =$$

$$= 1 + \frac{Q_D \cdot X_E \cdot 10^{-3}}{P_P \cdot R_E \cdot 10^{-3}} = 1 + a \cdot \operatorname{tg} \varphi_D, \quad (10)$$

де a - характеристичний коефіцієнт електричної мережі електропередавання, який визначається за відомою формулою, в.о.

$$a = \frac{X_E}{R_E} = \frac{x_0 \cdot L}{r_0 \cdot L}, \quad (11)$$

для однорідних мереж

$$a = \frac{x_0}{r_0}; \quad (12)$$

x_0 - погінний питомий реактивний опір мережі електропередавання, Ом/км; r_0 - погінний питомий активний опір мережі електропередавання, Ом/км; L - довжина лінії електропередавання, км; Q_D - діюче значення реактивного наванта-

ження СЕП, яке можна визначити за формулою, квар

$$Q_D = \frac{Q_P}{\sqrt{2}}. \quad (13)$$

Оскільки робота синхронних генераторів електростанцій ЕЕС полягає у створенні на своїх затискачах різниці потенціалів – напруги, то її можна вважати потенційною формою електроенергії, як товарної продукції електроенергетики.

У відповідності до нормативного документа [1], головними показниками якості такої товарної продукції є відхилення частоти і величини напруги струмоведучих частин ЕЕС, у першу чергу, її точки що слугує джерелом живлення СЕП конкретного споживача електроенергії. Для такої точки живлення СЕП (точка 1 на рис.9) споживачів електроенергії такі показники електроенергії технологічно пов'язані (рис.11), у залежності від режиму роботи ЕЕС, [11].

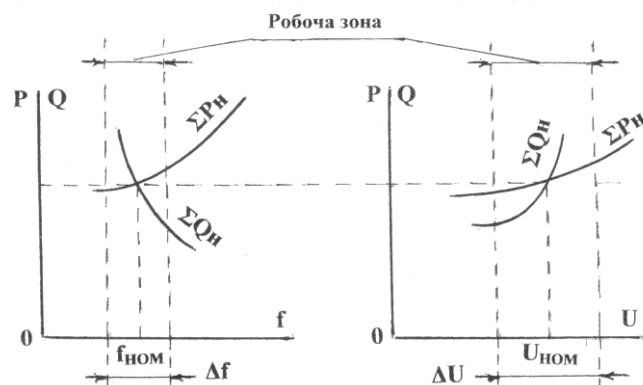


Рис.11. Енергетичний баланс ЕЕС:

Підтримання балансу активного навантаження ЕЕС – безпосередня прерогатива цієї системи. Як відомо, для цього вона має не тільки недонавантажені генераторів працюючих електростанцій але й резервні генератори та електростанції (наприклад, гідроакumuлюючі).

Крім того, ЕЕС зобов'язана в токах живлення споживачів, зустрічно до потужності активного навантаження, регулювати напругу:

В режимі максимального навантаження

$$U_1 = 1,05 \cdot U_{НОМ}, \text{ кВ.} \quad (14)$$

В режимі мінімального навантаження ЕЕС

$$U_1 = U_{НОМ}, \text{ кВ.} \quad (15)$$

Величина напруги приймального пункту електроенергії СЕП буд-якого споживача електроенергії (Точка 2 на рис.9) визначається не тільки напругою точки 1, але й співвідношенням реактивного і активного навантаження СЕП – діючим значенням коефіцієнта реактивного навантаження системи, в.о.

$$\operatorname{tg} \varphi_D = \frac{Q_D}{P_P}. \quad (16)$$

Спираючись на рис.10, рівняння (10) можна представити у вигляді

$$U_2 = 1,05 \cdot \cos \varphi_D - a \cdot \operatorname{tg} \varphi_D, \quad (17)$$

де $\cos \varphi_D$ - значення коефіцієнта активного навантаження СЕП, що відповідає діючому значенню коефіцієнта реактивного навантаження такої системи в режимі її максимального навантаження, в.о.

$$\cos \varphi_D = \cos(\operatorname{arctg} \varphi_D). \quad (17)$$

Спираючись на таку методику, для схеми електропередавання рис.1 з трансформатором $TM - 400/6$, який живиться напругою 6 кВ за допомогою кабелю $ААБ - 6 - 3 \times 50$ з параметрами: $L = 2$ км; $x_0 = 0,83$ Ом/км; $r_0 = 0,620$ Ом/км; $a = 0,1339$ в.о. і має розрахункові навантаження, приведені до джерела живлення в ЕЕС,; $P_p = 174,548$ кВт та $Q_p = 92,938$ квар, за якого $\operatorname{tg} \varphi_D = 0,3765$ в.о. і $\cos \varphi = 0,9359$ в.о., напруга на ввіді трансформатора становить:

В режимі максимального навантаження ЕЕС $U_{21} = 1,05 \cdot 0,9359 - 0,1339 \cdot 0,3765 = 0,932$ в.о.

В пкжимі мінімального навантаження ЕЕС $U_{22} = 1,0 \cdot 0,9477 - 0,1339 \cdot 0,3667 = 0,885$ в.о.

Можна басити, що без застосування компенсації реактивного навантаження СЕП, принцип електромагнітної сумісності її елементів не дотримується – у будь-якому режимі роботи ЕЕС напруга приймального пункту СЕП споживача не досягає значення, визначене стандартом $U_2 < 0,95 \cdot U_{НОМ}$.

Висновки

1. Робочим елементом будь-якого елемента будь-якої електроенергетичної системи є їх електромагнітне поле, яке створюється одночасною дією напруги і струму провідності їх струмоведучих частин в електрично пружному діелектричному середовищі таких частин в умовах наявності магнітного поля Землі, як невід'ємної частини її поля гравітації.

2. Напругу електропередавання, як реальну роботу генераторів електростанцій електроенергетичних систем, можна вважати товарною продукцією електроенергетики.

3. Напруга системи електропостачання будь-якого споживача електроенергії є потенційною формою електроенергії такої системи, створює струм провідності струмоведучих частин такої системи і, таким чином, набуває діючої форми в електромагнітному полі її елементів..

4. Енергія електромагнітного поля системи електропостачання є сумою енергії таких полів її окремих елементів – електроприймачів, яка надає їм можливість виконання певного виду корисної роботи – крутить, світить або нагріває.

5. Електромагнітне поле системи електропостачання будь-якого споживача електроенергії є її робочим інструментом, який може реально існувати тільки в її електрично пружному діелектричному середовищі і бути математично представленим у вигляді квантона.

6. Квантування (поляризація) є математичним поєднанням фізичного стану діелектричного середовища системи електропостачання з часом такого його стану.

7. Квантон – спотворене впливом магнітного поля Землі на напругу і струм провідності струмоведучих частин будь-якого елемента системи електропостачання, у наслідок чого кругове поле оточуючого їх діелектричного середовища набуває форми овалу.

8. Математично, квантон можна розкласти на дві частини, розглядаючи їх окремо їх дію, у поздовжньому (квантон U) і поперечному (квантон I) напрямках, по відношенню до напрямку електропередавання.

9. Квантон U діє у поздовжньому напрямку електропередавання і забезпечує споживачеві його активне навантаження.

10. Квантон I – обертання поляризованого діелектричного середовища навколо поздовжнього напрямку електропередавання.

11. Якщо фази синусоїдальних напруги і струму провідності струмоведучих частин співпадають, то квантон I «працює» в середовищі квантона U і ніяк себе не проявляє.

12. Якщо фази синусоїдальних напруги і струму провідності струмоведучих частин не співпадають за часом, то енергія квантона I періодично виходить за межі квантона U і, повертаючись в його середовище, створює реактивне навантаження електропередавання, як його реакцію на власне електромагнітне поле.

13. Електроенергія (електромагнітна енергія) будь-якої системи електропостачання це хвиля енергії поляризації її електрично пружного діелектричного середовища, яка біжить від джерела електричної напруги (різниці електричних потенціалів) до її приймального пункту згаданої системи.

14. Електромагнітне поле системи електропостачання є сукупністю полів її окремих елементів, узгоджена дія яких вважається електромагнітною сумісністю такої системи.

15. Співвідношення між реактивним і активним навантаженням системи електропостачання будь-якого споживача електроенергії називається коефіцієнтом її реактивного навантаження, який можна розглядати у якості її основного критерія електромагнітної сумісності, який необхідно нормувати кожному конкретному її споживачеві.

Список використаної літератури

1. ГОСТ 13109–97. Межгосударственный стандарт. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения [Текст] / – Минск: Издательство стандартов, 1998. – 31 с

2. Правила устройства электроустановок [Текст] / –Х.: Изд-во “Форт”, 2009. –704 с.

3. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники. Изд. 6-е. Учебник для студ. энергетич. и электротехнич. вузов. [Текст] / Л. А. Бессонов // – М.: Высш. школа, 1973. – 752 с.

4. Дорошенко, О. І. Про моделювання в електропостачанні [Текст] / О. І. Дорошенко, С. О. Борисенко // Електроенергетичні та комп'ютерні системи. – Астропринт, 2017. – № 25(101). – С. 168 – 176.

5. Копылов, И. П. Великие законы природы [Текст] / И. П. Копылов // Электричество. – 2011. – № 4. – С 63–66.

6. ДСТУ 2843–94. Державний стандарт України. Електротехніка. Основні поняття. Терміни та визначення [Текст] / Київ: Держстандарт України, 1995. – 66с.

7. Ландау, Л. Д. Курс общей физики. Механика и молекулярная физика [Текст] / Л. Д. Ландау, А. И. Ахиезер, Е. М. Лифшиц // М.: Изд. «Наука», Главная редакция физико-математической литературы. – 1969. – 399 с.

8. Богородицкий, Н. П. Электротехнические

материалы: Учебник для вузов. – 7-е издание [Текст] / Н. П. Богородицкий, В. В. Пасынков, Б. М. Тареев. // - Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. Отд-ние, 1985. – 304 с.

9. Леонов, В. С. Теория упругой квантованной среды [Текст] / В. С. Леонов // Мн.: Биспринт, 1996. – 156 с.

10. Леонов, В. С. Теория упругой квантованной среды. Часть 2. Новые источники энергии. [Текст] / В. С. Леонов // Минск: «ПолиБиг», 1997.– 122 с.

11. Веников, В. А. Системный подход к проблемам электроэнергетических систем [Текст] / В. А. Веников // Электричество. – 1985. – № 6. – С. 1 – 4.

12. технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения [Текст] / – Минск: Издательство стандартов, 1998. – 31 с

References

1. GOST 13109-97. Interstate standard. Electric Energy. Compatibility of technical means is electromagnetic. Norms of quality of electric energy in general-purpose power supply systems [Elektricheskaya energiya. Sovmestimost' tekhnicheskikh sredstv elektromagnitnaya. Normy kachestva elektricheskoy energii v sistemakh elektrosnabzheniya obshchego naznacheniya], Minsk: Standards Publishing House, 1998. - 31 sec.

2. Rules for the installation of electrical installations [Pravila ustroystva elektroustanovok], H. : Publishing house "Fort", 2009. 704 p.

3. Bessonov, L. A. (1973) Theoretical Foundations of Electrical Engineering. Ed. 6th. Textbook for students. power. and electrotechnical. universities.[Teoreticheskiye osnovy elektrotekhniki] - M. : Higher Education. school, 752 p.

4. Doroshenko, O. I. (2017) About modeling in electrical supply Electrical power and computer systems. Odessa, Astroprint,. - No. 25 (101). - P. 168–176.

5. Kopylov, I. P. (2011) The Great Laws of Nature [Velikiye zakony prirody] Electricity. No. 4. - From 63–66.

6. DSTU 2843-94. State standard of Ukraine. Electrical engineering. Basic concepts. Terms and definitions [Derzhavnyy standart Ukrayiny. Elektrotekhnika. Osnovni ponyattya. Terminy ta

vyznachennya] / Kiev: Gosstandart of Ukraine, 1995. - 66с.

7. Landau, L. D., Akhiezer, A. I., Lifshitz, E. M. (1969) Course of General physics. Mechanics and molecular physics [Kurs obshchey fiziki. Mekhanika i molekulyarnaya fizika] M.: Izd. Nauka, Home edition physical and mathematical literature.– – 399 p.

8. Bogoroditsky, N. P., Pasinkov, V.V., Tareev, B. M. (1985) Electrotechnical materials: A textbook for high schools. - 7th edition [Elektrotekhnicheskoye materialy: Uchebnik dlya vuzov] - L.: Energoatomizdat, Leningr. - 304 с.

9. Leonov, V. S. (1996) Theory of an elastic quantized medium [Teoriya uprugoy kvantovannoy sredy] Mn . Bisprint,. - 156 p.

10. Leonov, V. S. (1997) Theory of an elastic quantized medium. Part 2. New energy sources. [Teoriya uprugoy kvantovannoy sredy. Chast' 2. Novyye istochniki energii.] Minsk: Polybig,- 122 p.

11. Venikov, V. A. (1985) System approach to the problems of electric power systems [Sistemnyy podkhod k problemam elektroenergeticheskikh sistem] Electricity. No. 6. P. 1–4.

12. Electrotechnical means. Standards of quality of electric energy in power supply systems of general purpose [Text] / - Minsk: Standard Publishing, 1998. - 31 s

ABOUT INDUSTRIAL ELECTRIC TRANSMISSION PHYSICS AND ELECTRIC POWER CONSUMERS DUE TO THEM

A. I. Doroshenko¹, S. A. Borisenko², P. P. Nenov²

¹Odessa National Polytechnic University

²ООО «Yuzhehnergoset'proekt»

Abstract. An original mathematical approach to simulation of the power transmission is proposed, which relies on modern quantum physics and gives the concept of the physics of processes that occurs when electric power is transmitted to industrial and, equated to them, to electric power consumers, whose electrical receivers converting the electrical energy of synchronous generators of power plants at a nominal voltage of 0.4 kV electric power systems into electromagnetic energy of this kind, which can perform a useful work of a particular kind: the circle um, svetyt, hreet. As is well known, at present, when modeling power supply systems for consumers (as legal entities) a mathematical design, that leans against the theorem of Пойтунга, that can be examined as a formally-mathematical model of such system, is used. Saving mathematics of the mentioned theorem, a modern mathematical model of the system of power supply is conditionally-mathematical, that considers the reactive constituent of electric power of the electroenergy system the separate type of energy, that is passed to the consumers and determines the volume of her consumption on the same values of loading and moea, what to the active-power, case-insensitive physics of their generating. Obviously, that such model is conditionally-mathematical, in that mathematics substitutes physics functioning of the system (original). Therefore the really-mathematical model of electricity transmission that allows adequately (on the virtual values of loading) to determine negative influence of the reactive loading of consumers on the economy of the use of енергоресурсов in an electroenergy is applied in a robot. Leaning against physical bases and on mathematics of quantum (mathematical association physical the state of електрическиупрузої of dielectric environment of the system in course of time such state), the really-mathematical model of the system of power supply, in that, is offered tensions distorted by a simultaneous action and current of conductivity of тоководущих parts of the system, the molecules of dielectric (квантоны) provide possibility of creation in the dielectrics of the system of the electromagnetic field that is her working instrument.

Keywords: mathematical design in an electroenergy, mathematical model of the system of power supply, electromagnetic field, formally-mathematical model, conditionally-mathematical model, really-mathematical model, quantum of dielectric environment.

О ФИЗИКЕ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ПРОМЫШЛЕННЫМ И ПРИРАВНЕННЫМ К НИМ ПОТРЕБИТЕЛЯМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

А. И. Дорошенко¹, С. А. Борисенко², П. П. Ненов²
¹Одесский Национальный политехнический университет
²ООО «ЮЖЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ»

Аннотация. Предлагается оригинальный подход к моделированию электропередачи, опирающийся на современную квантовую физику и придаёт понятие физики процессов, которые имеют место при электропередаче промышленным и, приравненным к ним, потребителям электроэнергии, электроприёмники которых при номинальном напряжении 0,4 кВ преобразуют электрическую энергию синхронных генераторов электростанций электроэнергетических систем в электромагнитную энергию такого вида, который может выполнять полезную работу конкретного вида: крутит, светит, греет.

Ключевые слова: математическое моделирование в электроэнергетике, математическая модель системы электроснабжения, электромагнитное поле, формально-математическая модель, условно-математическая модель, реально-математическая модель, квантование диэлектрической среды.

Отримано 24.09.2018 г.



Дорошенко Александр Иванович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры электроснабжения та енергетичного менеджменту Одеського національного політехнічного університету. Просп. Шевченко, 1, Одеса, Україна, E-mail: dai010438@gmail.com, tel. +38-067-762-95-89.

Doroshenko Alexander, candidate of technical Sciences, associate Professor, Professor of Department of electrical and energy management Odessa national Polytechnic University. Prosp. Shevchenko, 1, Odessa, Ukraine, E-mail: dai010438@gmail.com, тел. +38-067-762-95-89.

ORCID: 0000-0001-5540-7025



Борисенко Світлана Олександрівна, інженер-електрик, головний інженер проєктної групи ООО «Південьенергомережпроект», вул. Сонячна, 5, Одеса, Україна. E-mail: sab1975@list.ru, тел. +38-097-219-62-01.

Borisenko S. A. electrical engineer, head of project group, JSC "Power Supplying company Odessaoblenergo", vul. Nicholas Borowski, 28-B, Odessa, Ukraine E-mail: sab1975@list.ru, tel. +38-097-219-62-01.

ORCID: 0000-0002-3298-8047



Ненов Павло Петрович, інженер-електрик, виконуючий обов'язки директора ООО «Південьенергомережпроект», вул. Сонячна, 5, Одеса, Україна. E-mail: pavel.nenov@ukr.net. Тел.. +38-050-316-71-26.

Nenov Pavlo Petrovich, engineer-electrik, vikonyuchy obovyazyka director Open Company "Південьенергомережпроект", вул. Сонячна, 5, Одеса, Україна E-mail: pavel.nenov@ukr.net. tel. +38-050-316-71-26.

ORCID: 0000-0002-5710-1860