

ЖИВУЧІСТЬ УРАЗЛИВИХ ПРОДУКЦІЙНИХ СИСТЕМ

На мові енергетичного опису сформульовані закон і принципи живучості уразливих продукційних систем. Показано, що їх ефективність пропорційна живучості та кількості уразливих захисних елементів. Підвищення живучості досягається на основі угод з виконання принципу нормальної компенсації.

У теорії систем одержала розвиток теорія потенційної ефективності, результати якої формулюються у вигляді граничних законів, що відбивають інтегральні властивості систем. Однією з найважливіших інтегральних властивостей є «живучість», що у [1] визначається як «спроможність системи зберігати властивості, необхідні для виконання потрібних функцій, при наявності несприятливих впливів». Проте закони живучості у [1] формулюються як статистичні, що обмежує їхнє застосування.

У статті розглядається детерміністична конструкція закону живучості уразливих систем, побудована на енергетичних принципах їх опису [2–4]. Роздивимося сукупність відкритих продукційних систем (PS), що активно взаємодіють між собою і з оточенням. PS функціонують з метою одержання додаткової енергії із середовища на основі ресурсно-продукційного обміну. Оточення PS містить активні системи таких типів:

- фінансові системи (FS), що відбирають від PS енергію, наприклад, у вигляді податків для керування PS і забезпечення їхнього функціонування;
- кредитні системи (CS), що мають вільні енергетичні ресурси та надають їх PS у тимчасове користування за деяку плату;
- джерела вільної енергії середовища.

Всі системи включені в процес енергетичного обміну, в результаті якого відбувається перерозподіл енергії. Збільшення власної енергії за рахунок одержання додаткової енергії з оточення розглядається як головна приватна мета систем. Ефективність систем визначається швидкістю росту власної енергії. Будемо вважати функціонування нормальним, якщо PS мають позитивну ефективність, що відповідає стану життя. Негативним значенням ефективності відповідає стан смерті. Системи вважаються уразливими, якщо зовнішні впливи можуть призвести до їхньої смерті.

Характеристики продукційних систем

PS виробляють продукцію (вихідний ресурс) із споживаних (вхідних) ресурсів на основі власної енергії. Ресурсно-продукційний обмін описується обміном енергії. Енергетична нерівність, що відбиває ресурсно-продукційний обмін, має вигляд:

$$z > x, \quad (1)$$

де x – енергія споживаних ресурсів (головна енергія обміну); z – енергія продукції (повна енергія обміну).

Енергетичний баланс ресурсно-продукційного обміну (1) забезпечується споживанням із середовища додаткової енергії y , що відбивається рівнянням прямування енергії в ресурсно-продукційному обміні:

$$z = x + y. \quad (2)$$

Джерелом додаткової енергії є власна енергія PS та вільна енергія середовища. Додаткова енергія розглядається як результат ресурсно-продукційного обміну.

Структура продукційних систем. Нехай PS складаються з функціональних елементів, що розрізняються за ознаками: внутрішнє або зовнішнє джерело, або споживач енергії. Тоді повна сукупність функціональних елементів буде містити чотири типи елементів. Енергетичний баланс для елементів різноманітних типів описується відповідними рівняннями прямування енергії (2):

- для внутрішнього джерела власної енергії –
- $$z_{11} = x_{11} + y_{11}; \quad (3a)$$

- для зовнішнього джерела притягнутої енергії –
- $$z_{12} = x_{12} + y_{12}; \quad (36)$$

- для внутрішнього споживача енергії –

$$z_{21} = x_{21} + y_{21}; \tag{3в}$$

- для зовнішнього споживача енергії –

$$z_{22} = x_{22} + y_{22}. \tag{3г}$$

Для окремих видів енергії в PS мають місце рівняння енергетичного балансу функціональних елементів (3):

$$z_{11} + z_{12} = z_{21} + z_{22}, \tag{4а}$$

$$x_{11} + x_{12} = x_{21} + x_{22}, \tag{4б}$$

$$y_{11} + y_{12} = y_{21} + y_{22}. \tag{4в}$$

Ефективність продукційних систем. Ефективність обміну визначається відношенням додаткової енергії, отриманої за деякий період часу, до головної. Для PS рівняння балансу ефективностей має вигляд рівняння (4в):

$$\gamma_{11} x_{11} + \gamma_{12} x_{12} = \gamma_{21} x_{21} + \gamma_{22} x_{22}, \tag{5}$$

де $\gamma = y/x$ – ефективності відповідних функціональних елементів.

Перетворюючи (5), одержимо, що в явному виді ріст власної енергії описується рівнянням

$$\gamma_{11} = \gamma_{22} - (\gamma_{22} - \gamma_{21})k_{21} + (\gamma_{22} - \gamma_{12})k_{12}, \tag{6}$$

де: $k_{21} = x_{21}/x_{11}$; $k_{12} = x_{12}/x_{11}$ – коефіцієнти взаємодій, що описують відношення головної енергії між функціональними елементами.

Нормуючи (6) до γ_{22} , одержимо рівняння росту власної енергії у вигляді рівняння відносних ефективностей

$$\Gamma_{11} = 1 - (1 - \Gamma_{21})k_{21} + (1 - \Gamma_{12})k_{12}. \tag{7}$$

Для практичних намірів формулу (6) спрощують, приймаючи для внутрішнього споживача енергії допущення, що ефективність та коефіцієнт взаємодій можна прийняти рівними нулю, тобто $\gamma_{21} \approx 0$, $k_{21} \approx 0$. Тоді спрощені формули росту власної енергії (6) і (7) приймуть вигляд:

$$\gamma_{11} \approx \gamma_{22} + (\gamma_{22} - \gamma_{12})k_{12}; \tag{8а}$$

$$\Gamma_{11} \approx 1 + (1 - \Gamma_{12})k_{12}. \tag{8б}$$

Характеристики взаємодії систем

Характеристики взаємодії PS. PS знаходяться в стані конкурентної боротьби за джерела вільної енергії середовища та власної енергії інших PS. Результат взаємодії функціональних елементів оцінюється ефективністю накопичення власної енергії.

Характеристики взаємодії PS і FS. FS відбирають у PS частину додаткової енергії y . Тоді залишок додаткової енергії PS має вигляд:

$$y_{22} = y_{2F} - y_F = y_{2F}(1 - \Gamma_F), \tag{9}$$

де $\Gamma_F = y_F / y_{2F}$ – відносна ефективність FS з відбору енергії.

Додаткова енергія PS обмежена. Властивість обмеженості додаткової енергії відбивається інваріантом ефективностей

$$\Gamma_P + \Gamma_F = 1, \tag{10}$$

де $\Gamma_P = y_{22} / y_{2F}$ – відносна ефективність PS, з урахуванням відбору енергії.

Характеристики взаємодії PS і CS. CS надають PS вільні ресурси в кількості k_{12} у тимчасове користування за плату y_{12} , що забезпечує їхню власну ефективність $\gamma_{12} = y_{12} / x_{12}$. Відносна ефективність CS описується показником

$$\Gamma_C = y_{12} / y_{2F}. \tag{11}$$

Перетворюючи (6) з урахуванням взаємодій (9)–(11), одержимо, що ріст власної енергії описується рівнянням:

$$\gamma_{11} = y_{2F}(1 - \Gamma_F) - [y_{2F}(1 - \Gamma_F) - \gamma_{21}]k_{21} + [y_{2F}(1 - \Gamma_F) - \gamma_{12}]k_{12}. \tag{12}$$

Нормуючи (12) до y_{2F} , одержимо рівняння відносних ефективностей у вигляді:

$$\Gamma_P = (1 - \Gamma_F) - [1 - \Gamma_F - \Gamma_C]k_{21} + [1 - \Gamma_F - \Gamma_C]k_{12}. \tag{13}$$

Для практичних намірів, приймаючи припущення, що $\gamma_{21} \approx 0$, $\Gamma_{21} \approx 0$, $k_{21} \approx 0$ – спрощені формули (12) і (13) приймуть вигляд:

$$\gamma_{11} \approx y_{2F}(1-\Gamma_F) + [y_{2F}(1-\Gamma_F) - \gamma_{12}]k_{12}; \quad (14a)$$

$$\Gamma_P \approx (1-\Gamma_F) + [1-\Gamma_F - \Gamma_C]k_{12}. \quad (14b)$$

Принципи живучості

Властивість уразливості PS. Уразливість PS полягає в тому, що показники PS залежні від FS. Прийmemo, що FS мають пріоритет у призначенні власної ефективності в умовах обмеженості додаткової енергії (10). Тоді ефективність PS визначається за залишковим принципом, відповідно до якого, великі значення ефективності FS можуть призвести до загибелі PS. Рівняння уразливості PS має вигляд:

$$\Gamma_P = 1 - \Gamma_F. \quad (15)$$

Рівняння уразливості відбиває конфлікт цілей між PS і FS та показує, що FS можуть домогтися знищення PS, призначивши власну ефективність $\Gamma_F > 1$. Спроможність уразливих PS зберігати позитивну ефективність при несприятливих впливах будемо називати живучістю. Вона забезпечується шляхом уведення захисту від несприятливих впливів.

Закон живучості. Перепишемо рівняння відносних ефективностей (13) у вигляді системи рівнянь живучості:

$$\Gamma_P = 1 - \Gamma_F - k_{21} \Gamma_{FP} + k_{12} \Gamma_{PC}; \quad (16a)$$

$$\Gamma_{PC} = 1 - \Gamma_F - \Gamma_C; \quad (16b)$$

$$\Gamma_{FP} = 1 - \Gamma_F - \Gamma_{21}. \quad (16c)$$

де: Γ_{PC} – показник ефективності захисних елементів; k_{12} – коефіцієнт, що характеризує відносну кількість кредитних ресурсів, використовувану для захисту; Γ_{FP} – показник ефективності резервів; k_{21} – коефіцієнт, що характеризує відносну кількість резервів.

При припущенні $k_{21} \approx 0$ система спрощених рівнянь (16) прийме вигляд:

$$\Gamma_P \approx 1 - \Gamma_F + k_{12} \Gamma_{PC}; \quad (17a)$$

$$\Gamma_{PC} \approx 1 - \Gamma_F - \Gamma_C. \quad (17b)$$

У рівнянні ефективності (16a) несприятливі впливи $\Gamma_F + k_{21} \Gamma_{FP}$ можуть бути нейтралізовані шляхом уведення захисту $k_{12} \Gamma_{PC}$. Ефективність уразливих PS забезпечується за рахунок захисних елементів, у якості яких використовуються кредитні ресурси, надані CS для компенсації несприятливих впливів. Ефективність захисту $k_{12} \Gamma_{PC}$ визначається показником ефективності захисних елементів Γ_{PC} , кількістю кредитних ресурсів, використовуваних у якості захисних елементів. Позитивна ефективність уразливих PS розглядається як живучість PS.

Захисні елементи є уразливими. Прийmemo, що FS та кредитні системи мають пріоритет у призначенні власних ефективностей стосовно елементів захисту, а сумарне значення ефективностей у системі обмежено і дорівнює одиниці. При цьому ефективність захисту Γ_{PC} буде уразливою та визначатиметься за залишковим принципом, а рівняння уразливості захисних елементів має вигляд (16b). Рівняння уразливості (16b) показує, що FS і CS можуть домогтися знищення захисту $\Gamma_{PC} < 0$, призначаючи значення власних ефективностей так, що $\Gamma_F + \Gamma_C > 1$.

Показник ефективності захисних елементів Γ_{PC} будемо називати показником живучості захисних елементів. Він є інтегральною оцінкою ефективності PS і може використовуватися як головний критерій при ухваленні рішення про надання ресурсів захисту. Ефективність PS багато в чому визначається показником живучості захисних елементів.

Закон живучості уразливих PS на основі системи спрощених рівнянь (17) можна сформулювати таким чином: «Ефективність уразливих продукційних систем і ефективність фінансальних систем пропорційні показнику живучості та кількості уразливих захисних елементів».

Оскільки ефективності PS і FS мають загальний множник $(y_{2F})^{-1}$ та $\Gamma_P = y_{22} / y_{2F}$, $\Gamma_C = y_{12} / y_{2F}$, закон живучості (17) має вид матриці інваріантів ефективностей:

$$\mathbf{G}\Gamma = \mathbf{E} \quad (18)$$

де $\mathbf{G} = \begin{vmatrix} 1 & -k & \gamma_{22} \\ 1 & 1 & \gamma_{12} \end{vmatrix}$ – матриця живучості; $\Gamma = \begin{vmatrix} \Gamma_P \\ \Gamma_{PC} \\ (\gamma_{2F})^{-1} \end{vmatrix}$ – вектор ефективностей; $\mathbf{E} = \begin{vmatrix} 1 \\ 1 \end{vmatrix}$ – одиничний вектор.

З закону живучості виходить ряд принципів живучості.

З закону живучості виходить ряд принципів живучості.

Принцип симетрії полягає в тому, що показники ефективності PS і FS симетричні щодо ефективності захисту. З принципу симетрії випливає важливий висновок про те, що PS і FS в однаковій мірі залежні від показника живучості та кількості захисних елементів, а ефективність захисту можна розглядати в якості загальної, узгодженої цілі. Необхідною умовою живучості PS є вимога, щоб ефективність захисту була більше нуля, $\Gamma_{PC} > 0$, $k > 0$. При нульовій живучості захисту ефективність PS не залежить від кількості захисних елементів і живуча система вироджується в уразливу (15).

Принцип нормальної компенсації полягає в тому, що несприятливі впливи можуть бути компенсовані за рахунок живучості захисних елементів. Виконанню принципу компенсації відповідає розкладання рівняння ефективності (17а) на два – рівняння нормальної компенсації та рівняння нормальної ефективності PS:

$$\Gamma_F - k\Gamma_{PC} = 0, \quad (19a)$$

$$\Gamma_F = 1. \quad (19b)$$

При нормальному значенні коефіцієнта обсягу кредитних ресурсів $k \approx 1$, ефективність FS компенсується ефективністю захисту, тобто $\Gamma_F - \Gamma_{PC} = 0$. Одинична ефективність PS є обгрунтованим компромісом цілей між системами.

Принципи підвищення живучості. Ефективність PS можна збільшити за рахунок підвищення живучості захисту та кількості захисних елементів. Живучість захисних елементів можна збільшити шляхом зменшення ефективності PS і FS. Ці принципи досягаються на основі угод між системами щодо призначення ефективності. У основі угод лежить визнання всіма системами принципів живучості й узгодження цілей поведінки, зокрема, на основі принципу нормальної компенсації. Якщо угоди не досягнуті та PS загрожує знищення, для їхньої виживаності залишаються крайні міри:

а) закритість PS від FS, тобто заглиблення в «тінь» впливів середовища. Рівняння живучості (17) для закритих PS при $\Gamma_F = 0$ мають вигляд:

$$\Gamma_P - k\Gamma_{PC} = 1, \quad \Gamma_C + \Gamma_{PC} = 1;$$

б) перехід PS у середовище з нормальними умовами функціонування.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Острейковский В.А. Теория систем: Учеб. для вузов. – М.: Высш. шк., 1997. – 240 с.
2. Тимонін Ю.О., Тимонін О.Ю. Принципи функціонального моделювання енергетичного поведінки систем // Вісник ЖІТІ, 1999. – № 8. – С. 176–180.
3. Тимонін Ю.О. Принципи енергетичної взаємодії систем // Вісник ЖІТІ, 1999. – № 9. – С. 150–155.
4. Тимонин Ю.А. Энергетическая имитация эволюции систем // «Сучасні технології в аерокосмічному комплексі». Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції 7–9 вересня 1999 р. ЖІТІ. – Житомир. – С. 100–102.

ТИМОНІН Юрій Олександрович – кандидат технічних наук, завідувач кафедрою інформаційних технологій Інституту підприємництва і сучасних технологій, м. Житомир.

Наукові інтереси:

- інженерія бізнесу,
- економічна кібернетика.

Подано 9.12.1999.