

## ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ ТА ЇХ ЕНЕРГЕТИЧНО-ЕЛЕКТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ

**Abstract.** In this paper we considered the questions of representation of mathematical models of power sources that reflect both as electrical and energy their performance properties.

### Актуальність

Якщо сьогодні маємо достатньо досконалі математичні моделі для аналізу і синтезу складних електронних пристроїв, то цього не можемо сказати про сучасні моделі джерел їх живлення. Оперуючи лише зовнішніми напругами і струмами, за якими сьогодні визначають поведінку джерела, неможливо оцінити його внутрішні енергетичні процеси, розрахувати витрати та відновлення його ресурсів, тобто говорити про його ефективне використання. Для повної характеристики батарей чи акумуляторів  $D_z$  необхідно розглядати їх три сторони (рис.1,а): а) вузлову сторону, з доступними для вимірювання напругою  $U_w$ , струмом  $I_w$  і потужністю  $P_w$ ; б) сторону з доступною для вимірювання потужністю  $P_0$  теплового енергетичного потоку, випромінюваного джерелом; в) сторону, з недоступною для безпосереднього вимірювання потужністю  $P_i$  зміни внутрішньої енергії джерела, але яку можемо визначити посередньо за законом балансу енергії його трьох сторін  $P_i = P_0 + P_w$ .

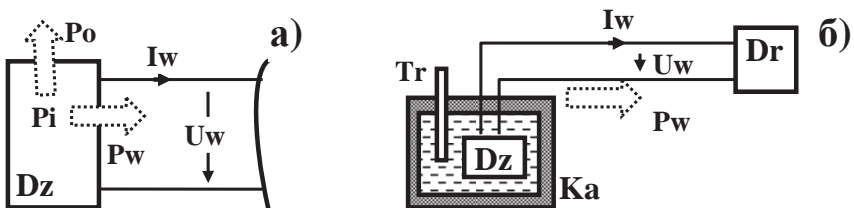


Рис. 1. Основні величини досліджуваного джерела енергії  $D_z$  – (а).

Калориметричний метод вимірювання виділення тепла джерела  $D_z$  – (б)

Повне дослідження параметрів джерела електричної енергії можна провести, наприклад, методикою, що пояснюється на рис. 1,б. Так, досліджуване джерело  $D_z$ , що з'єднане з допоміжним джерелом  $D_r$  з регульованою напругою  $U_w$ , розміщують у калориметрі  $K_a$ . Приладами

заміряють величини  $U_w$ ,  $I_w$ ,  $P_w$ , а за зміною показів термометра  $T_r$  у калориметрі визначають теплову потужність  $P_0$ , що виділяється з досліджуваного джерела  $D_z$ .

Розглянемо основні параметри, що зустрічаються при розгляді електричних і енергетичних величин, на прикладі різних джерел електричної енергії постійного струму, що представлені на рис. 2. Нехай вони заряджені однаковою електричною енергією і проявляють на вузлах однакові вузлові параметри, що визначені експериментально: вузлова напруга при розімкнутих вузлах  $U_p = 2V$ , струм при коротко з'єднаних вузлах  $I_k = 1A$  і опір джерела за їх відношенням  $R_d = U_p / I_k = 2\Omega$ . Тоді їх вузлова сторона опишеться відомою залежністю напруги і струму  $U_w = U_p - R_d \cdot I_w$  та рівнянням для потужності  $P_w = U_w \cdot I_w$ . Крім цього, максимальну потужність джерело буде віддавати при напрузі на вузлах  $U_w = 0.5U_p$  за умови рівності опорів навантаження  $R_n$  та опору джерела  $R_d$ :  $R_n = R_d$ .

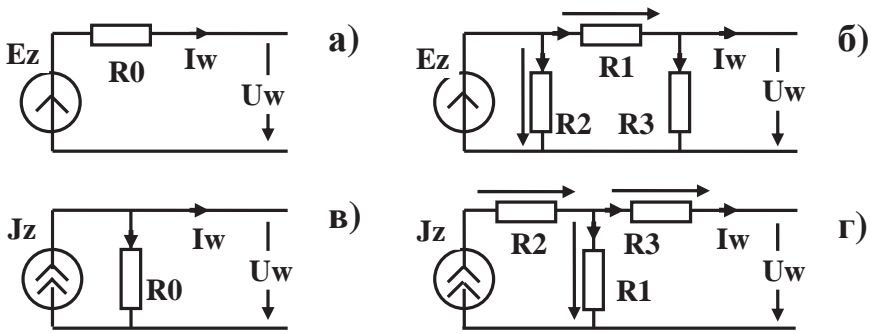


Рис. 2. Схемні моделі джерел енергії різної структури з однаковими вузловими параметрами:  $U_p = 2V$ ,  $I_k = 1A$ ,  $R_d = 2\Omega$ . Для схеми (а)  $E_z = 2V$ ,  $R_0 = 2\Omega$ , для схеми (б)  $E_z = 2.4V$ ,  $R_1 = 2.4$ ,  $R_2 = 30$ ,  $R_3 = 12\Omega$ , для схеми (в)  $J_z = 1A$ ,  $R_0 = 2\Omega$ , для схеми (г)  $J_z = 1.11111A$ ,  $R_1 = 1.8$ ,  $R_2 = 0.07$ ,  $R_3 = 0.2\Omega$

Нами за допомогою калориметричного методу (рис. 1,б) експериментально досліджено ряд джерел живлення (батареї та акумуляторів). Результати таких досліджень дали підстави синтезувати їх різні схемні моделі за допомогою ідеальних джерел напруги, струму і резисторів, аналогічно до того, як за поведінкою вузлових напруг та струмів (при макро-моделюванні) синтезуються схемні моделі трансформаторів чи транзисторів. Такі схемні моделі саме й представлені на рис. 2. Їх цінність полягає у тому, що вони дозволяють розрахувати не тільки вузлові величини

$U_w, I_w, P_w$  джерел живлення, але й їх теплову потужність  $P_0$ , що випромінюється резисторами  $R_0, R_1, R_2, R_3$ . За величинами визначених потужностей  $P_0$  та  $P_w$  визначається й потужність внутрішньої енергетичної складової джерела живлення  $P_i$ , як  $P_i = P_0 + P_w$ . За таких дій отримуємо можливість повного аналізу поведінки джерела живлення та його ефективного використання як при розрядженні (за співвідношенням  $K_w = P_w / (P_i + P_0)$ ), так і при зарядженні (за співвідношенням  $K_i = P_i / P_w$ ), використовуючи потужності отримані і затрачені джерелом.

Як показують нескладні розрахунки, графічні результати яких наведені на рис.3 – рис.6 (наведені криві відповідають числовим значенням у Вольтах, Амперах та Ваттах, відповідно), за умови однакових вузлових залежностей моделі джерел живлення з рис. 2 суттєво відрізняються енергетичними і експлуатаційними показниками. Відмітимо деякі з них.

1. Джерела живлення, яким відповідають моделі з ідеальними елементами напруги  $E_z$ , ефективно працюють при малих навантаженнях (великих опорах  $R_n$  та  $R_n > R_d$ ) та великих вузлових напругах. Джерела живлення, яким відповідають моделі з ідеальними елементами струму  $J_z$  – при великих навантаженнях (малих опорах  $R_n$  та  $R_n < R_d$ ) та малих вузлових напругах.

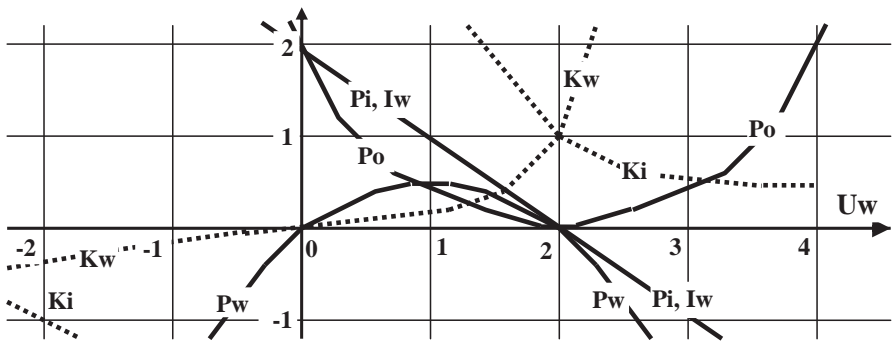


Рис. 3. Енергетичні і електричні залежності джерела енергії з рис.2 а

2. Якщо джерела живлення, спосібні відновлювати енергію (є акумуляторами) і мають моделі з ідеальними елементами напруги  $E_z$  то вони відновлюють свою енергію (умова:  $P_w < 0$  і  $P_i < 0$ ) при вузлових напругах більше рушійної напруги  $U_w > U_p$  такої ж полярності ( $U_w > 0$ ). Джерела живлення з моделями з ідеальними елементами струму  $J_z$

відновлюють свою енергію (умова:  $P_w < 0$  і  $P_i < 0$ ) при відносно малих напругах, але протилежної полярності ( $U_w < 0$ ).

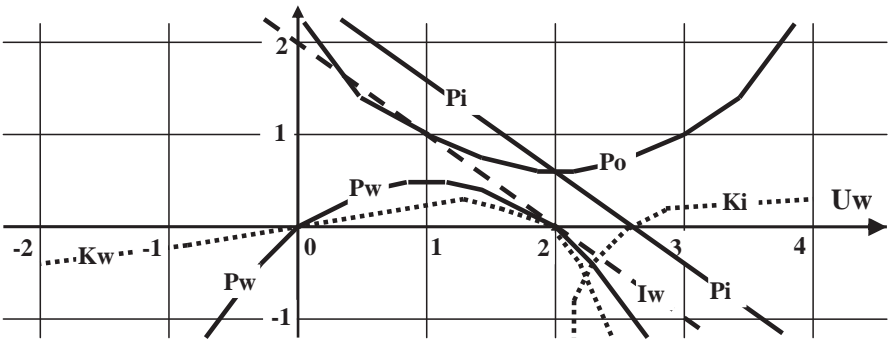


Рис. 4. Енергетичні і електричні залежності джерела енергії з рис. 2 б

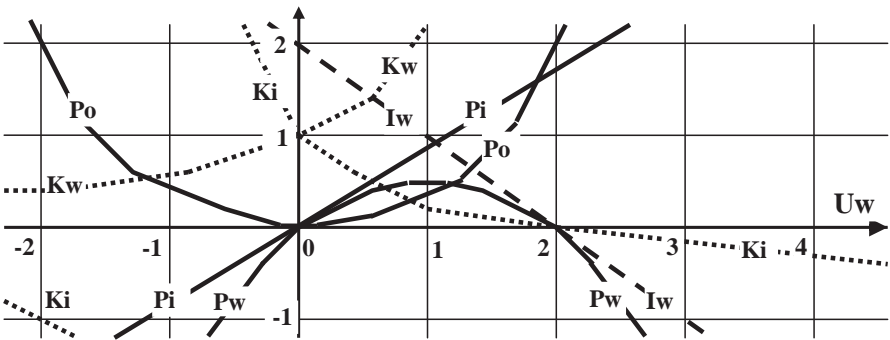


Рис. 5. Енергетичні і електричні залежності джерела енергії з рис.2 в

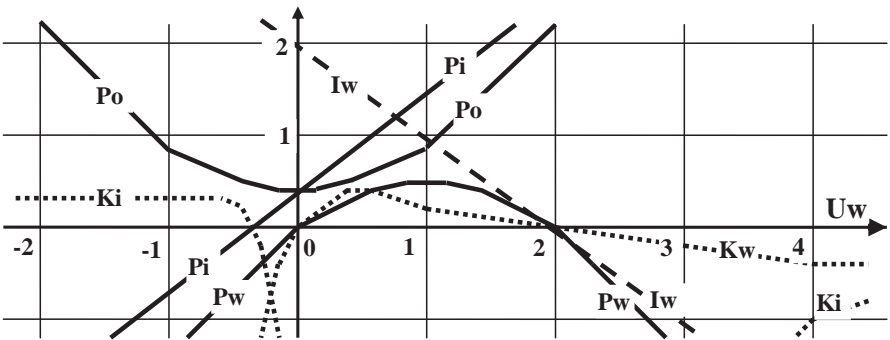


Рис. 6. Енергетичні і електричні залежності джерела енергії з рис. 2 г

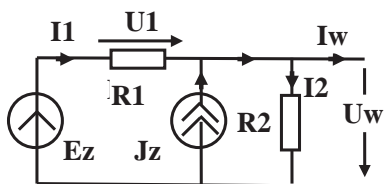
3. Електрично-енергетична модель всього електричного кола (не тільки джерел енергії) дає змогу проводити аналіз і синтез елементів електронних пристроїв з врахуванням електричного і енергетичного перетворення сигналів, аналіз енергетичних потоків між елементами, аналіз потоків схемного тепловиділення, за величиною яких можна розраховувати локальний та глобальний перегрів у елементах пристрою і тим самим розглядати й конструктивні особливості пристроїв.

4. Аналіз показав, що внутрішня потужність джерела живлення з постійними параметрами (а тим більше у електричному колі) є лінійною залежністю від вузлових напруг і струмів, тому вона гармонійно вписується в існуючі математичні моделі аналізу електронних пристроїв [1,2,5].

Проведені дослідження деяких реальних батарей, показали, що їх внутрішня структура описується більш складною моделлю, яка містить кілька ідеальних джерел напруги та струму. Припустимо, що вона була ідентифікована такою, як показано на рис.7, з параметрами:  $E_z=1,2 \text{ V}$ ,  $J_z=0.5 \text{ A}$ ,  $R_1=2.4$ ,  $R_2=12 \text{ }\Omega$ . За такою схемною моделлю можемо розрахувати всі енергетичні і електричні величини досліджуваної батареї. Так, опір батареї  $R_d$ , напруга на роз'єднаних вузлах  $U_p$  та струм  $I_k$  при з'єднаних вузлах дорівнюють:

$$R_d = R_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2) = 2\Omega, U_p = E_z \cdot R_2 / (R_1 + R_2) + J_z \cdot R_d = 2\text{V}, I_k = U_p / R_d = 1\text{A}.$$

Оскільки характеристики вузлової сторони такої батареї є такі ж, як і характеристики попередньо розглянутих джерел, тому поведінка всіх її вузлових величини буде такою ж. Але енергетичні характеристики її інших



$$I_k = E_z / R_1 + J_z; R_d = R_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2), U_p = R_d \cdot I_k,$$

$$P_1 = (E_z - U_w) / R_1, I_2 = U_w / R_2,$$

$$I_w = I_1 + J_z - I_2$$

$$P_o = I_1^2 \cdot R_1 + U_w^2 / R_2, P_w = U_w \cdot I_w, P_o = P_o + P_w$$

$$K_i = P_i / (P_o + P_w), K_w = P_w / P_i$$

Рис. 7. Джерело енергії з внутрішньою структурою, що містить два ідеальних джерела: ідеальне джерело напруги та ідеальне джерело струму

сторін є кардинально інші. Розрахувавши струми в схемі:  $I_1 = (E_z \cdot U_w) / R_1$ ,  $I_2 = U_w / R_2$ ,  $I_w = I_1 + J_z - I_2$ , можемо визначити потужність теплового потоку, що виділяють резистори  $P_0 = I_1^2 \cdot R_1 + U_w^2 / R_2$ , потужність  $P_{e_z} = E_z \cdot I_1$  джерела напруги  $E_z$ , потужність  $P_{j_z} = J_z \cdot U_w$  джерела струму  $J_z$ . Остаточо можемо визначити загальну внутрішню  $P_i = P_{e_z} + P_{j_z}$  і

вузлову  $P_w = U_w \cdot I_w$  потужності схеми. Розраховані залежності цих величин представлені на рис. 8.

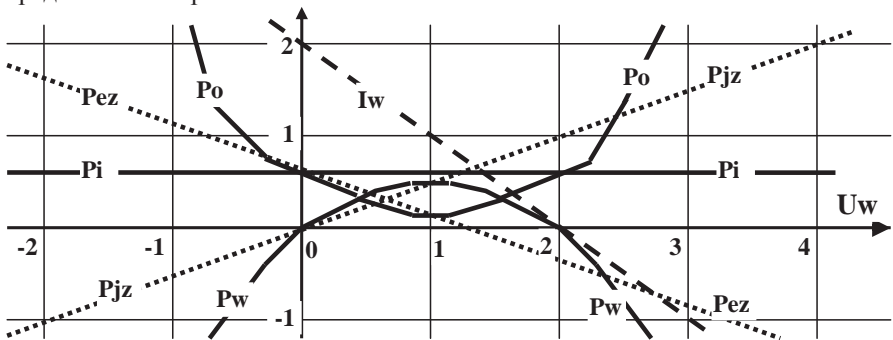


Рис. 8. Енергетичні і електричні залежності джерела енергії з рис. 7

Вони показують цікаві можливості використання такого джерела. Зокрема виявилось, що незалежно від вузлової напруги, джерело з приведеними параметрами витрачає постійну потужність  $P_i$ , обмінюючись енергією між внутрішніми джерелами  $E_z$  і  $J_z$ . Допустимо, що батарея суттєво розрядилася. Якщо її поспробувати заряджувати додатною напругою, то згідно внутрішньої її еквівалентної схеми, ми призведемо до скорого повного розряджування джерела струму  $J_z$  і заряджування джерела напруги  $E_z$  до меншого енергетичного запасу. І це повинно забезпечуватись напругою  $U_w > U_p = 2 \text{ V}$  такої ж полярності (плюс до плюса!). Але батарею можемо заряджувати й від'ємною напругою (мінус до плюса!). Тоді згідно внутрішньої її еквівалентної схеми, ми можемо призвести до повільного розряджування джерела напруги  $E_z$  і скорого дозаряджування джерела струму  $J_z$  до повного енергетичного запасу. І це можна забезпечити навіть напругою  $U_w < -2 \text{ V}$  ! Але у відключеній зарядженій батареї джерело струму  $J_z$  буде заряджати джерело напруги  $E_z$  енергією джерела струму.

Дослідження сухих і кислотних акумуляторів показали, що їх моделі внутрішньої структури можна розкрити за аналізом виділеної кількості вузлової енергії і зміни параметрів вузлової сторони:

$$Q = \int P_w(t) \cdot dt, \quad U_p = U_p(Q), \quad R_d = R_d(Q).$$

Відомості по перезаряджуванню сухих батарей, наведені у [3,4], підтверджують, що внутрішня еквівалентна модель батарей складається з кількох ідеальних джерел, між якими відбуваються складні часові процеси перезаряджування.

Розглянуті питання переконують про доцільність при аналізі

електронних кіл (як у режимі постійного, так і змінного струму) одночасно розглядати їх сигнальні та внутрішні енергетичні процеси. Для лінійних електричних кіл елементів внутрішня потужність  $P_i$ , як зазначено вище, є лінійною залежністю від вузлових напруг і струмів, тому вона гармонійно вписується у прийнятну електричну модель, наприклад, за методом вузлових напруг [1,5,6]:

$$\begin{bmatrix} P_i \\ I_1 \\ I_2 \\ \dots \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_{i0} & I_{i1} & I_{i2} & \dots \\ I_{10} & Y_{11} & Y_{12} & \dots \\ I_{20} & Y_{12} & Y_{22} & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 \\ U_1 \\ U_2 \\ \dots \end{bmatrix},$$

де, енергетичні  $P_{i0}, I_{i1}, I_{i2}, \dots$  і електричні  $I_{10}, I_{20}, \dots, Y_{11}, Y_{12}, Y_{21}, Y_{22}, \dots$  параметри, можуть бути ідентифіковані за експериментальним дослідженням.

Сенс формування енергетико-електричних моделей залишається і при аналізі нелінійних електричних кіл під дією малих сигналів, так званих квазілінійних кіл, при їх аналізі комплексним чи операторним методами.

У нелінійних електричних колах при дії великих сигналів залежність внутрішньої потужності від вузлових величин, безперечно, буде нелінійною. Але і в цьому випадку енергетику і вузлові величини доцільно розглядати однією моделлю, що дає можливість отримувати разом з електричними і теплові характеристики та на цій основі обирати вдалу конструкцію пристрою [3,7,8].

Питання добування, використання і відновлення енергії, сьогодні є важливими як в макро-, так і мікро- чи нано-елементах та окремих пристроях, особливо в автономних автоматичних об'єктах. Тому дана тематика чекає на глибокі подальші дослідження.

1. *Velychko Yu. T.*, Tension, current and power analesis in Radioelertronics by matrices, graphs and equivalents circuits. Proc. Of the fourth colloquim on microwave communication – Budapest, 1970, 4.
2. *Бучковский И. А.*, Инвариантность мощности многополюсника. Изв. ВУЗов СССР, Энергетика, 1977, №9.
3. *Богомолов Б.*, Вторая жизнь гальванических элементов. Журнал Радио, № 5, 1981.
4. *Нечаев И.*, Регенерация часовых гальванических элементов. Журнал Радио, № 10, 1998.
5. *Бардила Т.І.*, Невидима сторона електричних кіл у науковій концепції професора Юрія Величка. Вісник фонду Олександра Смакули, №1 (5), 2000 р.
6. *Величко Ю.Т.* Анализ напряжений, токов и мощностей в линейном многополюснике. Известия ВУЗов СССР. Радиоэлектроника, том12, №8, 1969, с. 767-786.

7. Бардила Т.И. Учет мощностей видимых и невидимых сторон многополюсника при анализе и синтезе электрических цепей. / Бардила Т.И., Полевой Е.А./Известия ВУЗов СССР. Радиоэлектроника, № 2, 1974, с. 38-39.
8. Бардила Т. И. Учет энергетических соотношений в моделях радиоэлектронных цепей. / Бардила Т. И., Шаповалов Ю.И./ Известия высших учебных заведений СССР. Радиоэлектроника. - 1982. - №6, С.76-78.

*Поступила 25.08.2014р.*

УДК 004.9

Б.В.Дурняк, М.М. Кляп, УАД, м.Львів

## **ВИКОРИСТАННЯ РЕГРЕСІЙНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ВИБРАНИХ ТИПІВ ПОДІЙ**

### **Вступ**

Технологічні процеси друкарства характеризуються рядом особливостей, які необхідно враховувати при формуванні методів прогнозування подій, що не передбачаються відповідними технологічними процесами. До таких особливостей відносяться наступні:

- технологічний процес друкарського виробництва потребує обслуговуючого персоналу з досить високим рівнем фахової підготовки,
- окремі автоматизовані фрагменти технологічного процесу зв'язуються між собою засобами, що можуть мати різний рівень,
- окремі фрагменти технологічного процесу реалізуються на основі використання локальних процесів, що мають різну фізичну природу, наприклад, механічні процеси, що реалізуються базовими механізмами друкарської машини, фізико-хімічні процеси, що пов'язані з нанесення фарби на відбиток задрукованої форми та інші,
- технологічний процес, в цілому, є досить чутливий на зміну значень параметрів, що характеризуються використовують сировину, яка в процесі друкування, наприклад, параметри паперу, в першу чергу, фізичні параметри, параметри фарби, такі як густина, липучість та інші,
- технологічний процес друкування досить тісно пов'язаний з процесами додрукарської підготовки, що стосуються підготовки самого продукту друкарського виробництва та стосуються підготовки ключових технологічних засобів реалізації процесу друкування, наприклад, підготовка друкарських форм та інші [1].

Кожна з приведених особливостей може обумовлювати виникнення