Вишнівський О.В. (НАУ, Україна)

ТРИ ПРИНЦИПИ УПРАВЛІННЯ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

Сформульовано три принципи управління складними системами на прикладі вирішення проблеми електромагнітної сумісності множини штатних антен, розміщуваних на транспортному засобі

Моделювання АСУ, що має на меті визначення оптимальних місць установки штатних антен на літальний апарат може розглядатися як створення великої системи. Така АСУ мусить розмістити антени на літаку або іншому транспортному засобі таким чином, щоб взаємний вплив кожної з них на своє оточення був би мінімальним.

Для того, щоб змоделювати таку АСУ, потрібно спочатку розвязати питання побудови моделі цього літака або транспортного засобу. В принципі може існувати різноманіття способів досягти цього, але серед них найбільш уживаним на сьогодні є побудова так званої сіткової моделі. Така модель може бути побудована, наприклад, за допомогою програми 3dsMax та умонтованої в неї мови обєктно-орієнтованого програмування MaxScript (рис. 1).

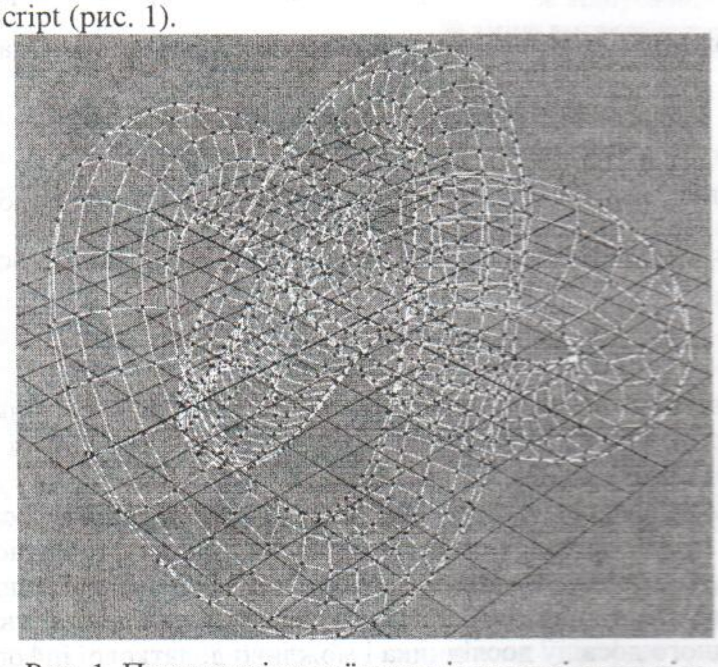

Рис. 1. Приклад сіткової моделі тривимірного тіла

Після побудови сіткової моделі з можливістю програмного доступу до координат її вузлів необхідно розвязати рівняння Поклінгтона, яке повязує напруженість поля у місці установки антени з струмами, що наводяться нею у кожному елементарному «диполі», з яких побудована сітка:

$$\int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} I(z')\left[\frac{\partial G(z,z')}{\partial z''^2}+k^2G(z,z')\right]dz' = -i\omega\varepsilon E^i_z(z) \qquad (1)$$

Тут:

z – координата точки спостереження, z' – координата точки на вісі елемента, в якій розташовано джерело струму,

$G(z,z')=\dfrac{e^{-ikr}}{4\pi}$ – функція Гріна,

$k=\dfrac{2\pi}{\lambda}$ – хвильове число (коефіцієнт фази),

$r=\sqrt{(z,z')^2+a^2}$,

a – радіус стрижня сіткової моделі,

$I(z')=\int\limits_x j(z)dz$ – лінійний струм в точці z'

Розвязавши його (наприклад за методом моментів), знайдемо струми:
Розв'язування рівняння (1) за методом моментів здійснюється у такому порядку:
- невідомі розподіли струмів $I(z')$ вздовж вісі z будь-якого фрагменту сіткової моделі розкладають по системі обраних базисних функцій $J_n(z')$ так, що

$$I(z')=\sum_{n=1}^{N} I_n j_n(z'), \qquad (2)$$

де невідомі постійні коефіцієнти I_n належать визначенню;
- в інтегральному рівнянні (1) після підставлення в нього (2) виділяються невідомі величини I_n :

$$\sum_{n=1}^{N} I_n \int\limits_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} j_n(z')\left[\frac{\partial^2 G(z,z')}{\partial z'^2}+k^2 G(z,z')\right]dz'=-i\omega\varepsilon E_z^i(z) \qquad (3)$$

- у лівій та правій частинах (3) створюють внутрішні скалярні добутки по типу

$$\langle\alpha\beta\rangle=\int\limits_L \alpha\beta\, dt,$$

де t – змінна . Такий добуток називається внутрішнім добутком. Він дозволяє встановити взаємний вплив двох будь-яких елементів сіткової моделі. Один з множників внутрішнього добутку називається ваговою функцією W_m і відноситься до m-го елементу сіткової моделі, якій взаємодіє з n-м елементом.

Тепер співвідношення (3) набуває вид:

$$\sum_{n=1}^{N} I_n \int\limits_{L_n}\int\limits_{L_m} W_m(z) j_n(z')\left[\frac{\partial^2 G(z,z')}{\partial z''^2}+k^2 G(z,z')\,dz'\right]dz=-i\omega\varepsilon\int\limits_{L_m} W_m(z)E_z^i(z)dz \qquad (4)$$

Застосовуючи метод Галеркіна, обираємо вагові функції W_m такі ж, як базисні функції $J_m(z')$:

$$W_m=J_m(z') \qquad (5)$$

В співвідношенні (4) підінтегральна частина має розмірність опору. Тому вона позначається z_{mn} і називається узагальненим опором. Права частина (4) має зміст узагальненої напруги збудження і позначається U_m. При цьому вираз (4) стає еквівалентним формальної системи лінійних рівнянь:

$$\left.\begin{aligned} I_1 z_{11}+I_2 z_{12}+\ldots+I_N z_{1N}&=U_1\\ I_1 z_{21}+I_2 z_{22}+\ldots+I_N z_{2N}&=U_2\\ &\vdots\\ I_1 z_{N1}+I_2 z_{N2}+\ldots+I_N z_{NN}&=U_N \end{aligned}\right\} \qquad (6)$$

В (6) z_{mn} – взаємні опори елементів сіткової моделі, а z_{nn} – власні опори.Система рівнянь (6) може бути записана у матричній формі :

$$[z]\cdot[I]=[U], \tag{7}$$

де [z] – матриця узагальнених імпедансів,

[I] – матриця-стовбець невідомих коефіцієнтів розкладу (2),

[U] – матриця-стовбець джерел збудження.

Розв'язок (7) здійснюється за спеціальними програмами після попереднього перетворення до форми

$$[I]=[z]^{-1}[U] \tag{8}$$

Припустимо, що сіткова модель об'єкту (Рис.1) складена з m+n лінійних елементів, причому таких, що в n-елементах або сегментах моделі значення струмів невідомо, а в m-елементах або сегментах відповідні струми відомі.

У загальному випадку необхідно визначити розсіяне поле тілом складної форми E^s по відомому падаючому полю E^i, створеному джерелом стороннього струму I^i. Чисельне розв'язання задачі методом моментів припускає зведення інтегрального рівняння (4) щодо невідомих струмів, індукованих первісним полем, до системи лінійних рівнянь

(6-8) із n невідомими у виді коефіцієнтів розкладання струмів I^s. При цьому повинні задовольнятися граничні умови для дотичних складового результуючого електричного поля:

$$E^i + E^s = 0 \tag{9}$$

Умова (9) записується відносно струмів у матричному виді як:

$$[Z]^s[I]^s+[Z]^i[I]^i=0, \tag{10}$$

де

$$[Z]^s=\begin{vmatrix} Z_{11} & Z_{12} & \dots & Z_{1n} \\ Z_{21} & Z_{22} & \dots & Z_{2n} \\ . & & & \\ . & & & \\ Z_{n1} & Z_{n2} & \dots & Z_{nn} \end{vmatrix} \quad [I]^s=\begin{vmatrix} I_1 \\ I_2 \\ . \\ . \\ I_n \end{vmatrix} \quad [Z]^i=\begin{vmatrix} Z_{1,n+1} & Z_{1,n+2} & \dots & Z_{1,n+m} \\ Z_{2,n+1} & Z_{2,n+2} & \dots & Z_{2,n+m} \\ . & & & \\ . & & & \\ Z_{n,n+1} & Z_{n,n+2} & \dots & Z_{n,n+m} \end{vmatrix} \quad [I]^i=\begin{vmatrix} I_{n+1} \\ I_{n+2} \\ . \\ . \\ I_{n+m} \end{vmatrix}$$

$[Z]^s$ - матриця взаємодії n пасивних провідних елементів (сегментів) сіткової моделі тіла складної форми;

$[I]^s$ - матриця-стовпець n невідомих струмів, які збуджуються на поверхні тіла первинним полем;

$[Z]^i$ - матриця взаємодії m активних провідних елементів (сегментів) сіткової моделі антені - джерел стороннього збудження пасивних елементів;

$[I]^i$ - матриця-стовпець відомих струмів у сегментах антени, яка встановлена на поверхні тіла.

Введемо позначення:

$$[U]^i=[Z]^i[I]^i, \tag{11}$$

де $[U]^i=[U_1,U_2,\dots,U_n]$ - матриця-стовпець напруг, що виникають під впливом падаючого електромагнітного поля на кожному сегменті сіткової моделі тіла складної геометричної форми. Таким чином, потрібно розв'язати матричне рівняння:

$$[Z]^s[I]^s=-[U]^i \tag{12}$$

щодо невідомих струмів I^i, i=1,2,…,n...А вже потім є можливість елементарно перейти до напруженості поля «сітка+антени» у точці майбутньої установки нової антени, а значить до потужності завади, що буде наводитися в ній.

Програма, що створена на базі наведеної вище теорії й реалізована мовою Max-Script, вказує оптимальні місця розміщення антен на фюзеляжі літального апарату. Але цікаво не тільки отримати результат, але й зрозуміти чинники, що його спонукали.

Поміркувавши над тим , як необхідно встановлювати антени, можна прийти до висновку, що правомірним є принцип *послідовності*: спочатку встановлюється одна антена, потім друга, третя – і так далі.

Однією з особливостей великих систем є їх складність. Це означає, що їх неможливо повністю відтворити за допомогою, наприклад, математичного моделювання. Тому важливим є другий принцип управління складними системами: *емпіричність*. Принцип емпіричності можна назвати одним з фундаментальних принципів управління великими системами. Принцип емпіричності твердить, що навіть у випадку, коли декілька незалежних експертних систем прийшли до твердження А, але досвід, накопичений системою (іноді за багато років) - до твердження Б, - то ні в якомі разі не треба ігнорувати останнє, а навпаки, виробити деяке компромісне твердження С, формулювання якого можна довірити, наприклад, спеціальній експертній системі,- або рішення може прийняти людина.

Вивчення великих систем приводить до думки, що вони , не дивлячись на, здавалось би, суперечливість цієї тези, - можуть розглядатися як малі або прості системи. Проста система відрізняється від складної тим, що її не можна розбити на дві або більше складні системи, на відміну від складних , які можна розбивати на прості системи.

У випадку нашого прикладу необхідно сказати таке: якщо існує вибірка можливостей місць розташування антен, то необхідно взяти таке місце,де виконується, за умови дотримання ішних, ще й умова щонайбільшої відстані між ними. Це зменшуватиме вплив однієї антени на іншу і навпаки.

Назвімо цей принцип принципом *тотожності.*

Отже ми сформулювали три принципи управління великими системами:

1) принцип послідовності;
2) принцип емпіричності;
3) принцип тотожності.

Звичайно, може існувати велика кількість не названих вище принципів управління великими системами.

Висновки: Сформульовано три принципи управління великими (складними) системами на прикладі вирішення проблеми електромагнітної сумісності множини штатних антен, розміщуваних на літальному апараті

Список літератури

1. *Айзенберг Г. З., Белоусов С. П., Журбенко Э. М.* Коротковолновые антенны / Под ред. Айзенберга Г. З., – М.: Радио и связь, 1985. – 535 с.

2. *Барабанов Ю. Н.* Исследование поля излучения объектов геометрически сложной формы радиотехнических средств управления воздушным движением // Дис. на соиск. уч. ст. к.т.н., - К.: КМУГА, 1996. –176 с.

3. Вычислительные методы в электродинамике / Под ред. Митры Р. Пер. с англ. – М.: Мир, 1977. – 485 с.

4. *Калинин А.И., Черенкова Е.Л.* Распространение радиоволн и работа радиолиний. – М.: Связь, 1971. – 440

5. *Монзиго Р.А., Миллер Т. У.* Адаптивные антенные решетки: Введение в теорию / под ред. Лексаченко В. А. – М.: Радио и связь, 1986. – 446 с.