

Таблица 2

Схемы по [1]	$\tau \cdot 10^{-4}$ [с]	Схемы по таблице 1	$\tau \cdot 10^{-4}$ [с]
1	1,09	1	1,01
2	0,96	2	1,03
3	1,21	3	1,15
4	0,96	4	1,08
$\tau_{ср} = 1,05$		$\tau_{ср} = 1,067$	

этих схем. Расхождение результатов измерений по среднему значению τ не превышает 2%.

В экспериментальном макете были использованы четырехтранзисторные ПНН и ПТТ, а также промышленные источники повторители типа МГ-8.

В заключение следует отметить, что описываемый способ, хотя и обладает меньшей точностью, чем способ, предложенный в [1], однако является более удобным, так как не требует какой-либо настройки в процессе измерения. Скорость измерения описанным здесь способом определяется быстродействием индикатора (частотомера). При измерении же способом, предложенным в [1], даже опытный оператор должен затратить на одно измерение не менее 1 мин.

Данный способ пригоден для технологического контроля постоянной времени RC-структур и легко может быть автоматизирован.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. В. Шкулипа. Способ измерения параметров однородных распределенных RC-цепей.— «Автоматрия», 1971, № 5.
2. Э. В. Зелях. Способ определения усиления телефонных усилителей. Авт. свид-во № 27953. БИ, 1931, № 12.
3. В. А. Двинских. Измерение параметров усилителей с применением режима самовозбуждения. М., «Сов. радио», 1965.
4. Д. А. Цирельсон. Об идеальных активных элементах электрических схем.— «Электросвязь», 1961, № 8.
5. S. K. Mitra. Analysis and synthesis of linear active networks. John Wiley, New York, 1969.
6. А. С. Васильев, В. В. Галицкий. А-матрицы однородных распределенных RC-структур.— «Радиотехника», 1969, т. 24, № 6.
7. Э. В. Зелях, П. Н. Ганский. Генераторы, содержащие идеальные активные четырехполюсники и RC-структуры.— «Радиотехника и электроника», 1973, № 2.
8. К. Ф. Мазевич. Исследование RC-цепей с распределенными параметрами. Дисс. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. Одесса, ОЭИС, 1965.

Поступило в редакцию 21 декабря 1972 г.,
окончательный вариант — 13 января 1975 г.

УДК 681.2

В. М. ОРДЫНЦЕВ

(Москва)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ОТ СКОРОСТИ РАБОТЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ С АВТОМАТИЧЕСКОЙ ГРАДУИРОВКОЙ, ОБЛАДАЮЩЕЙ ИНЕРЦИОННОСТЬЮ И ИМЕЮЩЕЙ НЕСТАБИЛЬНУЮ ХАРАКТЕРИСТИКУ

Под скоростью работы измерительной системы S будем понимать число измерений, выполняемое в единицу времени. Тогда время одного измерения равно $\Delta t = 1/S$.

При экспериментальном исследовании автоматической измерительной системы [1] нами было замечено интересное явление. Оказалось, что если увеличивать S , то до некоторого значения $S_{опт}$ погрешность измерений уменьшается, а затем снова начинает

возрастать. Таким образом, для конкретной системы с автоматической градуировкой существует оптимальная скорость измерений, которая обеспечивает наибольшую точность.

Для анализа воспользуемся математической моделью самонастраивающейся измерительной системы, показанной на рис. 1. Она состоит из аналоговой части (АЧ) и дискретной части (ДЧ) [2—4]. АЧ представлена двумя звеньями: инерционным линейным со стабильной статической характеристикой, имеющим передаточную функцию $W(p)$, и безынерционным линейным с характеристикой, зависящей от времени.

Инерционное звено описывается уравнением

$$L[K_i^*] = W(p)L[\varepsilon_i], \quad (1)$$

где $L[\]$ — символ прямого преобразования Лапласа, а K_i^* — выходной сигнал инерционного звена, p — оператор Лапласа, ε_i — измеряемая величина.

Уравнение безынерционного звена имеет вид

$$K_i = C_0(t) + C_1(t)K_i^*. \quad (2)$$

Здесь $C_0(t)$ и $C_1(t)$ — функции времени.

Из (1) и (2) можно получить общее уравнение модели АЧ:

$$K_i = C_0(t) + C_1(t)L^{-1}[W(p)L(\varepsilon_i)], \quad (3)$$

где $L^{-1}[\]$ — символ обратного преобразования Лапласа.

Модель ДЧ также состоит из двух звеньев: линейного, уравнение которого имеет вид

$$\varepsilon_{pi} = a_0 + a_1K_i \quad (4)$$

(a_0 и a_1 периодически обновляются при автоматической градуировке), и нелинейного F^{-1} , символизирующего операцию автоматической градуировки.

При градуировке на вход АЧ подаются эталонные сигналы ε_{jk} и вычисляются a_0 и a_1 на основе анализа ε_{jk} и сигналов K_{jk} , полученных на выходе АЧ. После этого на вход модели поступает измеряемый сигнал ε_i , а на выходе ДЧ получается сигнал ε_{pi} . Разность $\delta_{НИ} = \varepsilon_{pi} - \varepsilon_i$ является ошибкой.

Если

$$0 \leq \varepsilon_i \leq 1, \quad \varepsilon_{jk} = \frac{j-1}{m-1}, \quad j = 1, 2, \dots, m, \quad (5)$$

и измерения производятся с интервалом времени Δt , то процесс на входе линейного звена АЧ может быть записан в следующем виде:

$$\varepsilon_{jk}(t) = \sum_{j=1}^{j=m} \frac{j-1}{m-1} \{1[t - (j-1)\Delta t]\},$$

где

$$\{1[t - (j-1)\Delta t]\} = \begin{cases} 0 & \text{для } t \leq (j-1)\Delta t; \\ 1 & \text{для } t > (j-1)\Delta t. \end{cases}$$

В моменты времени $0, \Delta t, 2\Delta t, \dots, (m-1)\Delta t$ заканчиваются аналого-цифровые преобразования сигнала, получаемого при измерении эталонных сигналов ε_{jk} .

Таким образом, $\varepsilon_{jk}(t)$ равен сумме ступенчатых функций. Выходной процесс линейного звена может быть найден как сумма процессов, вызванных отдельными ступенями.

Для определенности дальнейшего рассмотрения примем, что

$$W(p) = \frac{1}{Tp + 1},$$

где T — постоянная времени, характеризующая инерционность АЧ.

Величина ошибки $\delta_{НИ}$, возникнувшей при измерении сигнала первого датчика, определяется уравнением

$$\delta_{НИ} = \varepsilon_{pi} - \varepsilon_i = a_0 + a_1K_i - \varepsilon_i = a_0 + a_1 \left\{ C_0(m\Delta t) + C_1(m\Delta t) \left[e^{-\frac{\Delta t}{T}} + \varepsilon_i \left(1 - e^{-\frac{\Delta t}{T}} \right) - \frac{1}{m-1} \left(e^{-\frac{2\Delta t}{T}} + \dots + e^{-\frac{m\Delta t}{T}} \right) \right] \right\}.$$

При использовании метода наименьших квадратов

$$a_0 = \frac{\sum_{j=1}^{j=m} K_{jk} \sum_{j=1}^{j=m} K_{jk} \varepsilon_{jk} - \sum_{j=1}^{j=m} K_{jk}^2 \sum_{j=1}^{j=m} \varepsilon_{jk}}{R},$$

$$a_1 = \frac{\sum_{j=1}^{j=m} K_{jk} \sum_{j=1}^{j=m} \varepsilon_{jk} - m \sum_{j=1}^{j=m} K_{jk} \varepsilon_{jk}}{R}.$$

Здесь

$$R = \left(\sum_{j=1}^{j=m} K_{jk} \right)^2 - m \sum_{j=1}^{j=m} K_{jk}^2.$$

Можно показать, что

$$K_{jk} \varepsilon_{jk} = \frac{j-1}{m-1} C_0 [(j-1) \Delta t] + \frac{j-1}{(m-1)^2} C_1 [(j-1) \Delta t] \left(j - \sum_{s=1}^{s=j} e^{-\frac{(s-1)\Delta t}{T}} \right);$$

$$K_{jk} = C_0 [(j-1) \Delta t] + \frac{1}{m-1} C_1 [(j-1) \Delta t] \left(j - \sum_{s=1}^{s=j} e^{-\frac{(s-1)\Delta t}{T}} \right).$$

Из (5) следует, что $\sum_{j=1}^{j=m} \varepsilon_{jk} = \sum_{j=1}^{j=m} \frac{j-1}{m-1} = \frac{m}{2}$.

Для дальнейшей конкретизации задачи примем:

$$C_0(r\Delta t) = C_{00} + vr\Delta t,$$

$$C_1(r\Delta t) = C_{10} + \omega r\Delta t,$$

где $C_{00} = C_0(0)$, $C_{10} = C_1(0)$, r — номер измерения по порядку: $r=1, 2, \dots, (m+q_m)$ (q_m — число датчиков, сигналы которых измеряются после проведения очередной автоматической градуировки), v — скорость поступательного движения характеристики (2), ω — скорость изменения тангенса угла наклона этой характеристики.

На рис. 2 показана зависимость $\delta_{\text{НИ}}^{\text{max}}$ от Δt и ω при $m=10$, $T=0,01$, $v=0$ ($\delta_{\text{НИ}}^{\text{max}}$ — максимальное значение $\delta_{\text{НИ}}$ при $0 \leq \varepsilon_i \leq 1$). Здесь принято, что $\omega > 0$ наблюдается при вращении характеристики против часовой стрелки.

Видно, что для $\omega > 0$ кривые имеют минимум, а при $\omega < 0$ — точку перегиба. При уменьшении Δt происходит соединение кривых для $\omega > 0$ и для $\omega < 0$. Участок Δt , на

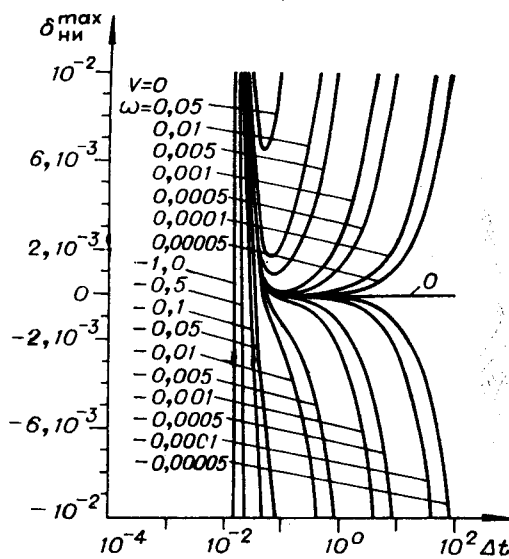


Рис. 2.

котором $\delta_{\text{НИ}}^{\text{max}}$ имеет малые значения, является рабочим. Если задано, что нужно выдержать условие $|\delta_{\text{НИ}}^{\text{max}}| \leq A$, где величина A определена требованиями к точности, то, пользуясь графиком этого типа, можно установить область $\Delta t_{\text{min}} - \Delta t_{\text{max}}$, в пределах которой может быть получена требуемая точность. При $\omega = 0$ $\delta_{\text{НИ}}^{\text{max}}$ возрастает только при уменьшении Δt , т. е. $\Delta t_{\text{max}} = \infty$.

Возрастание погрешности $\delta_{\text{НИ}}^{\text{max}}$ при убывании Δt связано с влиянием инерционности. При возрастании Δt ошибка $\delta_{\text{НИ}}^{\text{max}}$ увеличивается из-за влияния неустойчивости.

На рис. 3 показано влияние инерционности на $\delta_{\text{НИ}}^{\text{max}}$. Кривые $\delta_{\text{НИ}}^{\text{max}} = f(\Delta t)$ построены для $\omega = \pm 0,0001$, $v=0$ и $m=10$. Как для $\omega > 0$, так и для $\omega < 0$ имеются асимптоты, к которым кривые стремятся при увеличении Δt . При уменьшении T Δt_{min} уменьшается, а Δt_{max} не зависит от T .

Выполненное исследование показывает, что из-за инерционности и неустойчивости характеристики измерительная система с автоматической градуировкой имеет ограниченный интервал значений Δt , в пределах которого $|\delta_{\text{НИ}}^{\text{max}}|$ мало. Верхняя граница этого интервала Δt_{max} при увеличении стабильности сдвигается в сторону больших Δt . Влияние неустойчивости на нижнюю границу Δt_{min} очень слабое. Сильно сказывается на Δt_{min} инерционность. При уменьшении инерционности уменьшается и Δt_{min} .

При увеличении m интервал малых $|\delta_{\text{НИ}}^{\text{max}}|$ сдвигается в сторону малых Δt и незначительно уменьшается.

Приведенные зависимости позволяют установить количественные значения Δt_{min} и Δt_{max} для конкретных условий, т.е. определить скорость измерений, обеспечивающую минимальную погрешность.

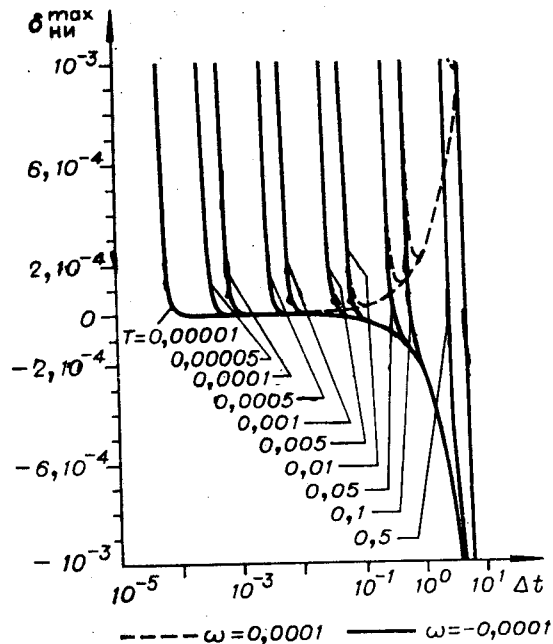


Рис. 3.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. М. Ордынцев, А. М. Аржаков и др. Пирамидальная информационная система для сбора данных от датчиков и передачи их в ВМ, удаленную от объекта.— «Приборы и сист. упр.», 1968, № 1.
2. В. М. Ордынцев. Исследование эффекта автоматизации градуировки системы для научных исследований с ЦВМ.— В кн.: Труды международной конференции по автоматизации научных исследований на основе применения ЭВМ. Новосибирск, Изд. ИАЭ СО АН СССР, 1972.
3. В. М. Ордынцев. Автоматическая градуировка измерительных систем с ЦВМ.— «Автоматика и телемеханика», 1974, № 1.
4. В. М. Ордынцев. Исследование измерительной системы с автоматической градуировкой.— «Измерительная техника», 1974, № 4.

Поступило в редакцию 24 декабря 1974 г.

УДК 621.383.8

В. В. КОРСАКОВ, В. Г. ЦУКЕРМАН
(Новосибирск)

ЭЛЕКТРОУПРАВЛЯЕМЫЙ ФОТОГРАФИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В СТРУКТУРЕ МЕТАЛЛ — ХАЛЬКОГЕНИДНЫЙ СТЕКЛООБРАЗНЫЙ ПОЛУПРОВОДНИК

Фотографический эффект на границе металл — халькогенидный стеклообразный полупроводник (ХСП) обнаружен и описан в ряде работ [1—3]. Это явление авторы объясняют фотолегированием некоторых металлов (Ag, Au, Cu) в ХСП. Однако электроуправляемый фотографический эффект на таких структурах не наблюдался. Интересная возможность осуществления электроуправляемого полупроводникового фотографического процесса показана в [4]. Механизм этого процесса связан с окислитель-