

Заморский В.В., кандидат технических наук, доцент, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет».

ПОВЫШЕНИЕ БЫСТРОДЕЙСТВИЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ.

Аннотация: Рассмотрен способ повышения быстродействия контроля параметров параметрических датчиков.

Ключевые слова: датчики, переходной процесс, контроль, синтез цепей.

На практике в процессе измерения, не зависимо от метода, не всегда удается избежать коммутации, а, следовательно, будут существовать переходные процессы, обусловленные инерционностью элементов электрических цепей. Во время переходного процесса измеряемые напряжения и токи зависят от всех элементов схемы, включая внутренние комплексные сопротивления измерителей, источников энергии и подводящих проводов. Поэтому измерения, т.е. отсчет измеряемых величин производят во время установившегося процесса. Время затухания переходных процессов различное и определяется параметрами конкретной системы измерения. Почти всегда это время значительно превышает время отсчета параметров. Это существенно снижает быстродействие измерения.

Рассмотрим, для примера, эквивалентную схему замещения тензорезистора.

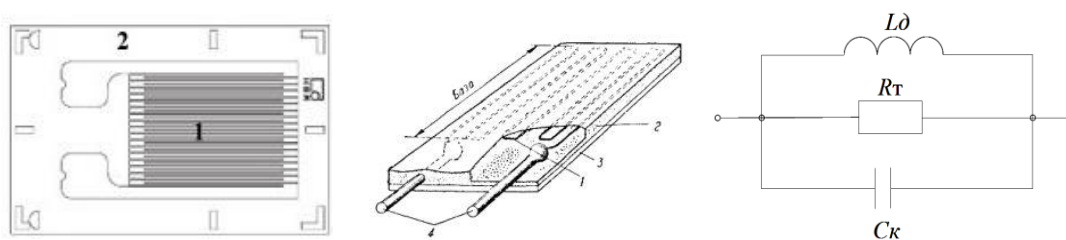


Рис. 1. Тензорезистор и его схема замещения

Если рассматривать пассивный двухполюсник как ветвь, подключенную к узлам i и k некоторой цепи, то его сопротивление можно представить в виде

$$Z(p) = \frac{\Delta}{\Delta_{ik}} \quad (1)$$

где Δ — определитель системы уравнений узловых напряжений; Δ_{ik} — минор, который получают из определителя Δ путем вычеркивания i -ой строки и k -го столбца.

Из теории двухполюсников известно, после разложения числителя и знаменателя, выражение (1) преобразуется в рациональную дробь в виде отношения двух полиномов комплексной переменной $p = \sigma + j\omega$:

$$Z(p) = H \frac{p^n + a_{n-1}p^{n-1} + \dots + a_1p + a_0}{p^m + b_{m-1}p^{m-1} + \dots + b_1p + b_0} = H \frac{A(p)}{B(p)},$$

где H , a_i , b_k — постоянные коэффициенты, которые определяются параметрами элементов цепи; $A(p)$ и $B(p)$ — полиномы числителя и знаменателя соответственно.

Для рассматриваемой цепи передаточная функция двухполюсника равна

$$Z_{ВХ} = \frac{L/C}{R + j(\omega L - 1/\omega C)}$$

При питании контура от идеального источника ЭДС ($R_i = 0$) напряжение на контуре не зависит от частоты, а ток имеет минимум на резонансной частоте (рисунок 3) $I_p = \frac{E}{R_3}$

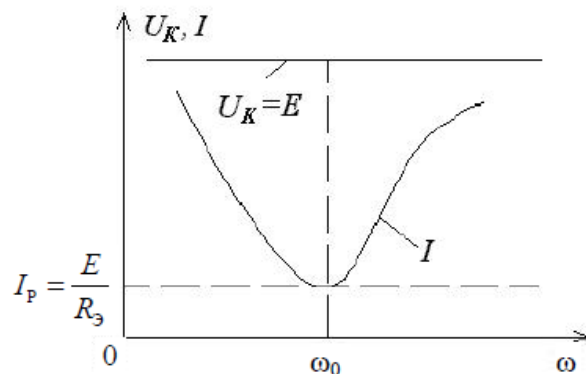


Рис. 2. Амплитудно – частотная характеристика цепи

Для последовательной RLC цепи переходной процесс при воздействии постоянного тока выглядит как показано на рисунках 4 и 5.

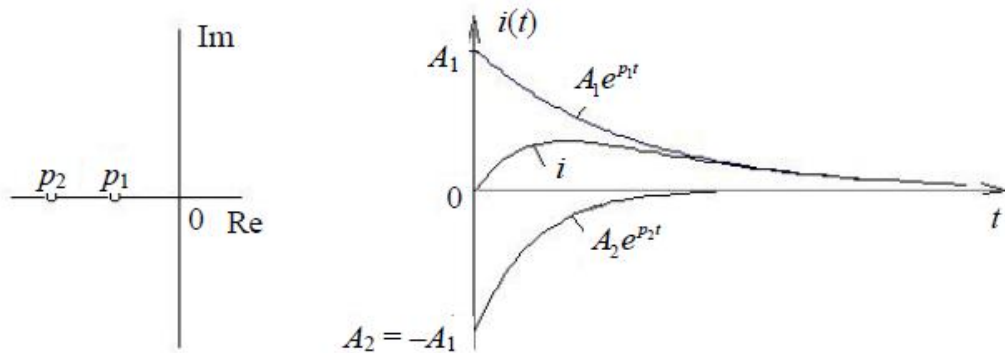


Рис. 3. Переходной процесс при воздействии скачка напряжения.

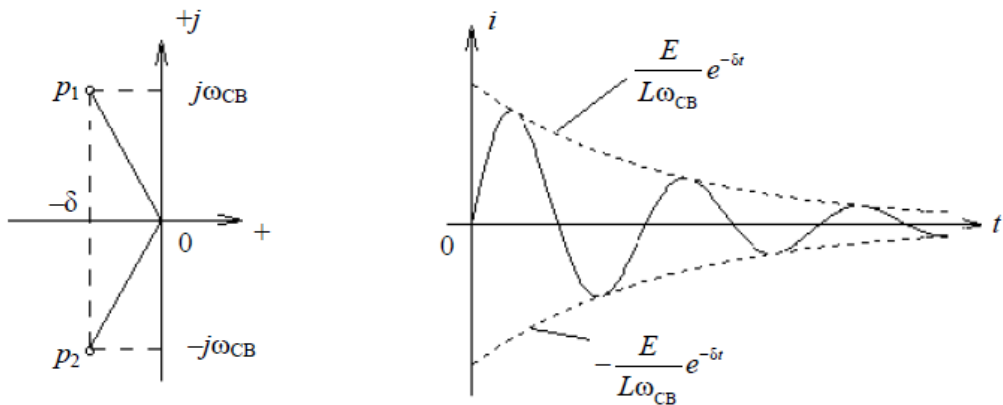


Рис. 4. Переходной процесс при воздействии скачка напряжения.

Графики зависимостей U_R , U_L , U_C от времени приведены на рисунке 5

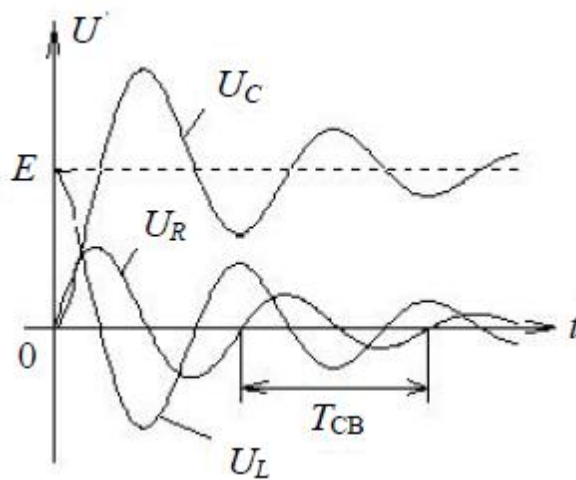


Рис. 5. Графики зависимостей U_R , U_L , U_C от времени для последовательной цепи.

Из рисунков видно, что ход переходного процесса для одной и той же схемы может быть различен, а следовательно не определён алгоритм расчета параметров цепи во временной области.

Реальные схемы измерения существенно сложнее. Пример сложной цепи приведен на рисунке 5, а АЧХ похожей цепи показана на рисунке 6.

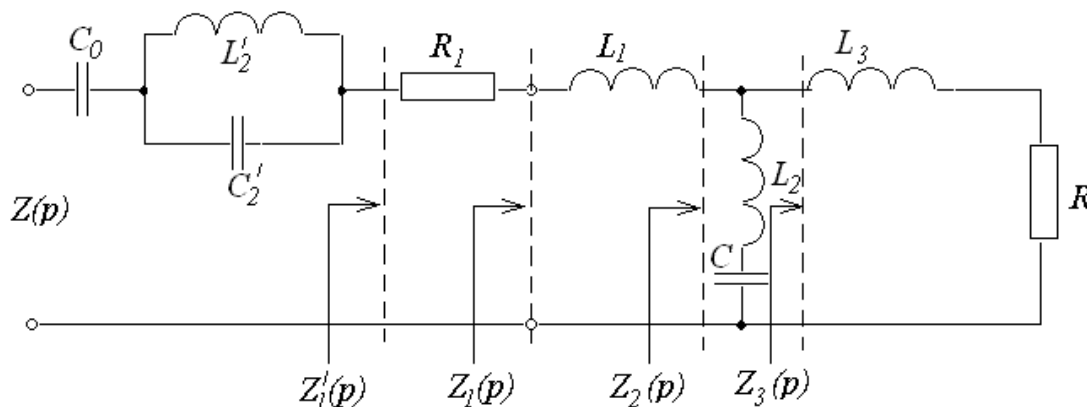


Рис. 6. Пример сложной цепи.

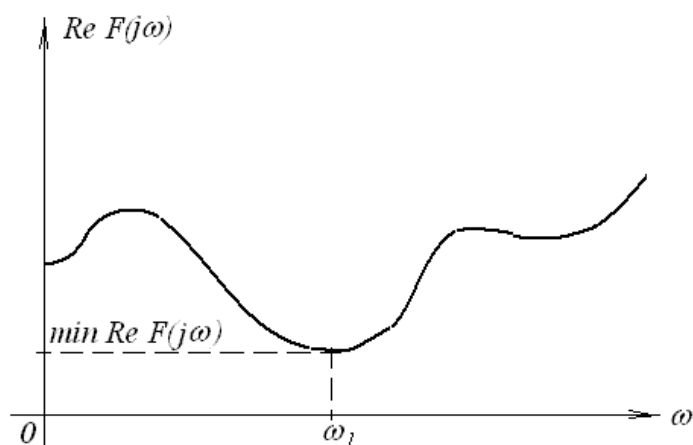


Рис. 7. Пример АЧХ сложной цепи

Известны различные методы синтеза цепей, например, метод Бруне, позволяющий рассчитывать сложные схемы. Однако, результат синтеза неоднозначен, но для известных схем замещения метод конкретен и существенно упрощается. Его можно формализовать и реализовать в виде алгоритма вычислений.

Предлагаемый способ измерения заключается в том, что

1. На двухполюсник задается воздействие определенной формы

2. Фиксируется изменение тока в течение переходного процесса до формирования передаточной характеристики.

3. По временной зависимости формируется частотная и фазовая зависимости для определения передаточной характеристики.

4. Если известна схема замещения, то на основе технологии синтеза цепей производится расчет составляющих комплексного двухполюсника.

Для существенного упрощения расчетных формул может быть применен способ измерения [1], позволяющий компенсировать влияние конечных значений внутренних комплексных сопротивлений источника напряжения и измерителя.

Его упрощенная реализация показана на рисунке 7.

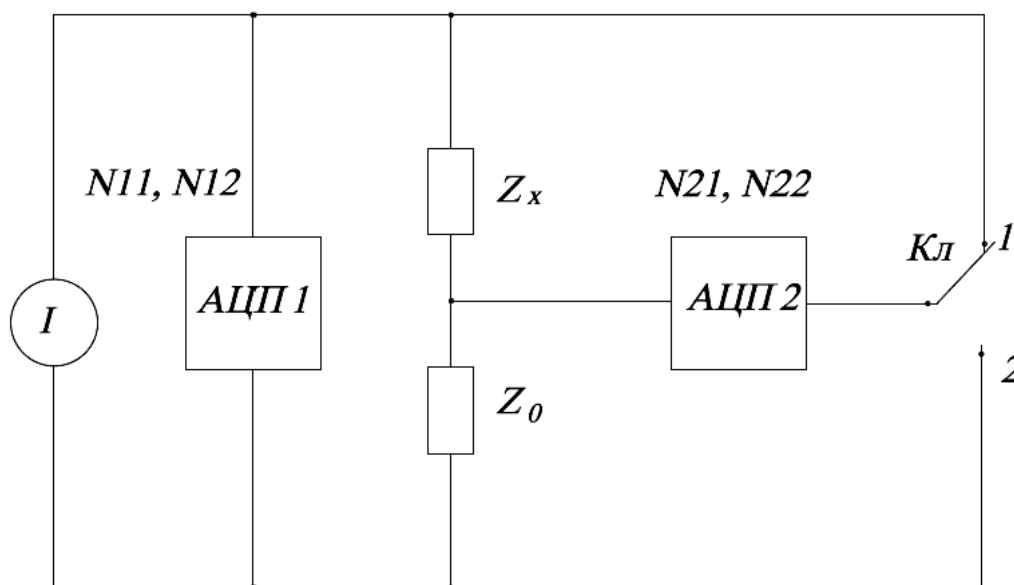


Рис. 7 Способ компенсации $Z_{ист}$ и $Z_{АЦП}$

Измерения производят за два такта. В первом такте ключ $КЛ$ в положении 1, а во втором такте – в положении 2. В первом такте $АЦП 1$ производит отсчет N_{11} , а $АЦП 2$ - N_{21} . Во втором такте $АЦП 1$ отсчитывает N_{12} , а $АЦП 2$ - N_{22} .

Вычисление Z_x производят по формуле

$$Z_x = Z_0 \frac{N_{21}}{N_{11}} \cdot \frac{N_{12}}{N_{22}}$$

Анализируя данную цепь нетрудно заметить, что данный отсчет не

зависит от $Z_{\text{ИСТ}}$ и обоих $Z_{\text{АЦП}}$.

В качестве примера рассмотрим вариант тензометрирования.

Для повышения чувствительности и линейности измерения проводят на переменном токе. Однако с увеличением частоты влияние паразитных реактивностей тензорезисторов увеличивается. Тензорезистор R рассматривается как комплексное сопротивление с межконтактной емкостью C_k и индуктивностью L_δ (рисунок 8а). Всю измерительную цепь следует рассматривать, как показано на рисунке 8б.

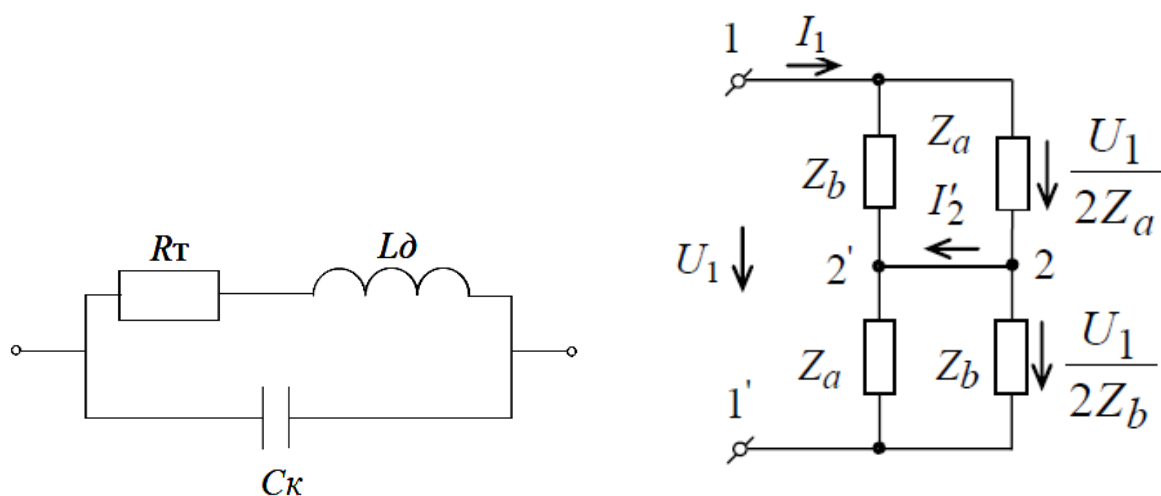


Рис. 8. Схема замещения тензодатчика – а, мостовая схема включения тензорезисторов - б

Кроме того энергетическая емкость инерционных аккумуляторов энергии, которые размещают на вращающихся деталях, невелика. Поэтому питание измерительных цепей осуществляют импульсно, а вторичные устройства обработки в паузах переводят в спящий режим. Это приводит к возникновению переходных процессов, что сильно уменьшает быстродействие. Затраты времени на ожидание затухания переходных процессов существенно превышают время обработки сигналов.

Для устранения влияния комплексных сопротивлений источника измерительного сигнала и регистрирующих устройств (АЦП) применяют прием, основанный на методе совокупных измерений [1].

Способ измерения осуществляется следующим:

В схеме рисунок 8б, во время переходного процесса, например, при импульсном воздействии, получают функции времени $U_1(t)$ и $I_2(t)$. С помощью дискретного преобразования Фурье переходят к изображениям $U_1(j\omega)$ и $I_2(j\omega)$.

Из [2] известно, что передаточная функция $H(j\omega) = \frac{U_1(j\omega)}{I_2(j\omega)}$.

В [3] показано, что передаточная функция мостовой цепи (рисунок 8в) вычисляется как

$$H(j\omega) = \frac{\sqrt{Z_b} - \sqrt{Z_a}}{\sqrt{Z_b} + \sqrt{Z_a}} \quad (2)$$

причем $Z_a = Z_c \frac{1-H(j\omega)}{1+H(j\omega)}$, а $Z_b = \frac{Z_c^2}{Z_a}$, Z_c – образцовое сопротивление равное характеристическому сопротивлению цепи $Z_c = \sqrt{Z_a Z_b}$, тогда, принимая Z_a и Z_c известными и образцовыми, находим

$$Z_a - Z_b = Z_c \frac{1 - H(j\omega)}{1 + H(j\omega)} - \frac{Z_c^2}{Z_a} \quad (3)$$

Полученное значение (3) используется для определения величины механических нагрузок или смещений.

Применение предложенных способов позволит существенно сократить время измерения за счет сокращения ожидания затухания переходных процессов.

Литература

1. Шаронов Г.И. Способы измерения параметров пассивного комплексного двухполюсника многополюсной электрической цепи типа «треугольник» // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/sposoby-izmereniya-parametrov-passivnogo-kompleksnogo-dvuhpolyusnika-mnogopolyusnoy-elektricheskoy-tsepi-tipa-treugolnik>
2. Долбня В. Т. Топологические методы анализа и синтеза электрических цепей и систем // Харьков : Вища школа, 1974. - 145 с.

3. Зиборов С. Р. Синтез линейных радиотехнических цепей: Учебное пособие // Севастополь, Изд-во СевНТУ, 2013. — 92 с.

Zamorskiy V.V. candidate of technical Sciences, assistant professor, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University

MEASUREMENT SPEED INCREASE OF SENSORS PARAMETERS.

Abstract: The way to increase measurement speed of parameters passive sensors was considered.

Key words: sensors, transient process, control, electrical circuit synthesis.