

В ы в о д ы

1. При малых значениях $\alpha = t_{\alpha} / \tau_0$ величина параметра $\rho = R / z_0$ практически не оказывает влияния на чувствительность и другие характеристики преобразователя.

2. Увеличение ρ уменьшает чувствительность преобразователя и нелинейность статической характеристики.

3. Зависимость чувствительности от величины входного сопротивления при $\alpha > 0,2$ дает возможность наиболее простым способом производить регулировку чувствительности в каждом канале многоканальной измерительной системы с групповым принципом построения.

4. Использование нормированных функций влияния существенно упрощает оценку метрологических характеристик преобразователя.

5. При $\alpha < 1,80$ величина ρ влияет на знак погрешности, создаваемой температурными изменениями L_0 , что может быть использовано для компенсации мультипликативной погрешности датчика.

Л и т е р а т у р а

1. Вилоп Д.Э. Анализ измерительной схемы с двухтактным интегрированием для индуктивных первичных преобразователей. - В сб.: Автоматизация экспериментальных исследований. Куйбышев: КуАИ, 1976, с.108-114.

2. Браславский Д.А., Петров В.В. Точность измерительных устройств. - М.: Машиностроение, 1976.

УДК 621.317.31:621.3.061

А.В.Догвинов

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛЕВЫХ ТРАНЗИСТОРОВ
ДЛЯ КОММУТАТОРОВ СЛАБЫХ ТОКОВ

(г. Куйбышев)

Полевые транзисторы ПТ широко используются в качестве ключевых элементов токовых коммутаторов (ТК) среднего уровня вследствие высокой степени гальванической развязки сигнальных и управляющих цепей. В ТК низкого уровня возрастает влияние паразитных параметров ПТ и они

по паспортным значениям этих параметров считаются малоприспособными уже для коммутации токов менее $10^{-5} \dots 10^{-6}$ А. Однако учет особенностей характеристик ПТ разных типов, а также требований, предъявляемых к ним в ТК, позволяет значительно снизить этот предел, не усложняя схему. На рис. 1 представлена схема ТК с учетом паразитных параметров ключей. Его выход подключен к измерительному преобразователю ИП, здесь: $J_{г-с(u)}$, $J_{с-и}$ - токи утечек между затвором и входом (выходом), а также между входом и выходом ПТ; $C_{iк}$ - паразитные ем-

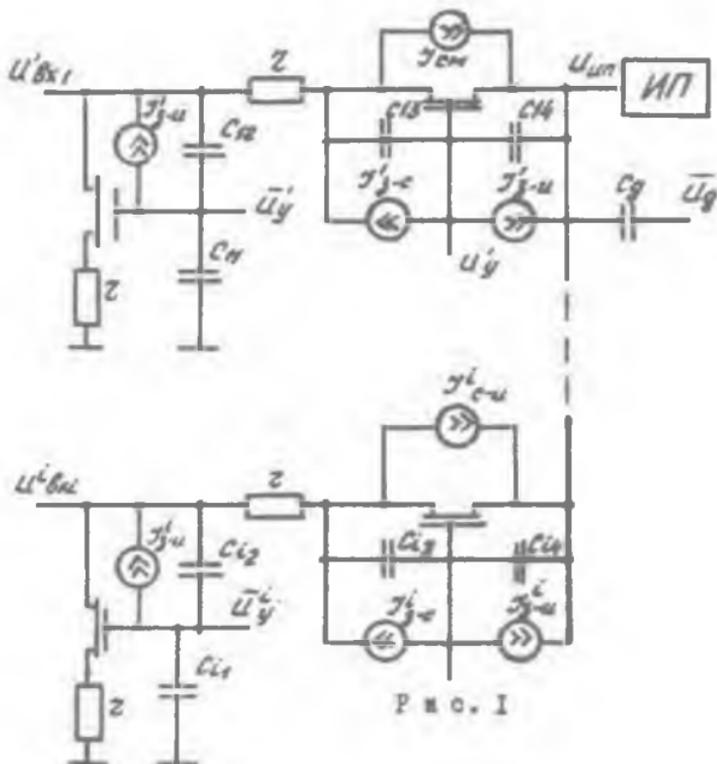


Рис. 1

кости между затвором и входом (выходом); Z - прямые сопротивления ПТ в открытом состоянии, которые в первом приближении считаем одинаковыми. Рассмотрим способы уменьшения влияния этих параметров. Ток $J_{г-с(u)}$ по своему характеру является током утечки кремниевых $p-n$ переходов между подложкой и стоковой и истоковой областями. При сильной температурной зависимости он также в значительной степени меняется от напряжения. При $U_{с-и} < 20$ мВ не только становятся незначительными токи поверхностных утечек $p-n$ перехода, но и происходит

быстрое падение его теплового тока $[I]$. На рис. 2 показаны экспериментальные зависимости $I_{c-u} = f(U_{c-u})$ для ключей КИ305, а также интегральных серии КИ68, которые подтверждают эту закономерность.

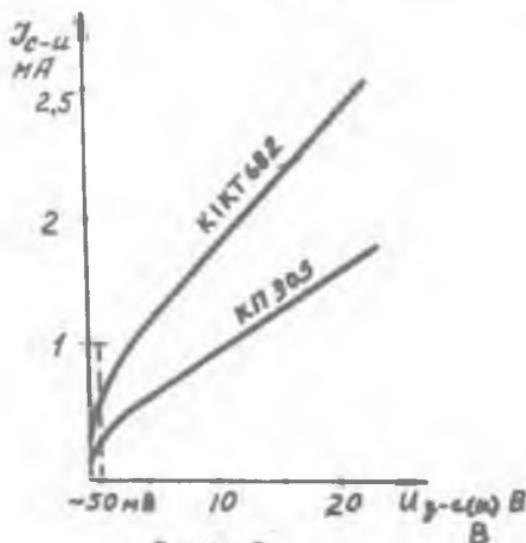


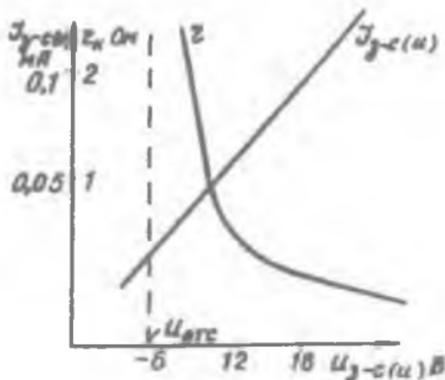
Рис. 2

Перепады напряжения на запертых ключах ТК соответствуют потенциалу на входе ИИ ($U_{ИИ}$), поэтому рационально использовать преобразователь, для которого бы выполнялось условие $U_{ИИ} < 10-20 мВ$.

Ток затвора $I_{z-o}(u)$ МОП-транзистора, являясь током утечки через оксидную пленку изоляции, может иметь весьма малые значения (например $10^{-12}-10^{-14} А$ для транзисторов КИ305Б). Однако нет смысла ориентироваться на транзисторы со сверх-

малым значением $I_{z-o}(u)$, учитывая наличие большего по величине тока I_{c-u} . Можно использовать ПТ других типов с учетом следующих факторов. Паспортное значение $I_{z-o}(u)$ для данного типа ПТ, как правило, задается для предельно допустимого напряжения. Использование для ТК транзисторов с индуцированным каналом позволяет применять нулевое напряжение для запирания ключей и, следовательно, малое значение $I_{z-o}(u)$. Из всех токов $I_{z-o}(u)$ основное влияние на погрешность при этом оказывает только один ток — транзистора открытого в данный момент канала, поскольку на его затворе присутствует высокий отпирающий потенциал. Его снижение увеличивает прямое сопротивление ключа, но уменьшает величину $I_{z-o}(u)$, а также влияние $U_{z-o}(u)$. На рис. 3 представлены зависимости $I_{z-o}(u) = f(U_{z-o})$ и $Z = f(U_{z-o}(u))$ для ПТ КИ301. Вторая характеристика является достаточно типичной для p -канальных ПТ с индуцированным каналом. Их максимальное паспортное напряжение отсечки составляет $-6В$ и, как видно из графика, при $U_{z-o}(u) = -12В$ величина Z не превышает $I Ком$. При этом даже при коммутации токов порядка $10^{-5} А$ падение напряжения на открытом ключе не превышает единиц милливольт. Следовательно, при выборе режима отпирания ключа следует исходить из его максимального напряжения отсечки, задавая отпирающее напряжение на $4-6В$ большим по величине.

В транзисторных интегральных сборках между затворами ПТ и подложкой включены защитные стабилизаторы, утечки которых значительно превышают величину тока затвора. Поэтому необходимо вывод подложки подключить к милливольтовому источнику напряжения, иначе ток утечки стабилизатора замкнется на сигнальную цепь. Наконец, при значительных колебаниях $U_{уп}$ вывод подложки можно подключить к "плавающему" потенциалу, используя повторитель напряжения с высоким входным сопротивлением и регулировкой смещения выходного уровня с целью установки на подложке запирающего напряжения менее 5 - 10 мВ.

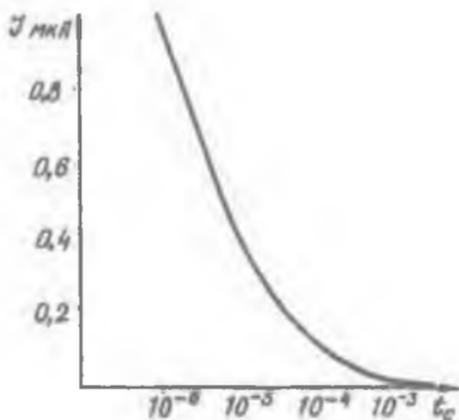


Р и с. 3

Вследствие противофазной работы ключей (см.рис.1) в каждом канале влияние емкостей C_{i2} и C_{i3} в первом приближении взаимно компенсируются. Для компенсации влияния оставшихся емкостей C_{i4} к выходу ТК подключается дополнительная емкость C_0 , к другому концу которой подключен источник импульсов тактовой частоты, амплитуда которых U_0 удовлетворяет условию $U_0 C_{i4} = U_0 C_0$. Точность компенсации при этом ограничена разбросом емкостей C_{i4} (~ 10%), но схема отличается своей простотой.

Наличие процессов поляризации в диэлектрике платы ТК при скачках напряженности электрического поля ведет к переходному характеру проводимости этого диэлектрика [2]. В результате скачок управляющего напряжения на затворах ПТ приводит к дополнительным токам поляризации через плату. На рис. 4 представлена экспериментально снятая зависимость такого тока от времени, при подаче скачка напряжения амплитудой 12В между двумя печатными проводниками, расположенными на плате стеклотекстолита на расстоянии 2 см друг от друга. Значительная величина этого тока для стеклотекстолита вынуждает использовать в качестве материала платы неполярные диэлектрически (полистирол, фторопласт) или изолирующие втулки из этого материала для монтажа управляющих цепей ключей. Более простой способ состоит в применении заземленных печатных экранов на плате диэлектрика вокруг печатных проводников управляющих цепей, позволяющем на два порядка снизить влияние процессов поляризации.

Использование вышеперечисленных рекомендаций при проектировании ТК низкого уровня позволяет снизить его суммарный статический ток



Р и с. 4

утечки практически до величины тока затвора одного транзистора (при пониженном управляющем напряжении), а также значительно уменьшить проникновение паразитного заряда в сигнальные цепи на фронтах управляющих импульсов. При этом использование дискретных транзисторов позволяет выбрать их с малыми токами утечки (например КП301), но вследствие значительного разброса параметров недостаточно устраняется влияние паразитных емкостей. Этот вариант целесообразен для ТК с низким быстродействием. Интегральные сборки (серии 168,190,590)

характеризуются увеличенным током затвора, но согласование параметров в рамках одного корпуса позволяет свести до минимума инжекции паразитных зарядов из управляющих цепей.

Автором был разработан 8-канальный ТК, являющийся составной частью измерительного модуля КАМАК для вакуумных датчиков и выполненный на транзисторах КП301. Выход ТК подключен к ИП, работающему по принципу "первой производной" [3] и имеющему на входе накопительную емкость, которая заряжается измеряемым током до милливольтового уровня. Реализация перечисленных рекомендаций по проектированию ТК позволила обеспечить его погрешность не более 1% при коммутации токов 10^{-7} А, в диапазоне температур окружающей среды $10...40^{\circ}\text{C}$.

Л и т е р а т у р а

1. Степаненко А.С. Основы теории транзисторов и транзисторных схем. М., 1972.

2. Гончаров К.С. К вопросу определения диэлектрических потерь в изоляции радиодеталей, работающих в импульсном режиме. - В сб.: Известия Ленинградского электротехнического ин-та. Л., 1966, вып. 7, ч. III.

3. Скобелев О.П. Методы преобразования и устройства сбора измерительной информации. Куйбышев, 1980.