

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОДНОДЕКАДНОГО ИНДУКТИВНОГО ДЕЛИТЕЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ В ПАКЕТАХ ORCAD И MATLAB

Крашкевич А.С., Карабанова О.И.

Научный руководитель: Ким В.Л., профессор

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: crazy_skier@list.ru

В данной работе приведены результаты моделирования однодекадного индуктивного делителя напряжения (ИДН) с коэффициентами передач 0,8 и 0,2 в системе проектирования OrCad и в системе компьютерной математики MatLab. Приведена сравнительная оценка *PSpice*-модели и *T*-модели.

Введение

Основная цель моделирования ИДН в системе проектирования OrCad и в системе компьютерной математики MatLab является определение погрешности ИДН, которая зависит от инерционности ее звеньев и от частотного спектра входного сигнала [1]. Передаточная функция [2] представляет собой одну из полных динамических характеристик средств измерений. По передаточной функции можно найти частотные характеристики. Система MatLab позволяет получить аналитические выражения передаточной функции ИДН. В свою очередь, в системе проектирования OrCad можно осуществить расчет АЧХ и ФЧХ цепей с высокой точностью и достоверностью.

Моделирование однодекадного ИДН с коэффициентами передач 0.2 и 0.8 в системе MatLab

Моделирование однодекадного ИДН начинается с построения модели (рис. 1).

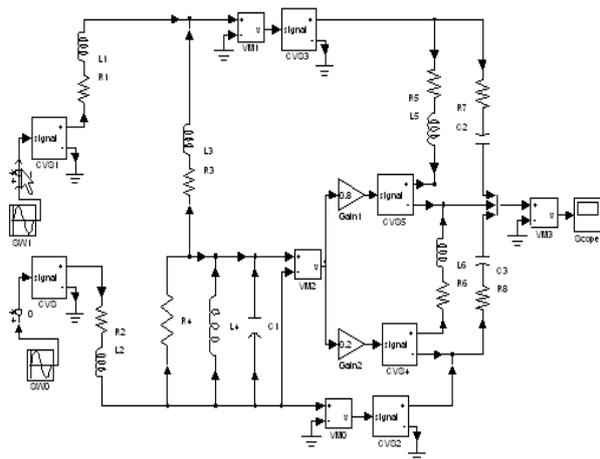


Рис. 1. Simulink-модель однодекадного ИДН с коэффициентом передачи 0,2

Второй этап моделирования – это процесс получения передаточной функции. Искомой передаточной функцией «вход-выход» является T_{13} (передаточная функция от входа управляемого источника напряжения CVS1 до выхода

измерителя напряжения VM3). В процессе моделирования была получена передаточная функция двадцать пятого порядка. В вычислительном аспекте математическая модель такого порядка численно неустойчива и плохо обусловлена [3]. С помощью редуцирования [1] была получена передаточная функция третьего порядка для коэффициента передачи 0,2

$$T_{13}^{0.2} = \frac{0.2174s^3 + 5.084e004s^2 + 6.531e012s + 5.45e008}{s^3 + 2.23e005s^2 + 3.274e013s + 1.502e009}$$

и коэффициента передачи 0,8

$$T_{13}^{0.8} = \frac{0.7825s^3 + 1.683E005s^2 + 2.622E013s + 6.439E01}{s^3 + 2.166E005s^2 + 3.277E013s + 1.01E013}$$

Завершающим этапом моделирования является сравнение редуцированной (*ivd01rtf*) и нередуцированной модели (*ivd01t*), где нередуцированная модель – полная модель двадцать пятого порядка, редуцированная модель – модель третьего порядка. Сравнение результатов (табл. 1) проводится по погрешности редуцирования – наибольшего относительного смещения амплитудных погрешностей в моделируемом диапазоне частот

$$\varepsilon_{irt} = \max \left| \frac{\delta_{ir} - \delta_{it}}{\delta_{it}} \right| * 100\% , \quad (1)$$

где δ_{it} , δ_{ir} – относительные погрешности коэффициентов передач моделей *ivd01t* и *ivd01rtf* [1].

Таблица 1. Сравнительные результаты расчета редуцированной и полной моделей при частоте 200 кГц

Коэффициент передачи K_{ij}	Относительная погрешность $\delta K_i, \%$		Погрешность редуцирования $\varepsilon_{irt}, \%$
	<i>ivd01t</i>	<i>ivd01rtf</i>	
0,2	-0,45	-0,5	10
0,8	-0,125	-0,125	0

Моделирование однодекадного ИДН с коэффициентами передач 0.2 и 0.8 в системе OrCad

Исследование однодекадного ИДН при использовании пакета OrCAD начинается с построения его электрической модели с помощью графического редактора *PSpice Schematics* (рис. 2). В основу построения схемы модели (*P*-модель) положена базовая модель *MT* [1].

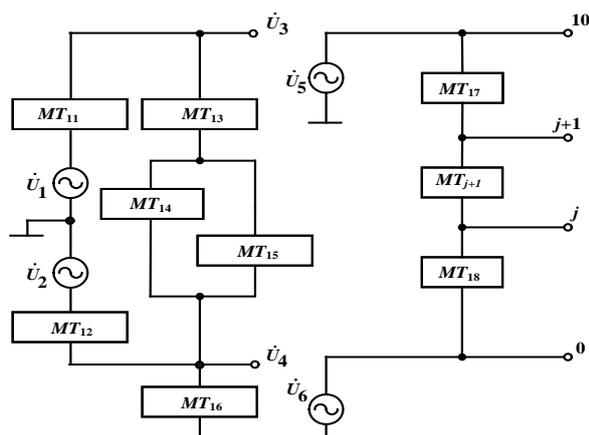


Рис. 2. P-модель однодекадного ИДН

Входная цепь состоит из шести базовых моделей (MT_{11} - MT_{16}). Выходная цепь представляет собой упрощенную модель (макромодель). Она содержит три базовые модели (MT_{17} , MT_{j+1} , MT_{18}).

Следующим этапом моделирования является расчет значений элементов выходной цепи для $K_{пj} = 0,2(0,8)$ при $C_0 = 300$ пФ; $l_{s0} = 1,1$ мкГн; $r_0 = 0,12$ Ом (табл. 2), C_0 , l_{s0} , r_0 – межпроводная ёмкость жгута, индуктивность рассеяния и активное сопротивление.

Таблица 2. Параметры модели однодекадного ИДН в системе OrCad

Коэффициент передачи $K_{пj}$	Параметры базовой модели		
	MT_{17}	MT_{j+1}	MT_{18}
0,2 (0,8)	$r_{8,10} = 2r_0$ $l_{s8,10} = 2l_{s0}$ $c_{8,10} = 4,25C_0$	$r_{2,8} = 6r_0$ $l_{s2,8} = 6l_{s0}$ $c_{2,8} = 3,63C_0$	$r_{0,2} = 2r_0$ $l_{s0,2} = 2l_{s0}$ $c_{0,2} = 4,25C_0$

Погрешность коэффициента передачи определяется по графикам АЧХ (рис. 3, рис. 4) используя формулу 1.

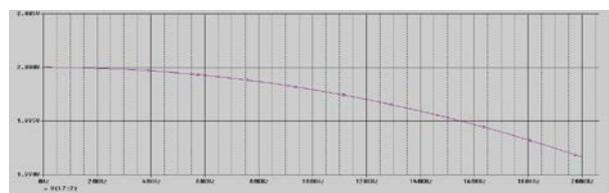


Рис. 3. АЧХ при коэффициенте передачи 0,2 в системе OrCad

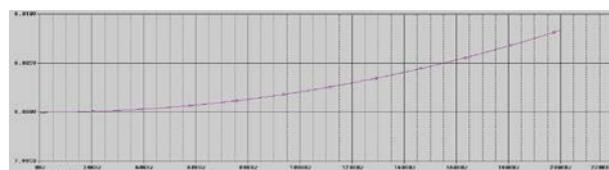


Рис. 4. АЧХ при коэффициенте передачи 0.8 в системе OrCad

Оценка качества моделей

Оценка качества моделей получена методом сравнения T-модели с ее с эталоном – P-моделью. T-модель – это редуцированная rtf-модель, созданная в системе MatLab. В таблице 3 приведены расчёты значений погрешностей на границе частотного диапазона 200 кГц для редуцированной T-модели и эталонной P-модели [1].

Таблица 3. Относительная погрешность коэффициента передачи эталонной и редуцированной моделей

Коэффициент передачи $K_{пj}$	Тип модели		Погрешность модели $\varepsilon_{\delta j}$, %
	rtf-модель	P-модель	
0,2	-0,5	-0,415	20%
0,8	0,125	0,105	19%

Из таблицы 3 следует, что максимальная погрешность T-модели ε_{δ} равна 20 %. Такое относительно немалое значение критерия качества обусловлено редуцированием моделей, преобразованиями ss-моделей в tf-форму и обратно, округлением чисел [4]. Учитывая погрешность эталонной модели ($\varepsilon_{\delta_0} = 3\%$), максимальная погрешность редуцированной T-модели $\varepsilon_{\delta r} = \varepsilon_{\delta} + \varepsilon_{\delta_0} = 23\%$ [1].

Заключение

В ходе работы было произведено моделирование однодекадного ИДН в системе MatLab и OrCAD. Были получены амплитудно-частотные характеристики (АЧХ), а также была получена передаточная функция третьего порядка. Погрешность T-модели не превышает 23%, что приемлемо для практических расчетов в частотной области.

Литература

1. Ким В.Л. Методы и средства повышения точности индуктивных делителей напряжения: Монография, Гомск: ТПУ, 2009. – 213с.
2. ГОСТ 8.009-84. ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений. – Взамен ГОСТ 8.009-72; введ. 1986-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 38 с.
3. Дьяконов В.П. MATLAB 6/6.1/6.5 + Simulink 4/5 в математике и моделировании. Полное руководство пользователя / В.П. Дьяконов. – М.: СОЛОН-Пресс, 2003. – 576 с. – ISBN 5-93455-177-9.
4. Медведев В.С. Control System Toolbox / В.С. Медведев, В.Г. Потемкин; под общ. ред. В.Г. Потемкина. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 1999. – 287 с. – ISBN 5-86404-135-1.