

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЛИЯНИЯ ПЕРВИЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ

6.1. Цель работы

Цель работы: определение коэффициентов влияния первичных параметров (параметров элементов и функционального узла РЭУ) экспериментально-расчётным способом и сравнение полученных значений со значениями, найденными чисто аналитическими методами.

6.2. Теоретические сведения

Если известна математическая модель вида

$$y = \varphi(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (6.1)$$

где y – выходной параметр;

x_1, x_2, \dots, x_n – первичные параметры;

n – общее число учитываемых первичных параметров,

то коэффициент влияния B_i i -го первичного параметра можно определить по выражению

$$B_i = \left[\frac{\partial y}{\partial x_i} \cdot \frac{x_i}{y} \right]_0, \quad (6.2)$$

где нижний индекс «ноль» указывает на то, что после дифференцирования и домножения на x_i/y в полученное выражение необходимо подставить средние (при симметричных допусках – номинальные) значения x_1, x_2, \dots, x_n , если в выражении они ещё останутся. Примеры определения B_i приведены в [1, с. 97, 127; 2, с. 46].

Если выходной параметр y может быть представлен в виде отношения

$$y = \frac{Q(x_1, \dots, x_n)}{H(x_1, \dots, x_n)} = \frac{Q}{H}, \quad (6.3)$$

где Q, H – многочлены, содержащие обязательно все x_i , причём их степень может быть любой,

то коэффициент B_i может быть подсчитан по формуле

$$B_i = m \frac{Q(x_i)}{Q} - l \frac{H(x_i)}{H}, \quad (6.4)$$

где $Q(x_i)$ и $H(x_i)$ – части многочленов Q и H , содержащие только x_i ;

m, l – максимальные степени x_i соответственно в многочленах $Q(x_i)$ и $H(x_i)$.

С примером применения формулы (6.4) можно ознакомиться в [1, с. 128, пример 4.9; 2, с. 46, пример 4.9].

Коэффициенты влияния могут быть также определены методом приращения. В этом случае пользуются формулой [1]

$$B_i \approx \frac{\Delta y}{\Delta x_i} \cdot \frac{x_{i \text{ ном}}}{y_{\text{ном}}} = \frac{\varphi(x_{1 \text{ ном}}, \dots, x_{i \text{ ном}} + \Delta x_i, \dots, x_{n \text{ ном}}) - y_{\text{ном}}}{\Delta x_i} \cdot \frac{x_{i \text{ ном}}}{y_{\text{ном}}}, \quad (6.5)$$

где $x_{i \text{ ном}}$, $y_{\text{ном}}$ – соответственно средние (номинальные) значения i -го первичного и выходного параметров; $i = 1, \dots, n$;

Δx_i – задаваемое приращение (с учётом знака) i -го первичного параметра;

Δy – приращение выходного параметра с учетом знака после выполнения операции приращения x_i .

Точность определения B_i зависит от приращения Δx_i . При решении практических задач Δx_i составляет обычно не более 1 ... 2 % среднего (номинального) значения x_i . Примеры применения метода приведены в [1, с. 129; 2, с. 47].

Для определения коэффициентов влияния первичных параметров **экспериментально-расчетным способом** математическая модель (6.1) не нужна. Используется экземпляр РЭУ или его макет. Метод состоит в следующем. Интересующему первичному параметру x_i дают малое приращение Δx_i (желательно 1...2 %, но в любом случае не более ± 5 %), принимая во внимание знак приращения. Остальные первичные параметры считают соответствующими средним (номинальным) уровням, или же, если нет технических сложностей, устанавливают их средние значения. После выполнения операции приращения контролируют значение выходного параметра y . Коэффициент влияния первичного параметра x_i определяют по формуле

$$B_i = \frac{\Delta y}{\Delta x_i} \cdot \frac{x_{i \text{ нач}}}{y_{\text{нач}}}, \quad (6.6)$$

где $x_{i \text{ нач}}$, $y_{\text{нач}}$ – соответственно значения первичного параметра x_i и выходного параметра y до выполнения операции приращения.

Значение Δy определяют как

$$\Delta y = \varphi(x_{1 \text{ нач}}, \dots, x_{i \text{ нач}} + \Delta x_i, \dots, x_{n \text{ нач}}) - y_{\text{нач}}. \quad (6.7)$$

Если все первичные параметры (включая параметр x_i) до выполнения операции приращения x_i устанавливались равными средним (номинальным) значениям, то справедливы равенства

$$x_{i \text{ нач}} = x_{i \text{ ном}}; \quad i = 1, \dots, n; \quad y_{\text{нач}} = y_{\text{ном}}.$$

6.3. Описание лабораторного макета

Исследуемым РЭУ является неинвертирующий источник опорного напряжения. Его электрическая схема приведена на рис. 6.1.

В качестве выходного параметра y рассматривается выходное напряжение $U_{\text{вых}}$ исследуемого РЭУ, в качестве первичных параметров – сопротивления резисторов $R1 - R3$, напряжение стабилизации $U_{\text{ст}}$ элемента $VD1$ и напряжение питания $U_{\text{пит}}$ источника питания $A1$.

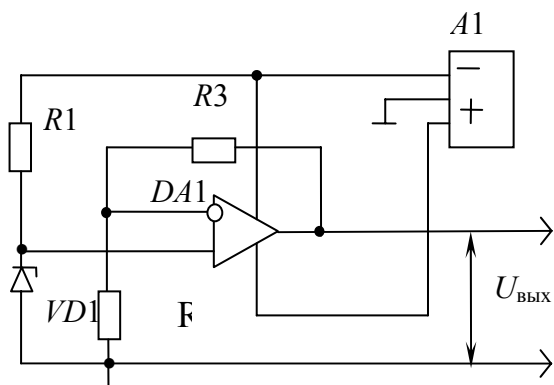


Рис. 6.1. Электрическая схема источника опорного напряжения

Исследуемое РЭУ представлено лабораторным макетом. Для наглядности на передней панели макета приведена электрическая схема устройства с указанием номинальных значений первичных параметров, значений допусков этих параметров и другой необходимой информации.

6.4. Задание на экспериментальную часть лабораторной работы

Рекомендуемая последовательность выполнения работы:

1. Ознакомиться с лабораторным макетом: выяснить, каковы номинальные значения первичных параметров, в каких пределах можно задавать отклонения от этих значений, как контролировать приращения первичных параметров, как измерять выходной параметр.

2. Используя лабораторный макет, получить данные необходимые для последующего расчёта по формуле (6.6) коэффициентов влияния первичных параметров – сопротивлений резисторов $R1 - R3$, напряжения стабилизации $U_{\text{ст}}$ элемента $VD1$ и напряжения питания $U_{\text{пит}}$ источника питания $A1$.

В качестве значений $x_{i \text{ нач}}$ до выполнения операции приращения значений x_i использовать значения $x_{i \text{ ном}}$, в качестве $y_{\text{нач}}$ – значение $y_{\text{ном}}$.

Рекомендуемая последовательность получения экспериментальных данных:

- установить номинальные значения всех x_i и измерить значение $y_{\text{ном}}$;
- для рассматриваемого x_i сделать малое приращение Δx_i , приняв во внимание знак приращения;
- измерить значение y , соответствующее приращению Δx_i .

3. По формуле (6.6) определить значения коэффициентов влияния первичных параметров. Для определения приращений Δy , подставляемых в формулу (6.6), использовать выражение (6.7).

4. Принимая во внимание математическую модель РЭУ, полученную в лабораторной работе № 4, определить коэффициенты влияния первичных параметров $R1 - R3$, $U_{\text{ст}}$ и $U_{\text{пит}}$ двумя способами: по формуле (6.2) или (6.4) и методом приращений с использованием выражения (6.5).

5. Сравнить значения коэффициентов влияния, полученные при выполнении пп. 3 и 4, объяснить расхождение значений.

6. Написать отчёт по работе.

Примечание. Если лаб. работа № 4 не выполнялась, то при выполнении п. 4 в качестве математической модели РЭУ рассматривать выражение, приводимое в литературе [2]:

$$U_{\text{вых}} = U_{\text{ст}} \frac{R2 + R3}{R2} . \quad (6.8)$$

6.5. Содержание отчета

1. Формулировка цели работы.
2. Электрическая схема исследуемого РЭУ с указанием номинальных значений и предельных отклонений первичных параметров.
3. Математическая модель РЭУ.
4. Экспериментальные данные, необходимые для определения коэффициентов влияния экспериментально-расчётным способом.
5. Значения коэффициентов влияния, полученные экспериментально-расчётным и аналитическим способами.
6. Выводы по работе с обязательным объяснением причин расхождения значений коэффициентов, полученных разными способами.

Ответ на пп. 4, 5 следует дать в виде табл. 6.1.

Таблица 6.1

Первичный параметр	Значение $x_{i \text{ ном}}$, [разм]	Приращение Δx_i , [разм]	Значение y с учётом приращения Δx_i , [разм]	$y_{\text{ном}}$, [разм]	Δy , найденное по выражению (6.7), [разм]	B_i , полученное экспериментально-расчётным способом	B_i , полученное аналитическим способом (методом)	
							по формуле (6.2) или (6.4)	по выражению (6.5)
$x_i \rightarrow R1$
...

Примечание. Запись [разм] в табл. 6.1 означает размерность приводимой величины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боровиков С.М. Теоретические основы конструирования, технологии и надежности: Учеб. для студ. инж.-техн. спец. вузов. – Мн.: Дизайн ПРО, 1998. – 336 с.
2. Боровиков С.М., Погребняков А.В. Теоретические основы конструирования, технологии и надежности. Сборник задач: Учеб. пособие для вузов. – Мн.: БГУИР, 2001. – 124 с.
3. Нестеренко Б.К. Интегральные операционные усилители: Справ. пособие по применению. – М.: Энергоиздат, 1982. – 80 с.