Лабораторная работа 4.2

ИССЛЕДОВАНИЕ RC-ЦЕПИ ПРИ ДЕЙСТВИИ ПЕРИОДИЧЕСКИХ НЕСИНУСОИДАЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ

4.2.1. Спектральный (частотный) метод анализа электрических цепей

При спектральном анализе рассматриваются не изменения токов и напряжений, а изменения их спектров. Как известно, реакция линейной цепи на воздействие синусоидального сигнала заключается в изменении амплитуды и начальной фазы этого сигнала. Поскольку параметры цепи зависят от частоты, эти изменения также являются функциями частоты. Поэтому об изменении спектра сигнала удобно судить по частотным характеристикам цепи.

Рассмотрим двухполюсник, имеющий комплексное сопротивление $Z(j\omega)$. К входным зажимам двухполюсника приложено несинусоидальное напряжение $u(t)$, спектральная плотность которого равна $U(j\omega)$. В соответствии с законом Ома спектральная плотность тока

$$I(j\omega)=\frac{U(j\omega)}{Z(j\omega)}.$$

Далее ток как функцию времени мы можем найти с помощью обратного преобразования Фурье:

$$i(t)=\frac{1}{2\pi}\int\limits_{-\infty}^{\infty} I(j\omega)e^{j\omega t}d\omega.$$

Как известно, передающие свойства четырехполюсников характеризуют передаточными функциями. Комплексной передаточной функцией называют отношение комплексной амплитуды реакции к комплексной амплитуде входного воздействия. Спектральная функция выходного напряжения

$$U_2(j\omega)=H(j\omega)U_1(j\omega).$$

Представим комплексную передаточную функцию в показательной форме:

$$H(j\omega)=H(\omega)e^{j\varphi(\omega)}.$$

Из последнего равенства следует, что на частоте ω модуль выходного напряжения отличается от входного в $H(\omega)$ раз, а начальная фаза выходного напряжения от фазы входного – на угол $\varphi(\omega)$.

Расчет цепи спектральным методом выполняется в следующем порядке.

1. Определяется комплексная функция цепи.
2. Находится спектр входного воздействия.
3. Вычисляется спектр реакции.
4. Определяется обратное преобразование спектра.

Спектральный метод расчета применим и в том случае, если на входе действует периодическая несинусоидальная функция. Спектр такой функции является дискретным. Обозначим комплексные амплитуды гармоник входного напряжения $\dot{U}_k^{(1)}$. Комплексная амплитуда *k*-й гармоники на выходе

$$\dot{U}_k^{(2)} = H(jk\omega_1)\dot{U}_k^{(1)}.$$

Здесь $H(jk\omega_1)$ – значение комплексной передаточной функции на частоте *k*-й гармоники. Таким образом, выходное напряжение

$$u_2(t) = \frac{U_0^{(1)}}{2} H(0) + \sum_{k=1}^{n} U_k^{(1)} \left| H(jk\omega_1) \right| \sin\left(k\omega_1 t + \varphi(k\omega_1)\right).$$

Амплитуды гармоник периодической функции быстро убывают с ростом порядкового номера. Поэтому на практике ограничиваются частной суммой ряда, число гармоник которой зависит от скорости сходимости ряда и требуемой точности.

Примеры расчета цепей спектральным методом можно найти в [2, 4].

Рекомендуемая литература

1. Новожилов, О. П. Электротехника и электроника: учебник / О. П. Новожилов. –М.: Гардарики, 2008. – 653 с.

2. Бакалов, В. П. Основы теории цепей: учебник для вузов / В. П. Бакалов, В. Ф. Дмитриков, Б. И. Крук. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 2000. – 592 с.

3. Атабеков Г. И. Основы теории цепей: Учебник. 2-е изд., испр. – СПб.: Издательство «Лань», 2006. – 432 с.

4. Довгун, В. П. Электротехника и электроника: учеб. пособие: в 2-х ч. Ч. 1 / В. П. Довгун. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2006. – 270 с.

5. Матханов, П. Н. Основы анализа электрических цепей. Линейные цепи / П. Н. Матханов. – М.: Высш. шк., 1990. – 400 с.

6. Белецкий, А. Ф. Теория линейных электрических цепей / А. Ф. Белецкий. – М.: Радио и связь, 1986. – 544 с.

7. Башарин, С. А. Теоретические основы электротехники: Теория электрических цепей и электромагнитного поля: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / С. А. Башарин, В. В. Федоров.– М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 304 с.