

Лабораторна робота №5

«Моделювання впливу статистичного відхилення параметрів елементів на роботу функціональних блоків електронних схем»

Мета роботи: визначення впливу статистичного відхилення параметрів елементів на якість роботи електронних схем

Короткі теоретичні відомості

При проектуванні і моделюванні радіоелектронних пристроїв і радіоелектронних систем впливи на входах і виходах їх функціональних елементів розглядаються як фазові змінні математичної моделі. Спосіб опису фазових змінних, що робить істотний вплив на склад моделі і макромоделі функціональних блоків, визначає фактично метод переходу від математичної моделі до цифрової. Існує декілька методів переходу від математичної моделі до цифрової:

- метод несучої, коли використовуються миттєві значення фазових змінних, вхідних сигналів і їх суміші з перешкодами;
- метод комплексної огибаючої, коли фазові змінні і вхідні сигнали описуються з точністю до їх комплексних огибаючих;
- метод статистичних еквівалентів, коли реальні випадкові процеси в радіоелектронній системі представляються своїми статистичними характеристиками, наприклад математичними очікуваннями і дисперсіями, або коли реальні процеси замінюються іншими, але статистично адекватними їм в рамках вибраного критерію, наприклад, по збігу певного числа моментів;
- метод інформаційного параметра, коли замість дослідження проходження реального сигналу в моделі системи розглядається проходження через модель інформаційного параметра, для прийому і обробки якого ця система призначена;
- комбіновані методи.

Метод несучої використовується для побудови моделей високочастотних і низькочастотних ланок радіоелектронних систем. Математичні моделі можуть

будуватися на основі як принципових, так і структурних (функціональних) схем. При цьому для опису перетворень сигналів і перешкод в елементах схеми можуть використовуватися спектральні або часові перетворення, а також диференціальні рівняння. Найширше використовуються при описі сигналів і перешкод диференціальні рівняння. Цей метод дозволяє з необхідною повнотою і заданою точністю реалізовувати в цифровій моделі операції, що виконуються кожним елементом.

Метод комплексної огинаючої застосовується тоді, коли інформаційний процес $X \rightarrow X(0)$, що характеризує перетворення інформації в системі, є комплексною огинаючою сигналу. При цьому необхідність відтворення в моделі несучої складової, що не містить інформації, відпадає. Формування моделі в цьому випадку полягає у відшуванні алгоритмів, що дозволяють отримувати що комплексні огинаючі різних сигналів і перешкод і обчислювати миттєві значення таких комплексних огинаючих на виході будь-якого елемента системи по миттєвим значенням на вході. Для моделювання методом комплексною огинаючою сигналу розроблено ряд способів математичного опису типових елементів (ланок), сигналів і перешкод на основі методу доволі змінних амплітуд Вандер-Поля.

Сутність метода комплексної огинаючої зводиться до заміни елемента (ланки) радіоелектронної системи з вузькосмуговою вхідною дією еквівалентною низькочастотною ланкою з вхідною дією у вигляді комплексної огинаючої вузькосмугового сигналу. При відомих описах типових елементів радіоелектронних систем (генераторів, модуляторів, демодуляторів, підсилювачів, суматорів, інтеграторів і т. д.) моделювання методом комплексною огинаючої зводиться до комбінування відомих алгоритмів відповідно до функціональної схеми моделюючої системи.

Метод статистичних еквівалентів полягає в заміні реального елемента (ланки) радіоелектронної системи математичною моделлю, що є еквівалентом цієї ланки. При цьому статистичний еквівалент елемента системи забезпечує адекватність вихідного сигналу лише в статистичному сенсі, з точністю до

заданих статистичних характеристик. Найчастіше для оцінювання статистичних характеристик використовуються перші два моменти (вибіркові середні і дисперсії).

Заміна реальних елементів системи їх статистичними еквівалентами може проводитися на основі методу статистичної лінеаризації, формульного методу, методу гармонійної статистичної реалізації і ін. Так, наприклад, метод статистичної лінеаризації застосовується для моделювання низькочастотних нелінійних елементів шляхом заміни їх лінійними статистичними еквівалентами. Він забезпечує адекватність математичного очікування і флуктуації сигналу щодо математичного очікування. Цей метод є достатньо здійсненим лише при нормально розподілених випадкових діях.

Метод інформаційного параметра застосовується для побудови математичних моделей таких радіоелектронних систем і засобів, в яких здійснюється перетворення інформаційного параметра. Він широко застосовується при моделюванні наступних типів радіоелектронних систем і засобів:

- вимірювачів параметрів руху об'єктів (дальності, швидкості, напрямку, місцеположення і т. п.);
- РЛС - стеження за ціллю систем самонаведення;
- пристроїв автоматичного стеження за фазою або частотою сигналу.

У якості інформаційного параметру $X(0)$ може бути будь-який параметр, що відстежується системою: амплітуда, частота або фаза сигналу, кутове відхилення по азимуту і куту місця, дальність мети і ін. Суть методу інформаційного параметра полягає в заміні структурної схеми реальної системи з вхідним сигналом у вигляді суміші $x(Y, X)$ структурою еквівалентної системи автоматичного регулювання з вхідною дією у вигляді інформаційного параметра. При цьому головним питанням є забезпечення статистичної адекватності моделі і реальної системи. Як правило, адекватність моделі і системи забезпечується ідентичністю диференціальних рівнянь, що дозволяють знайти оцінку інформаційного параметра $X(0)$, або величиною сигналу помилки.

Метод інформаційного параметра є універсальним для радіоелектронних систем стежачого типу, оскільки він дозволяє здійснити їх моделювання з єдиних позицій.

Комбіновані методи застосовуються в тих випадках, коли метою моделювання є виявлення впливу параметрів окремих елементів радіоелектронної системи на її ефективність (показники якості), наприклад, при оптимізації систем.

При комбінованому методі розробки цифрової моделі частина елементів радіоелектронної системи (що неістотно впливає на її ефективність) представляється функціональними моделями вхідних в неї елементів, а інша частина відтворюється в моделі точніше, у вигляді диференціальних рівнянь, складених, наприклад, по принциповій схемі. Комбіновані методи дозволяють спростити модель радіоелектронної системи в цілому, істотно розширюючи при цьому можливості при дослідженні найбільш важливих з погляду внеску в ефективність системи характеристик.

Порядок виконання роботи

1. За результатами виконання лабораторної роботи №2, для першого ФБ РЕП визначити вихідні параметри і характеристики, які мають найбільшу ступінь впливу на основні показники якості роботи схеми.

2. За допомогою виду аналізу Monte-Carlo у середовищі Electronics Workbench оцінити випадкових розкидів параметрів елементів на вихідні параметри і характеристики першого ФБ РЕП.

3. За допомогою виду аналізу Worst Case у середовищі Electronics Workbench визначити найгірший випадок поєднання випадкових відхилень параметрів елементів першого ФБ РЕП.

4. Повторити виконання п.п. 1-3 відповідно до схем усіх інших ФБ РЕП.

5. Узагальнити результати виконання п.п. 1-4 і визначити діапазон працездатності пристрою при випадкових відхиленнях параметрів елементів схеми.

6. Оформити звіт з лабораторної роботи.

Зміст звіту

1. Титульний аркуш звіту
2. Мета роботи
3. Короткі теоретичні відомості
4. Порядок виконання роботи
5. Результати моделювання впливу температури навколишнього середовища на вихідні параметри і характеристики кожного ФБ РЕП у середовищі Electronics Workbench:
 - 5.1. Результати моделювання ФБ у режимі Monte-Carlo;
 - 5.2. Результати моделювання ФБ у режимі Worst Case;
 - 5.3. Опис отриманих результатів;
6. Узагальнення результатів дослідження усіх ФБ РЕП
7. Висновки.

Контрольні питання

1. Методи побудови цифрових моделей РЕП
2. Детерміновані джерела сигналів
3. Недетерміновані джерела сигналів
4. Макромоделі активних компонентів електронних схем
5. Моделі пасивних компонентів електронних схем