

5. Вишенчук И. М. и др. Цифровой вольтметр. (Автор. свид-во № 699448).— БИ, 1979, № 43.
6. Шахов Э. К. Метод повышения помехоустойчивости интегрирующих цифровых вольтметров.— Автометрия, 1980, № 5, с. 55—64.
7. Агизим А. М., Розенблат М. Ш., Свирцев В. А. Об одном классе селективных преобразований.— В кн.: Отбор и передача информации. Кйев: Наук. думка, 1970, вып. 24, с. 46—49.

Поступило в редакцию 3 апреля 1981 г.;
окончательный вариант — 11 апреля 1983 г.

УДК 681.327.21

О. В. ЕРОФЕЕВА, В. П. САВЕНКОВ

(Минск)

УЛУЧШЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК УСТРОЙСТВ ГРАФИЧЕСКОГО ВВОДА

Работа дискретно-непрерывных устройств графического ввода (УГВ) основана на предположении идентичности переходных процессов в электрических цепях координатных шин. Однако множество причин, включая конструктивную нерегулярность, случайным образом варьируют электромагнитные параметры цепей коммутации шин и скорости переходных процессов в них, ухудшая точность считывания. Ниже оценивается влияние названных параметров на погрешность УГВ и рассматриваются способы ее уменьшения.

Для оценки переходных процессов сделаем следующие допущения: коммутаторы шин работают в ключевом режиме, коммутация происходит мгновенно; сопротивление ключей в разомкнутом состоянии бесконечно, в замкнутом — конечно; переходные процессы в цепях коммутации определяются их собственными индуктивностями.

Последняя предпосылка основана на том, что, во-первых, конструкция планшета зачастую содержит цепи со сталью, а, во-вторых, использование технологического поля планшета под монтаж микросхем (коммутаторов) исключает «жгуты» и, как следствие, значительные величины межпроводниковых частичных емкостей [1].

Учитывая вышеизложенное, цепи коммутации шин представим как RL -цепи. Обозначим далее: U — напряжение источника питания, R_j , L_j и R_{j+1} , L_{j+1} — сопротивление и собственная индуктивность цепи коммутации j -й и $j+1$ -й смежных шин соответственно.

Развертывающее измерительное преобразование на планшете достигается очередной коммутацией шин $\dots, j, j+1, \dots$ в автоматное время $\dots, t_j, t_{j+1}, \dots$. Тогда скорость переходного процесса в j -й шине в моменты времени T_j представим как

$$v_j = \begin{cases} -(U/L_j) e^{-(R_j/L_j)\Delta T_j} & \text{для } T_j \in [t_j, t_{j+1}), \\ 0 & \text{для } T_j \notin [t_j, t_{j+1}), \end{cases}$$

где $\Delta T_j = T_j - t_j$.

Выражение скорости v_{j+1} процесса в $j+1$ -й шине аналогичное: надо лишь заменить j на $j+1$, а $j+1$ на $j+2$.

Влияние разброса значений между одинаковыми компонентами (R_j , L_j) и (R_{j+1} , L_{j+1}) на точность измерений оценим применительно к съемнику с чувствительным элементом (ЧЭ) в виде круговой катушки. В этом случае [2] локальная координата катушки относительно оси j -й шины, т. е. Δx_j (если шины j и $j+1$ квантуют планшет вдоль оси x), будет иметь вид

$$\Delta x_j = \lambda(E_j/(E_j + E_{j+1})), \quad (1)$$

где λ — шаг квантования планшета; E_j , E_{j+1} — модули значений ЭДС индукции в ЧЭ, наводимой током j -й и $j+1$ -й шин.

Вводя безразмерный коэффициент эквивалентности

$$\Phi_j = v_{j+1}/v_j = (L_j/L_{j+1}) e^{(R_j/L_j - R_{j+1}/L_{j+1})\Delta T_j}, \quad (2)$$

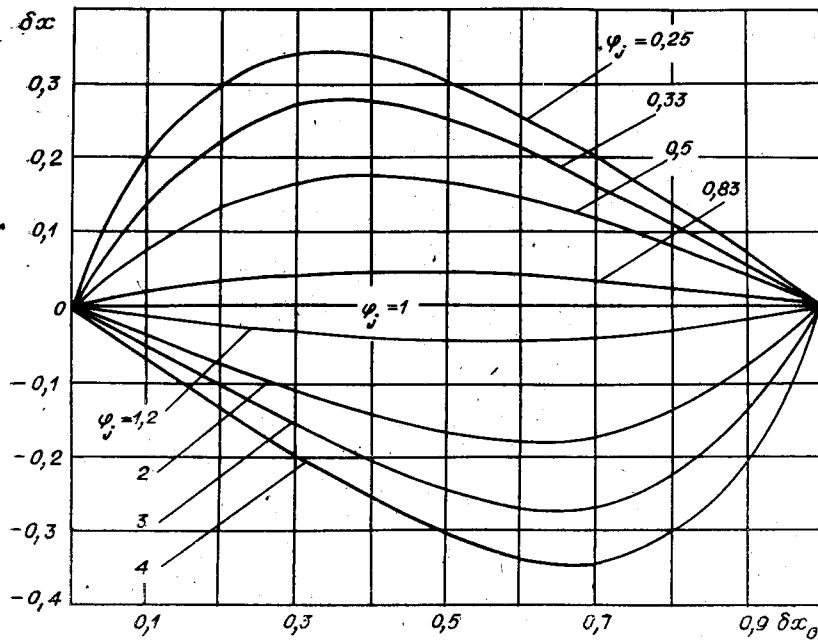
выражение (1) преобразуем следующим образом:

$$\Delta x_j = \lambda(1/(1 + (M_{j+1}/M_j)\Phi_j)). \quad (3)$$

Здесь M_j , M_{j+1} — модули значений взаимной индуктивности ЧЭ с j -й и $j+1$ -й шинами соответственно.

С помощью формулы (3) получим абсолютную погрешность измерения, обусловленную неэквивалентностью коммутирующих цепей

$$\Delta x = \Delta x_j|_{\Phi_j \neq 1} - \Delta x_j|_{\Phi_j = 1} = \lambda \left(\frac{1}{1 + (M_{j+1}/M_j)\Phi_j} - \frac{1}{1 + M_{j+1}/M_j} \right). \quad (4)$$



Далее, определив из (3) отношение M_{j+1}/M_j и подставив его в (4), найдем относительную погрешность измерения локальной координаты

$$\delta x = \Delta x / \lambda = 1 / (1 + (1/\delta x_0 - 1)\varphi_j) + \delta x_0, \quad (5)$$

где $\delta x_0 = \Delta x_j |_{\varphi_j=1} / \lambda$.

Из характеристик погрешности измерений координат (5), представленных на рисунке, следует, что влиянием φ_j на погрешность измерений пренебречь нельзя. Если, например, $0,5 \leq \varphi_j \leq 2$, то $|\delta x| \leq 0,18$, что при $\lambda = 10$ мм соответствует $|\Delta x| \leq 1,8$ мм. С другой стороны, указанная погрешность будет равна нулю, если $\varphi_j = 1$. Рассмотрим условия реализации последнего равенства.

Прежде всего заметим, что из-за высокой скорости переходных процессов в шинах выборку ЭДС заменяют фиксацией ее пиковых значений в моменты $\Delta T_j = T_j - t_j = 0$. В этом случае (2) принимает вид

$$\varphi_j |_{\Delta T_j=0} = L_j / L_{j+1}$$

а условие эквивалентности цепей ($\varphi_j = 1$) сводится к равенству $L_j = L_{j+1}$.

Строго соблюдения $L_j = L_{j+1}$ от шины к шине практически нельзя, как нельзя исключить случайность, обуславливающую «неопределенность» конструкции. Более того, наличие в УТВ погрешностей иной природы, не рассматриваемых здесь, позволяет вообще отказаться от точного выполнения требования эквивалентности цепей коммутации ($\varphi_j = 1$), заменив его условием квазиэквивалентности ($\varphi_j \approx 1$).

При таком подходе в качестве исходных данных на проектирование задают предельно допустимое значение погрешности δx . Затем по характеристикам δx находят верхнюю φ_j'' и нижнюю φ_j' границы допустимых значений φ_j . Далее, топологию цепей коммутации проектируют так, чтобы $\varphi_j'' \leq L_j / L_{j+1} \leq \varphi_j'$ выдерживалось для любой пары смежных шин.

Если указанное неравенство не гарантируется геометрическими параметрами цепей, например при высоких требованиях к точности, то можно ввести «усредненное» посредством общей балластной индуктивности L . Варьируя номинал L , добиваются выполнения $\varphi_j \leq (L + L_j) / (L + L_{j+1}) \leq \varphi_j'$ для любой пары смежных шин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алехин В. М., Мушенко С. В. Расчет емкости проводников в жгутах. — Электромеханика, 1967, № 8.
2. Чеголин П. М., Леонович Э. Н., Савенков В. П. Автоматизация преобразования сложных форм графической информации. — Минск: Наука и техника, 1973.

Поступило в редакцию 20 июня 1983 г.;
окончательный вариант — 22 декабря 1983 г.