

ДИСКУСІЙНА РУБРИКА

УДК 621.391

Мирон Николишин

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра радіоелектронних пристроїв та систем

ПРО ВІДМІННІСТЬ ТА ВЗАЄМОЗУМОВЛЕНІСТЬ ІНФОРМАЦІЙНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ ФУНКЦІЙ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЇВ І СИСТЕМ

© Николишин Мирон, 2003

Проаналізовано відмінності між енергетичними та інформаційними складовими основних функцій радіоелектронних об'єктів. Показано їх взаємозумовленість та способи придушення неінформативних компонентів інформаційно-енергетичних функцій.

In this article differences between energy and informative components of main radio electronic objects main functions are investigated. Their mutual connections and methods of non-informative components of informative-energy functions' suppression are also presented.

1. Вступ

Вихідні сигнали, що відтворюють основні функції радіоелектронних пристроїв і систем (РПС), містять інформаційну та енергетичну складову. Функціональною є тільки інформаційна. Енергетична складова, яка відбирає у вихідних сигналів подекуди значну частину енергії, значно погіршує ефективність функціонування РПС. Тому проблема розділення цих складових виникла ще під час поділу електротехніки на електротехніку сильних і слабких струмів [1]. Надалі проблема вирішувалася на технічному рівні для конкретних РПС, не торкаючись фундаментальних основ.

2. Виклад основного матеріалу дослідження

Відтак, коли відбулися ускладнення сигналізаційних функцій, що були основою електротехніки слабких струмів, було введено інформаційний алфавіт і розпочато передавання інформації, спочатку за допомогою телеграфних, а потім мовних сигналів, з'ясувалося, що функції електротехніки сильних і слабких струмів є різними, хоч і тісно взаємозв'язаними. Подальший розвиток електротехніки слабких струмів призвів до появи нових напрямків, центральним поняттям яких стала інформація на відміну від енергії у електротехніці сильних струмів.

Визначальними в інформаційних напрямках, зокрема у радіотехніці і електроніці, виявилися функції добування, зберігання і передавання інформації, а енергетичних — функції перетворення, зберігання і транспортування енергії. Виявилися також суттєві відмінності між інформаційними функціями, тобто функціями добування, зберігання і передавання інформації, або різноманітності матерії та енергетичними функціями, тобто функціями перетворення і транспортування певної інтенсивності руху матерії. Розглянемо деякі із найбільш суттєвих відмінностей.

В енергетичних функціях, що реалізуються за допомогою енергетичних пристроїв та систем, важливим є енергетичний коефіцієнт корисної дії (ЕККД), який відтворює втрати енергії при її транспортуванні і перетворенні в іншу форму.

В інформаційних функціях, що реалізуються за допомогою інформаційних пристроїв та систем, зокрема радіоелектронних, енергетичні втрати не стали визначальними і ЕККД залишається другорядним показником. Домінуючими виявляються інформаційні втрати, тобто втрати у передаванні, зберіганні чи добуванні різноманітностей матерії.

Важливим показником функціонування енергетичних пристроїв є споживана потужність. За своєю сутністю вона відтворює швидкість перетворення або перенесення енергії. Наприклад, у таких енергетичних пристроях, як електродвигун або електрогенератор, споживана потужність показує, що певна інтенсивність руху з електричної (механічної) форми матерії перетворюється у механічну (електричну) форму зі швидкістю $P \frac{Дж}{с} = P \text{ Вт}$.

В інформаційних об'єктах, зокрема у радіоелектронних пристроях і системах, споживана потужність безпосередньо не визначає швидкості перетворення інформації, хоч та інформація, що міститься у параметрах енергоносія, також переходить у параметри новоствореного носія. Якщо перетворення однієї форми руху в іншу відбувається лінійно в широкому діапазоні змін параметрів переносіїв, як, наприклад, у пасивних антенах, які перетворюють електричну форму руху електромагнітну і навпаки, відповідність параметрів електричного і електромагнітного переносія зберігається і швидкість перенесення інформації з одного переносія та інший дорівнює швидкості перетворення енергії з однієї форми руху в іншу.

На відміну від швидкості перетворення енергії, що в основному визначається структурою енергетичного пристрою, швидкість передавання інформації в основному визначається переносієм, зокрема швидкостями зміни його спектральних складових, і меншою мірою – енергетичним перевищенням переносія над шумом середовища, в якому він розповсюджується:

$$C = F \cdot \log_2 \left(1 + \frac{E_c}{E_{\text{ш}}} \right) \left[\frac{\text{біт}}{с} \right], \quad (1)$$

де $F = F_{\text{max}} - F_{\text{min}}$ – швидкість зміни складових переносія інформації, що дорівнює спектру сигналу; $\frac{E_c}{E_{\text{ш}}}$ – енергетичне перевищення сигналу над шумом.

Суттєвою відмінністю є також те, що перенесення енергії з однієї форми руху матерії в іншу відбувається строго відповідно до закону збереження енергії, а перенесення інформації часто з порушенням збереження кількості інформації. До того ж, заміна переносія інформації не завжди призводить до знищення попереднього носія, як це відбувається в енергетичних перетвореннях, де попередня форма руху позірно знищується.

В енергетичних функціях теплове розсіювання енергії, зменшуючи ЕККД енергетичних пристроїв чи систем, не впливає на якісні показники перетвореної енергії в іншу форму енергії на відміну від інформаційних пристроїв і систем, де такі зміни впливають внаслідок зміни співвідношення енергії сигналу до енергії шуму.

На завершення розгляду відмінностей згадаємо ще про суперечливість вимог до електричної форми руху матерії при використанні її переносієм як інформації, так і енергії. У першому випадку для збільшення коефіцієнта інформаційного використання ентропія

параметрів переносія повинна бути максимально можливою [2]. У другому випадку для максимального значення коефіцієнта енергетичного використання ентропія параметрів переносія має бути мінімально можливою [3].

Відтак бачимо із далеко не повного переліку відмінностей, що інформаційні та енергетичні функції відрізняються, а подекуди є взаємно суперечливими, що наводить на думку про можливість їх розділення. Однак, звернувшись до фундаментальної сутності процесів [4], знаходимо, що вони викликані процесами відображення – взаємодії, які є різними сторонами двоєдиного процесу. Це означає, що будь-яка взаємодія супроводжується відображенням, а будь-яке відображення відбувається внаслідок взаємодії. Відтак процеси взаємозумовлені і самостійно не існують. До того ж інформація як нематеріальна сутність існує завдяки матеріальному, тобто енергетично визначеному переносію, який її зберігає та переносить у просторі та часі. Взаємозумовленість інформаційних та енергетичних процесів призводить до взаємозумовленості інформаційно-енергетичних функцій як інформаційних, так і енергетичних пристроїв та систем.

Абсолютно розділити їх неможливо, бо інформація без переносія, як і відображення без взаємодії, явища неіснуючі, однак зменшити нефункціональні складові, зокрема енергетичні для інформаційних функцій, можна. Розглянемо деякі із можливих способів для радіоелектронних об'єктів.

У першому способі інформація, що циркулює у структурі радіоелектронного пристрою чи системи, обробляється, зберігається та передається на низьких енергетичних рівнях. Енергію сигналів збільшують тільки тоді, коли виникає загроза недопустимих інформаційних втрат. Енергетичний виграв порівняно з іншими способами тут одержується за рахунок загального зменшення енергетики всіх етапів перетворення сигналів і є тим більший, чим менший рівень шуму, а також більша кількість перетворень і допустимий рівень втрат інформації. Найменша енергія сигналу у цьому способі визначається перевищенням над енергією шуму, яка залежить від температури середовища:

$$E_{c_{\min}} = qk_{\text{б}} \cdot K = 2,6 \cdot 10^{-20} q \text{ [Дж]}, \quad (2)$$

де q – необхідне енергетичне перевищення сигналу над шумом; $k_{\text{б}} = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/к}$ – стала Больцмана; K – температура середовища, в якому існує сигнал, виражена у кельвінах (тут взято 300 K).

Як бачимо із (2), потужності сигналів при таких незначних енергетичних рівнях є мізерними, що сприяє мікромініатюризації радіоелектронних пристроїв та систем.

Сутність другого способу полягає у вгамовуванні або придушенні неінформативних складових сигналу з подальшим запам'ятовуванням тільки тих їх параметрів, які згодом використовуються для відтворення перенесеної цим сигналом інформації. Класичним прикладом тут може бути процес передавання інформації за допомогою амплітудних змін гармонічного переносія. Неінформативна складова такого амплітудно модульованого коливання, так звана “несуча”, відбирає майже 2/3 всієї енергії сигналу. Придушивши цю складову, можна значно поліпшити інформаційно-енергетичну ефективність функціонування радіосистем передавання інформації.

У третьому способі зменшення нефункціональних складових радіоелектронних пристроїв та систем основним заходом є алфавітизація тих змін параметрів переносія, в яких фіксується інформація [5]. Отже, високоентропійний процес аналогових перетворень сигналів замінюється коректованим низькоентропійним процесом ототожнення сигналів з

деякими ідеальними стандартними формами. Внаслідок цього усувається властивий неалфавітизованим сигналам ефект накопичення спотворень і уніфікуються всі етапи перетворення сигналів. Уніфікуються також типові структурні елементи радіоелектронних систем, що покращує важливі техніко-економічні показники, а також знижує вартість виготовлення та експлуатації апаратури.

3. Висновки

Наведені вище відмінності між інформаційними та енергетичними процесами спричинено фундаментальною неадекватністю процесів відображення і взаємодії, які завжди взаємозумовлені у формі, що відповідає природі взаємодіючих об'єктів. Відтак інформаційні та енергетичні процеси, а тим самим інформаційні та енергетичні компоненти основних функцій РПС взаємозумовлені, хоч і відмінні за своєю сутністю. Абсолютно розділити їх неможливо. Однак можна для конкретних випадків перерозподілити енергетичну компоненту так, щоб вона відтворювала лише інформаційну складову. Тоді енергетична ціна одиниці інформації буде мінімальною.

1. Веселовский О.Н., Шнейберг Я.А. *Энергетическая техника и ее развитие: Учеб. пособие для энергетич. и электротехн. специальностей вузов.* – М.: Высш. школа, 1976.
2. Митюгов В.Ю. *Физические основы теории информации.* – М.: Сов. радио, 1976. – 216 с.
3. Шамбадаль П. *Развитие и приложение понятия энтропии.* – М.: Наука, 1967. – 278 с.
4. Смирнов С.И. *Диалектика отражения и взаимодействия в эволюции материи.* – Л.: Наука, 1974.
5. Поплавский Р.П. *Термодинамика информационных процессов: Монография.* – М.: Наука, 1981. – 256 с.