

Субпотенціальність та надінерційність в структурно-топологічних рівняннях узагальненого електричного кола

Представлено структурно-топологічні рівняння узагальненого електричного кола, як динамічної системи, з урахуванням фізичного явища гіперсилової взаємодії між його типовими елементарними ланками. В статусі гіпотези сформульовано припущення щодо можливості фізичного існування сил субпотенціальної та надінерційної природи. Наведено математичну інтерпретацію їх сутності.

Вступ

В теоретичній електротехніці фундаментальній задачі побудови *узагальненого електричного кола* з найвищим ступенем його логічної сили від початку було надано статус найвищого пріоритету [1]. Причин цьому чимало. Звичайно ж, окрім основної – професійно-технічної, однією з них, але, на думку автора, чи не найважливішою, є безпосередній вияв абстрактно-логічного зв'язку між динамікою перебігу електромагнітних процесів в електричних колах та динамічними процесами, які спостерігаються в системах іншої фізичної або техногенної природи, що, в свою чергу, дозволяє вибудовувати прямі аналогії і переносити результати досліджень з однієї теорії на іншу [1-5]. Ця можливість, яка до слова неодноразово була підтверджена в науці історичними фактами, перетворює *узагальнене електричне коло* з усіма його якостями та властивостями на потужний засіб дослідження глибинних фундаментальних явищ, що спостерігаються в цілому в природі, зокрема в характері причинно-наслідкового зв'язку силових взаємодій поміж складовими динамічних систем в процесі їх еволюції.

Тому наявна робота переслідує водночас *дві мети*: основну – розбудову вихідного базису теоретичної електротехніки, пов'язаної з розв'язуванням вищезазначеної задачі, та додаткову – наповнення загально-природничим змістом окремих міждисциплінарних положень, отриманих на підставі теорії динамічних аналогій і сформульованих у статусі гіпотез. Звичайно ж, останні потребують подальшого або експериментального підтвердження, або ж спростування.

Варто зазначити, що попри зусилля багатьох поколінь вчених задача побудови *узагальненого електричного кола* і дотепер залишається все ще не розв'язаною і надзвичайно актуальною [4, 5].

1. Структурно-топологічні рівняння з урахуванням бінарної силової взаємодії поміж типовими елементарними ланками узагальненого електричного кола

Структурно-топологічні рівняння узагальненого електричного кола є важливим базисним елементом теоретичної електротехніки. Їх отримано на

основі математичного дослідження структури рівнянь Лагранжа та рівнянь Лагранжа-Максвелла [4]. Записано як в *першій* (типу «сила-напруга»)

$$\left(L_m \frac{di_m}{dt} + R_m i_m + \frac{q_m}{C_m} \right) + \sum_{\substack{s_1=1 \\ s_1 \neq m}}^n \left[L_{m,s_1} \frac{d}{dt} (i_m \pm i_{s_1}) + R_{m,s_1} (i_m \pm i_{s_1}) + \frac{q_m \pm q_{s_1}}{C_{m,s_1}} \right] = e_m, \quad m=1, 2, \dots, n, \quad (1)$$

так і *другій* (типу «сила-струм»)

$$\left(C_m \frac{d\varphi_m}{dt} + G_m \varphi_m + \frac{\psi_m}{L_m} \right) + \sum_{\substack{s_1=1 \\ s_1 \neq m}}^n \left[C_{m,s_1} \frac{d}{dt} (\varphi_m - \varphi_{s_1}) + G_{m,s_1} (\varphi_m - \varphi_{s_1}) + \frac{\psi_m \pm \psi_{s_1}}{L_{m,s_1}} \right] = J_m, \quad m=1, 2, \dots, n \quad (2)$$

системах узагальнених координат.

Системи диференціальних рівнянь (1) і (2) за своєю логічною силою охоплюють широкий клас електричних кіл, проте тільки тих, котрим властива *бінарна* силова взаємодія поміж типовими елементарними ланками динамічної системи. Наразі – електричного погодження.

Структурна схема такого узагальненого кола, як і в цілому – узагальненої динамічної системи із зосередженими параметрами довільної фізичної, технічної або техногенної природи, показана на рис. 1, а.

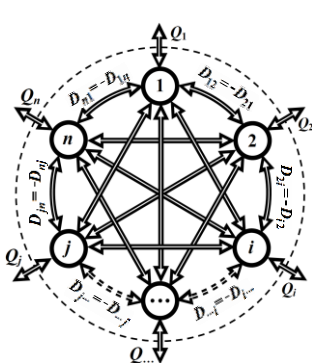
2. Структурно-топологічні рівняння з урахуванням явища гіперсилової взаємодії поміж типовими елементарними ланками

За результатами поглибленого математичного дослідження рівнянь Лагранжа-Максвелла отримано структурно-топологічні рівняння узагальненого електричного кола із значно більшою логічною силою [5].

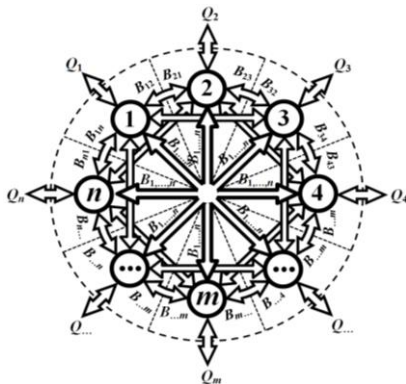
В *першій* системі узагальнених координат система записується так [5]:

$$\begin{aligned} & \left(L_m \frac{di_m}{dt} + R_m i_m + \frac{q_m}{C_m} \right) + \sum_{\substack{s_1=1 \\ s_1 \neq m}}^n \left[L_{m,s_1} \frac{d}{dt} (i_m \pm i_{s_1}) + R_{m,s_1} (i_m \pm i_{s_1}) + \frac{q_m \pm q_{s_1}}{C_{m,s_1}} \right] + \\ & + \sum_{\substack{s_1=1 \\ s_1 \neq m}}^{n-1} \sum_{\substack{s_2=s_1+1 \\ s_2 \neq m}}^n \left[L_{m,s_1,s_2} \frac{d}{dt} (i_m \pm i_{s_1} \pm i_{s_2}) + R_{m,s_1,s_2} (i_m \pm i_{s_1} \pm i_{s_2}) + \frac{q_m \pm q_{s_1} \pm q_{s_2}}{C_{m,s_1,s_2}} \right] + \\ & + \dots + \sum_{\substack{s_1=1 \\ s_1 \neq m}}^2 \sum_{\substack{s_2=s_1+1 \\ s_2 \neq m}}^3 \dots \sum_{\substack{s_{n-1}=s_{n-2}+1 \\ s_{n-1} \neq m}}^n \left[L_{m,s_1,s_2,\dots,s_{n-1}} \frac{d}{dt} (i_m \pm i_{s_1} \pm i_{s_2} \pm \dots \pm i_{s_{n-1}}) + \right. \\ & \left. + R_{m,s_1,s_2,\dots,s_{n-1}} (i_m \pm i_{s_1} \pm i_{s_2} \pm \dots \pm i_{s_{n-1}}) + \frac{q_m \pm q_{s_1} \pm q_{s_2} \pm \dots \pm q_{s_{n-1}}}{C_{m,s_1,s_2,\dots,s_{n-1}}} \right] = e_m, \end{aligned} \quad (3)$$

$m=1, 2, \dots, n,$



а) Без урахування явища гіперсилової (гіпервалентної) взаємодії



б) З урахуванням явища гіперсилової (гіпервалентної) взаємодії

Рис. 1. Структурна схема узагальненої фізичної або технічної динамічної системи з n числом ступенів вільності

а в другій –

$$\begin{aligned}
 & \left(C_m \frac{d u_m}{dt} + G_m u_m + \frac{\psi_m}{L_m} \right) + \sum_{\substack{s_1=1 \\ s_1 \neq m}}^n \left[C_{m,s_1} \frac{d}{dt} (u_m \pm u_{s_1}) + G_{m,s_1} (u_m \pm u_{s_1}) + \frac{\psi_m \pm \psi_{s_1}}{L_{m,s_1}} \right] + \\
 & + \sum_{\substack{s_1=1 \\ s_1 \neq m}}^{n-1} \sum_{\substack{s_2=s_1+1 \\ s_2 \neq m}}^n \left[C_{m,s_1,s_2} \frac{d}{dt} (u_m \pm u_{s_1} \pm u_{s_2}) + G_{m,s_1,s_2} (u_m \pm u_{s_1} \pm u_{s_2}) + \frac{\psi_m \pm \psi_{s_1} \pm \psi_{s_2}}{L_{m,s_1,s_2}} \right] + \\
 & + \dots + \sum_{\substack{s_1=1 \\ s_1 \neq m}}^2 \sum_{\substack{s_2=s_1+1 \\ s_2 \neq m}}^3 \dots \sum_{\substack{s_{n-1}=s_{n-2}+1 \\ s_{n-1} \neq m}}^n \left[C_{m,s_1,s_2,\dots,s_{n-1}} \frac{d}{dt} (u_m \pm u_{s_1} \pm u_{s_2} \pm \dots \pm u_{s_{n-1}}) + \right. \\
 & \left. + G_{m,s_1,s_2,\dots,s_{n-1}} (u_m \pm u_{s_1} \pm u_{s_2} \pm \dots \pm u_{s_{n-1}}) + \frac{\psi_m \pm \psi_{s_1} \pm \psi_{s_2} \pm \dots \pm \psi_{s_{n-1}}}{L_{m,s_1,s_2,\dots,s_{n-1}}} \right] = J_m,
 \end{aligned} \quad (4)$$

$m = 1, 2, \dots, n$.

Рівняння (3) і (4) порівняно з рівняннями (1) та (2), маючи більшу логічну силу, дедуктивно підпорядковують собі останні.

Узагальнена структурна схема динамічних систем, що відповідає диференціальним рівнянням (3) та (4), показана на рис. 1, б.

Порівняний аналіз систем (3) та (4) з системами (1) і (2) математично виявляє, окрім *бінарної*, *якісно нову сутність* в природі силової взаємодії між структурними елементами динамічної системи – *багатовимірну силову взаємодію*. Під час еволюції системи така взаємодія за певних умов з'являється або може з'явитися незалежно від бінарної, а тому тільки в окремих випадках її можна звести до математичної комбінації бінарних взаємодій рівнянь (1) і

(2). Зазначена силова взаємодія автором названа *гіперсилою* (*гіпервалентною силою*). Відповідно фізичне явище, яке пов'язане з виявом цієї сили, отримало назву *явища гіперсилової* (або *гіпервалентної*) *взаємодії* [5].

Рівняння (3) і (4) на сьогодні є найбільш узагальненою математичною формою структурно-топологічних рівнянь електричного кола. Вони охоплюють широкий клас зосереджених динамічних систем, незалежно від фізичної природи останніх.

3. Субпотенціальні та надінерційні сили. Гіпотеза

Аналіз структурно-топологічних рівнянь (1) - (4), які записано як для бінарних динамічних систем, так і для гіперзв'язних, і які отримано на основі рівнянь Лагранжа і рівнянь Лагранжа-Максвела, виявляє тільки три різновиди прояву дії пасивних сил, а саме: *потенціальних, дисипативних, інерційних*.

Для *першої* системи узагальнених координат *потенціальні сили* в структурно-топологічних рівняннях задано власними та взаємними *напругами на ємностях* типових елементарних ланок системи. Ці сили виявляють себе лише за умови наявності (!) відповідної властивості з боку типових елементарних ланок, себто кінцевих значень параметрів самих ємностей C_m та $C_{m,s_1,\dots}$, що ці властивості і характеризують. *Дисипативні сили* присутні у вигляді *спадів напруг на власних та взаємних активних опорах*. Вони виявляють себе за наявної (!) в типових елементарних ланках такої властивості, яка природі цих сил відповідає. В цьому випадку значення R_m та $R_{m,s_1,\dots}$ мають бути відмінними від нуля.

Інерційність ланок виявляє себе супротивом зміні абсолютних або (та) відносних швидкостей руху системи. Тому у разі наявності в таких ланках відповідної властивості (!) *напруги на індуктивностях* – власних L_m та взаємних $L_{m,s_1,\dots}$, які її характеризують, як і *інерційні сили*, будуть відмінними від нуля.

Наведене вище не може не наитовхнути на думку про можливі вияви більш складного характеру силової взаємодії між типовими структурними елементами в динамічних системах, але тільки у разі наявності в них відповідних, ще допоки невідомих, фізичних властивостей (!), прямим наслідком яких і буде вияв сил 1) *субпотенціальної* та 2) *надінерційної* природи.

Така інтерпретація силової взаємодії дозволяє записати структурно-топологічні рівняння динамічних систем електричної (або іншої) природи в *першій системі* узагальнених координат (типу «сила-напруга») у вигляді

$$\begin{aligned} & \sum_{v=-\infty}^{+\infty} B_m^v \frac{d^v q_m}{dt^v} + \sum_{\substack{s_1=1 \\ s_1 \neq m}}^n \left[\sum_{v=-\infty}^{+\infty} B_{m,s_1}^v \frac{d^v}{dt^v} (q_m \pm q_{s_1}) \right] + \\ & + \sum_{\substack{s_1=1 \\ s_1 \neq m}}^{n-1} \sum_{\substack{s_2=s_1+1 \\ s_2 \neq m}}^n \left[\sum_{v=-\infty}^{+\infty} B_{m,s_1,s_2}^v \frac{d^v}{dt^v} (q_m \pm q_{s_1} \pm q_{s_2}) \right] + \dots + \\ & + \sum_{\substack{s_1=1 \\ s_1 \neq m}}^2 \sum_{\substack{s_2=s_1+1 \\ s_2 \neq m}}^3 \dots \sum_{\substack{s_{n-1}=s_{n-2}+1 \\ s_{n-1} \neq m}}^n \left[\sum_{v=-\infty}^{+\infty} B_{m,s_1,s_2,\dots,s_{n-1}}^v \frac{d^v}{dt^v} (q_m \pm q_{s_1} \pm q_{s_2} \pm \dots \pm q_{s_{n-1}}) \right] = e_m, \end{aligned} \quad (5)$$

а в *другій* (типу «сила-струм») –

$$\begin{aligned} & \sum_{\nu=-\infty}^{+\infty} D_m^\nu \frac{d^\nu \psi_m}{dt^\nu} + \sum_{s_1=1}^n \left[\sum_{\substack{\nu=-\infty \\ s_1 \neq m}}^{+\infty} D_{m,s_1}^\nu \frac{d^\nu}{dt^\nu} (\psi_m \pm \psi_{s_1}) \right] + \\ & + \sum_{s_1=1}^{n-1} \sum_{\substack{s_2=s_1+1 \\ s_2 \neq m}}^n \left[\sum_{\nu=-\infty}^{+\infty} D_{m,s_1,s_2}^\nu \frac{d^\nu}{dt^\nu} (\psi_m \pm \psi_{s_1} \pm \psi_{s_2}) \right] + \dots + \\ & + \sum_{\substack{s_1=1 \\ s_1 \neq m}}^2 \sum_{\substack{s_2=s_1+1 \\ s_2 \neq m}}^3 \dots \sum_{\substack{s_{n-1}=s_{n-2}+1 \\ s_{n-1} \neq m}}^n \left[\sum_{\nu=-\infty}^{+\infty} D_{m,s_1,s_2,\dots,s_{n-1}}^\nu \frac{d^\nu}{dt^\nu} (\psi_m \pm \psi_{s_1} \pm \psi_{s_2} \pm \dots \pm \psi_{s_{n-1}}) \right] = J_m, \end{aligned} \quad (6)$$

де $m = 1, 2, \dots, n$.

Отже, *субпотенціальними силами* називатимемо всі силові взаємодії за математичних інтерпретацій (5) $B_m^\nu \frac{d^\nu q_m}{dt^\nu}$ та $B_{m,s_1,\dots}^\nu \frac{d^\nu}{dt^\nu} (q_m \pm q_{s_1} \pm \dots)$ та (6)

$D_m^\nu \frac{d^\nu \psi_m}{dt^\nu}$ та $D_{m,s_1,\dots}^\nu \frac{d^\nu}{dt^\nu} (\psi_m \pm \psi_{s_1} \pm \dots)$, для яких індекс суми $\nu < 0$ (!).

Надінерційними силами – якщо $\nu \geq 3$ (!).

Для сил *потенціальної*, *дисипативної* та *інерційної* природи цей параметр дорівнює $\nu = 0$, $\nu = 1$, $\nu = 2$ відповідно.

Висновки

В роботі наведено структурно-топологічні рівняння узагальненого електричного кола без урахування та з урахуванням фізичного явища гіперсилової (гіпервалентної) взаємодії між його типовими елементарними ланками, а також висунуто гіпотезу про можливість існування субпотенціальної та надінерційної силової взаємодії поміж типовими елементарними ланками в зосереджених динамічних системах. Результати мають важливе як спеціально-технічне, так і загально-методологічне значення.

Література

1. Maxwell J. C. A treatise on electricity and magnetism. Vol. 1 / J. C. Maxwell. – Oxford: Clarendon Press, 1873. – 495 p.
2. Kron G. Diakoptics: The Piecewise of Large-Scale Systems / G. Kron. – London: Macdonald & Co, 1963. – 166 p.
3. Happ H. H. Diakoptics and networks / H. H. Happ. – London: Academic Press, 2012. – 330 p.
4. Ведміцький Ю. Г. Узагальнені електричні схеми-аналоги неперервних динамічних систем довільного порядку / Ю. Г. Ведміцький // Вісник Інженерної академії України. – 2010. – Випуск 2. – С. 63-69.
5. Ведміцький Ю. Г. Тектологія динамічних систем і явище гіперсилової взаємодії в структурних рівняннях узагальненого електричного кола / Ю. Г. Ведміцький // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – 2018. – №2. – С. 1-11.