

УДК 681.335.4

*С.А. Сериков, В.В. Симкин, К.И. Симкина*

## НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В УСТРОЙСТВАХ СОПРЯЖЕНИЯ С ОБЪЕКТОМ КОНТРОЛЯ

*Анализируются особенности организации измерительного процесса в структурах устройств сопряжения с объектом контроля, влияющие на быстродействие средств автоматизации при контроле испытаний. Рассматривается методика сравнительной оценки быстродействия устройств измерения параметра электрической цепи.*

**Ключевые слова:** измерительный процесс, быстродействие, постоянный ток.

Основным средством получения объективной информации о работоспособности сложных технических объектов являются измерения. Поэтому современные средства диагностики, как правило, используются и для индикации значений контролируемых параметров (параметр в норме, не в норме), и для поиска отказавшего узла, когда необходимо измерение параметра с требуемой точностью. Это в полной мере относится к устройствам сопряжения с объектом контроля (УСО), которые являются неотъемлемой частью автоматизированной системы контроля испытаний (АСКИ) и представляют собой распределенную систему управления, сбора и обработки измерительной информации [1]. Частично средства УСО находятся на некотором удалении от объекта, поэтому одним из основных элементов УСО является измерительный канал. В состав его в общем случае входят первичный преобразователь с его схемой включения, проводная линия связи, барьер искробезопасности (при необходимости), устройство обработки сигнала, различные устройства преобразования, приема и передачи сигналов. Подключение к объекту контроля таких устройств, получение контрольно-измерительной информации и обработка ее занимают сравнительно большой временной интервал и приводят, порой, к недопустимым задержкам информации, к неоправданному расходу ресурса контролируемого объекта.

Произведем анализ основных особенностей организации измерительного процесса в структурах УСО, влияющих на быстродействие средств АСКИ. Рассмотрим методику сравнительной оценки быстродействия устройств измерения активного сопротивления электрической

цепи как одной из самых распространенных операций, выполняемых в структурах УСО.

Схема включения первичного преобразователя УСО в общем случае представляют собой линейную электрическую цепь постоянного тока. Выходной сигнал такой цепи представляет либо постоянный ток, либо постоянное напряжение, либо величину активного сопротивления электрической цепи [2].

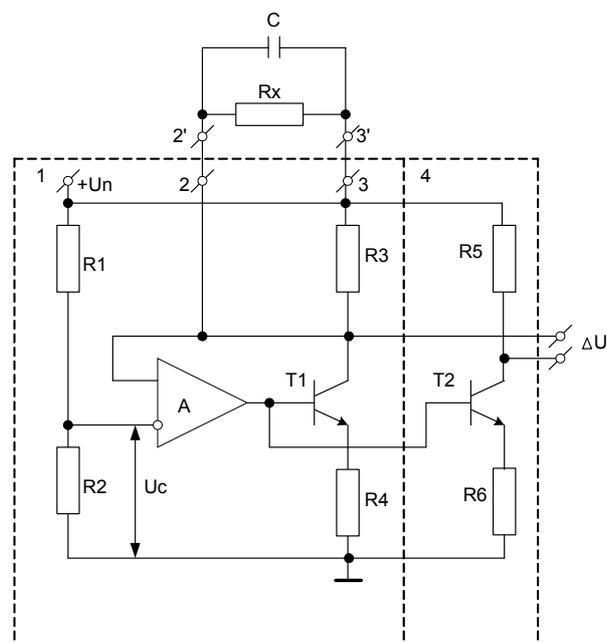
Высокая чувствительность входных цепей УСО к помехам обуславливает широкое применение в них дифференциальных усилителей с симметрированием входных цепей. Цель симметрирования – сделать одинаковыми шумовые составляющие на обоих входах дифференциального каскада. Симметрирование – один из основных методов подавления шумов во входных цепях УСО [2]. Однако и в условиях высокой степени симметрирования выходной сигнал измерительного канала искажен в той или иной мере помехой – либо поперечной, возникающей непосредственно между проводниками линии связи, либо продольной, действующей между землей и проводниками линии связи. Так, при удалении двух точек заземления в измерительном канале на расстояние до 500 м разность потенциалов между ними только за счет продольной помехи может достигать 15 В [3]. Поэтому в структурах УСО, особенно при измерениях токов и напряжений, широко используются устройства гальванической развязки входных и выходных цепей измерительных каналов. Применяются усилители либо с трансформаторной развязкой, либо с оптической связью [2]. Широко используются источники питания с гальванической развязкой.

Одной из наиболее часто выполняемых в структурах УСО операций является операция дистанционного измерения активного сопротивления электрической цепи. При измерениях такого рода в контролируемую цепь вносятся емкость проводов линии связи, соединяющих ее с устройством измерения, а также емкости отдельных элементов, входящих в измерительный канал. Емкость может быть обусловлена также наличием конденсатора, непосредственно включенного в контролируемую цепь. Подобная ситуация возникает, например, когда оценивается величина сопротивления утечки выходной цепи источника электропитания, содержащей в своем составе электролитический конденсатор. Активное сопротивление такой цепи может быть определено только по окончании переходного процесса, когда заканчивается шунтирующее действие конденсатора на измеряемое сопротивление.

Традиционный способ измерения активного сопротивления электрической цепи предполагает пропускание через нее стабильного по величине тока и измерение падения напряжения на этой цепи [4]. Более точный результат позволяет получить способ [5], при котором стабильный по величине ток пропускают одновременно и через контролируемую электрическую цепь, и через последовательно соединенный с ней масштабирующий резистор. Измеряют падения напряжения на обоих элементах и определяют отношение измеренных величин.

Недостатком обоих способов является то, что при пропускании через контролируемую цепь фиксированного по величине тока на ней возникает падение напряжения, пропорциональное измеряемому сопротивлению. При больших значениях сопротивления падение напряжения на нем может превысить допустимое значение и вывести из строя контролируемую цепь. Снижение величины тока позволяет уменьшить напряжение на контролируемой цепи, но при этом существенно затягивается по времени процесс измерения. Так, при измерении сопротивления утечки выходной цепи источника электропитания длительность процесса измерения может достигать десяти секунд и более, что, естественно, неприемлемо в условиях жесткого лимита ресурса контролируемого объекта.

Существенно сократить время измерения применительно к данному случаю позволяет устройство, содержащее стабилизатор тока с промежуточной стабилизацией напряжения на контролируемой электрической цепи [6]. Упрощенная схема такого устройства изображена на рисунке.



Электрическая схема измерителя сопротивления

Измеритель содержит операционный усилитель А, включенный в цепь отрицательной обратной связи таким образом, что в схеме стабилизируется ток транзистора Т1 за счет стабилизации напряжения на его коллекторе. Контролируемое сопротивление  $R_x$  включается в коллекторную цепь транзистора Т1, так что напряжение на ней поддерживается также неизменным в течение всего процесса измерения (предполагается, что напряжение питания измерителя – стабилизировано).

На транзисторе Т2 выполнен усилительный каскад, идентичный каскаду транзистора Т1. Поскольку на базы обоих транзисторов подано одно и то же напряжение, то при равенстве сопротивлений в цепях эмиттеров ( $R_4=R_6$ ) коллекторные токи транзисторов тоже оказываются равными – разность напряжений ( $\Delta U$ ) между коллекторами транзисторов однозначно определяет относительную величину сопротивления контролируемой цепи  $R_x$  [6]:

$$R_x/R_m = L(U_c - \Delta U)/\Delta U, \quad (1)$$

где  $R_m$  – сопротивление масштабирующего резистора;

$U_c$  – напряжение стабилизации;

$L = (U_n - U_c)/U_n$  – статический параметр стабилизатора напряжения;

$U_n$  – напряжение питания измерителя.

За счет цепи глубокой отрицательной обратной связи в данной структуре удастся многократно сократить длительность переходного процесса, возникающего при подключении контролируемой цепи, и, как следствие, сократить время измерения.

Сравним по быстродействию устройство, изображенное на рисунке, с широко применяе-

мым устройством измерения [1], при котором обеспечивается неизменность тока в контролируемой цепи. Для этого определим реакцию рассматриваемых устройств на подключение к ним в качестве измеряемого сопротивления конденсатора емкостью  $C$ . При этом будем полагать, что заряд емкости в обоих случаях производится до одной и той же величины напряжения  $U_c$ , задаваемой в относительных единицах:

$$M = U_c / U_n. \quad (2)$$

При традиционном способе измерения [1] заряд емкости от стабилизатора тока производится постоянным током  $I_T$ . Напряжение  $U_T$  на конденсаторе  $C$  изменяется по линейному закону:

$$U_T = C^{-1} \int_0^t I_T dt = I_T t C^{-1}. \quad (3)$$

Время заряда конденсатора  $t$  с учетом (2) составит величину:

$$t = M U_n C / I_T. \quad (4)$$

В схеме стабилизации напряжения, изображенной на рисунке, в переходном режиме происходит свободный заряд емкости контролируемой цепи от источника питания  $U_T$  через сопротивление открытого транзистора  $T1$  и сопротивление  $R4$ . Напряжение на емкости  $U_n$  изменяется по экспоненциальному закону:

$$U_n = U_n [1 - \exp(-t/\tau)], \quad (5)$$

где  $\tau = RC$  – постоянная времени заряда емкости,  $R$  – суммарное значение сопротивления открытого транзистора  $T1$  и резистора  $R4$ . За время  $t_n$  напряжение на емкости достигает значения  $U_c$ . Согласно (2) и (5)  $t_n$  при этом составит величину:

$$t_n = \tau \ln[1/(1 - M)]. \quad (6)$$

Тогда отношение  $t/t_n$ , характеризующее относительное быстродействие рассматриваемых способов измерения, будет равно:

$$t/t_n = M I_n / [I_T \ln(1 - M)^{-1}], \quad (7)$$

где  $I_n = U_n / R$  – начальное значение тока заряда емкости от источника питания через сопротивление  $R$ . В рассматриваемых способах измерения сопротивления напряжение источника питания  $U_n$  распределяется между контролируемой цепью и стабилизатором тока или стабилизатором напряжения. Поэтому в большинстве практически важных случаев величина  $M = U_c / U_n$  не выходит из диапазона значений  $1/3 \leq M \leq 2/3$ . Соответственно выражение  $H = M / [\ln(1 - M)^{-1}]$  будет принимать в этом случае значения из диапазона  $0.99 \geq H \geq 0.61$  и существенного влияния на отношение  $t/t_n$  не будет оказывать. Тогда в соот-

ветствии с (7) время заряда емкостей и, следовательно, быстродействие сравниваемых способов оказывается обратно пропорциональным максимальным значениям токов заряда емкостей в каждом из устройств.

В устройстве, изображенном на рисунке, максимальное значение тока заряда емкости ограничивается допустимым значением тока транзистора  $T1$  или тока контролируемой электрической цепи и может достигать нескольких сотен мА при неизменном напряжении на этой цепи.

При неизменном токе через контролируемую цепь, как уже отмечалось, величина падения напряжения на ней пропорциональна измеряемому параметру, и при жестких ограничениях на величину напряжения приходится исходить из худшего варианта, ограничивая величину тока десятками мкА. В этих условиях отношение  $t/t_n$  согласно (7) может достигать нескольких сотен единиц, что говорит о высокой эффективности способа измерения величины активного сопротивления с промежуточной стабилизацией напряжения на контролируемой цепи.

Учитывая широкое применение операции измерения активного сопротивления электрической цепи в структурах УСО, применение способа измерения [6] в сочетании с приведенной методикой оценки быстродействия измерительной структуры позволяет существенно увеличить быстродействие АСКИ в целом и сократить расход ресурса контролируемого объекта.

#### Библиографический список

1. Везенов В.И. Метод организации вычислительного процесса в автоматизированной системе контроля испытаний // Вестник РГРТА, Рязань, 2006. – Вып. 19. – С. 127 – 129.
2. Сопряжение датчиков и устройств ввода данных с компьютерами IBM PC / под ред. У. Томпкинса, Дж. Уэбстера. – М.: Мир. 1992. – 589 с.
3. Коган Б.М., Воицелев А.И., Лукьянова Л.М. Системы связи УВМ с объектами управления в АСУ ТП. – М.: Сов. радио. 1978. – 376 с.
4. Левшина Е.С., Новицкий П.В. Электрические измерения физических величин, измерительные преобразователи. – Л.: Энергоиздат, 1983. – 371 с.
5. Патент № 2247999. РФ. Способ дистанционного измерения активного сопротивления резистора и устройство для его осуществления / А.А Рабочий.
6. Патент № 2327176. Способ дистанционного измерения относительной величины активного сопротивления электрической цепи и устройство для его осуществления / О.Г. Светников, В.В. Симкин, С.С. Спиваков.