



Широкий температурный диапазон, высокая степень защиты и повышенная надежность позволяют использовать потенциометры RotaSet в жестких промышленных условиях

Александр Карман,
karman@micropribor.kiev.ua
Алексей Кожемяка,
alex@micropribor.kiev.ua
Александр Троцкий,
trocki@micropribor.kiev.ua

Потенциометрические датчики

В настоящее время ценовой пресс, как фактор конкуренции, стимулирует применение потенциометров (простых и доступных компонентов систем автоматики) и по прямому назначению регуляторов напряжения, и как аналоговых датчиков угла поворота (линейного перемещения).

Потенциометр вместо датчика

Требование стоимостной эффективности датчиков, применяемых в системах автоматизации, является особенно актуальным. Создаваемые системы должны не только технически целесообразно выполнять заданные функции, но и обладать коммерческой привлекательностью. Не в последнюю очередь это может быть достигнуто за счет применения в системах потенциометрических датчиков, которые хотя и не являются наилучшими изделиями в своем классе, но по совокупности параметров оптимально адаптированы к конкретному приложению, то есть удовлетворяют основным техническим требованиям, сохраняя приемлемую стоимость за счет невысоких иных характеристик, не относящихся к приоритетным.

Например, экономия на стоимости материалов корпуса (IP-20), если не требуется высокая степень защиты, применение недорогих резистивных материалов, если разброс в 20% номиналов сопротивления признается допустимым, применение недорогих опорных подшипников, если высокий ресурс по долговечности не требуется.

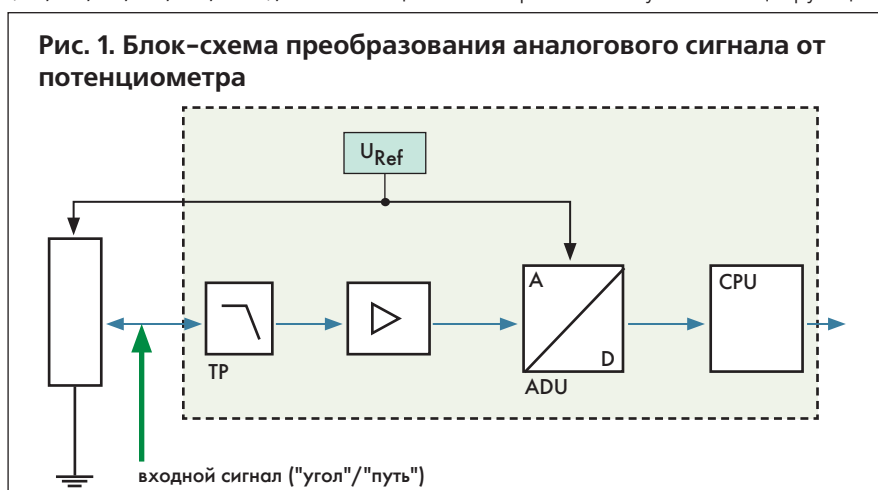
В нашем случае возможность полу-заказной сборки потенциометрических датчиков, адаптированных по совокупности параметров и стоимости к конкретному приложению, позволяет получать изделия, обладающие рыночными преимуществами, и создавать на их основе конкурентноспособные системы. Примером потенциометров, удовлетворяющих этой концепции, является серия RotaSet, предлагаемая фирмой MegAuto AG (www.megauto.de), табл. 1, 2.

Практически все предлагаемые потенциометры могут быть изготовлены согласно выбранному заказчиком номиналу сопротивления (50 Ом – 50 кОм), могут иметь как стандартные, так и улучшенные допуски на величину сопротивления ($\pm 20\%$, $\pm 10\%$, $\pm 5\%$...) и линейность ($\pm 1,5\%$, $\pm 1,0\%$, $\pm 0,5\%$...), степень защи-

ты может быть обеспечена вплоть до IP-65. Может быть задана требуемая длина оси и, при необходимости, обеспечена выступающая задняя часть вала (R22W, R33W, R33P).

Потенциометрические датчики являются идеальным объектом для стоимостно-эффективных систем: технологически реализуются достаточно просто и, в первом приближении, позволяют получить недорогое удобное в применении изделие. Осознанный вывод таких потенциометров на уровень более высоких параметров сопровождается вполне адекватным удорожанием.

Существует ряд внешних факторов, лимитирующих применение потенциометров. Кроме часто упоминаемой вибрации, негативно влияющей на надежность работы ползунка и инициирующей



быстрый износ проводящего слоя, существенным ограничением является скорость вращения оси потенциометра (скорость перемещения ползунка в линейном потенциометре), превышение которой также приводит к преждевременному отказу.

Имеются и менее известные факторы, которые также важны для эффективного применения потенциометрических датчиков: сопряжение входного импеданса измерительного усилителя с выходным сопротивлением потенциометра, и спорадическое пропадание контакта ползунка по мере истощения ресурса эксплуатации.

Входной импеданс

Контроль напряжения — типичный процесс в системах автоматики, который должен быть реализован с высокой точностью. Практически все источники напряжения, включая и выходы потенциометров, нагружены на транзистор, который способен поддерживать уровни напряжения в широком диапазоне, независимо от входного сопротивления последующей аналоговой схемы (рис. 1).

Для ограничения высокоомной интерференции и шумов входной импеданс аналоговых схем обычно находится в диапазоне ~ 100 КОм, если известен номинал сопротивления потенциометра, ошибка измерения может быть рассчитана по формуле: $E_{R_{max}} = 0,15 \times R_N / R_L \times 100\%$, где: $E_{R_{max}}$ — максимальная ошибка в %, R_N — номинал сопротивления потенциометра, R_L — сопротивление нагрузки аналогового входа. Если номинал сопротивления потенциометра составляет, например, 10 КОм, то ошибка измерения напряжения не превышает 1,5 %, и может быть уменьшена при повышении входного сопротивления измерительного усилителя.

Спорадические пики контактного сопротивления

Системы опроса потенциометрических датчиков, как правило, строятся в предположении непрерывности его выходного сигнала. В условиях постепенного износа потенциометра под воздействием позиции монтажа, меха-

нических и климатических факторов в произвольном месте его электрической рабочей зоны могут появляться спорадические пики контактного сопротивления ползунка, которым соответствует всплеск выходного сигнала. Среднестатистически этот эффект имеет место у всех потенциометров в пределах срока эксплуатации.

В системах прошлых поколений этот эффект оставался незамеченным из-за подавления входными емкостями измерительных усилителей, а также ограниченных возможностей и недостаточной чувствительности схем аналогово-цифрового преобразования.

В настоящее время быстродействующие АЦП в состоянии фиксировать этот эффект, даже если искажение сигнала от потенциометрического датчика остается очень кратковременным. Такая информация от датчика классифицируется электроникой управления, как потенциальный отказ и схема защиты переключается (срабатывает). Достаточно часто оборудование миллионной стоимости принудитель-

Табл. 1. Проволочные потенциометры RotaSet

						
модель	R25W, R25WC	R40W, R40WC	R22W, R22WC	R18W	R26W	R33W, R33WC
Сопротивление, Ом	50—10 000	50—10 000	10—10 000	100—10 000	100—10 000	50—20 000
Допуск на сопротивление (%)	±10	±10	±5	±10	±10	±10
Допуск на линейность, %	±1	±1	±0,5	±1	±1	±1
Номинальная мощность, Вт	1	3 или 4	1,5	1	2	3
Электрический угол поворота W, WC	270°±5	270°±5	320°±5°	300°±10°	300°±10°	270°±5°, 350°±3°
Сопротивление изоляции, Мом	1000/500VDC	1000/500VDC	1000/1000VDC	750/500VDC	750/500VDC	1000/500VDC
Диэлектрическая прочность, В	1000	1000	1000	750	750	1000
Механический угол поворота W, WC	285°±5°, 360°	285°±5°, 360°	320°±5°	300°±10°	300°±10°	285°±5°, 360°
Диаметр корпуса	1"(25mm)	1,58"(40mm)	7/8"(22mm)	0,75"(18mm)	1"(25mm)	1,3"(33mm)
Долговечность, цикл	100 000	100 000	400 000	50 000	50 000	250 000
Температура, °С	-30...+85	-30...+85	-55...+105	-30...+85	-30...+85	-35...+105
Характеристики	Специальные величины сопротивления; Специальные оси; Улучшенные характеристики; О-кольцо на оси защита IP65; Кабели и разъемы (муфты)	Специальные величины сопротивления; Специальные оси; Улучшенные характеристики; О-кольцо на оси защита IP65; Кабели и разъемы (муфты)	Специальные величины сопротивления; Специальные оси; Улучшенные характеристики О-кольцо на оси; Удлиненная ось; Выступающая задняя часть вала	Улучшенные электрические показатели	Улучшенные электрические показатели	Специальные величины сопротивления; Специальные оси; Улучшенные характеристики О-кольцо на оси IP65 защита; Кабели и разъемы (муфты); До 3 витков; Удлиненная ось; Выступающая задняя часть вала

Табл. 2. Потенциометры RotaSet на основе проводящего износостойкого пластика

						
Модель	R12P, R12PC	R22P, R22PC	R23W, R23PC	R33P, R33PW	R22M	RH24PC
Технология	Conductive Plastic	Conductive Plastic	Conductive Plastic	Conductive Plastic	Wirewound	Hollow-shaft, Cond. Plastic
Сопротивление, Ом	1, 5, 10	1, 5, 10	1, 5, 10	2, 5, 10	0,1—50	1, 5, 10
Допуск на сопротивление, %	±20	±20	±20	±20	±20	±20
Допуск на линейность, %	±3	±1,5	±1,5	±1	±1	±1,5
Номинальная мощность, Вт	0,5	1	1	2	2	1
Электрический угол поворота P, PC	300°±5	340°±4°	320°±4°, 340°±4°	340°±4°, 350°±4°	3600°	340°±4°
Сопротивление изоляции, Мом	1000/500VDC	1000/500VDC	1000/500VDC	1000/500VDC	1000/500VDC	1000/500VDC
Диэлектрическая прочность	750	750	750	1000	750	750
Механический угол поворота P, PC	320°±10°, 360°	340°±5°, 360°	340°±5°, 360°	340°±5°, 360°	3600°	340°±5°, 360°
Диаметр корпуса	1/2"(12,7 mm)	7/8"(22 mm)	7/8"(22 mm)	1,3"(33 mm)	7/8"(22 mm)	—
Долговечность, цикл	500.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	250.000	2.000.000
Температура, °C	-35...+105	-55...+105	-55...+105	-35...+105	-35...+105	-55...+105
Характеристики	Спецвеличины сопротивления; Спецоси; Улучшенные электрические характеристики; О-кольцо на оси; Спецфаза колебаний; Защита IP65; Спецвходы и кабели	Спецвеличины сопротивления; Спецоси; Улучшенные электрические характеристики; О-кольцо на оси; Спецфаза колебаний; Защита IP65; Спецвходы и кабели	Спецвеличины сопротивления; Спецоси; Улучшенные характеристики; Спецвходы и кабели; Спецфаза колебаний; Защита IP65; О-кольцо на оси; Спецтулка; Антиповоротный штифт	Спецвеличины сопротивления; Спецоси; Улучшенные характеристики; Спецвходы и кабели; Спецфаза колебаний; Защита IP65; О-кольцо на оси; Выступающая задняя часть вала	Угол 1800° (5 поворотов); Входы и кабели	Спецвеличины сопротивления; Спецфаза колебаний; Спец. электр. допуски; Центральный отвод с выходным кабелем и разъемами (муфтами)

но останавливается из-за ложного выхода измеряемого параметра за установленные пределы. Радикально избавиться от последствий этого эффекта можно, прежде всего, корректировкой входной цепи измерительного усилителя (рис. 1): высокий входной импеданс и достаточная емкость проходного фильтра. Положительную роль может сыграть отказо-толерантный алгоритм управления срабатыванием системы защиты.

Несмотря на вполне преодолимые ограничения потенциометрические датчики остаются востребованным элементом систем автоматики. Технологически датчики можно разделить на два типа: проволочные (табл. 1) и выполненные на основе проводящего износостойкого пластика (табл. 2) — именно эти материалы определяют эксплуатационные возможности. Система параметров потенциометров, применяемая для сравнительной оценки, включает допуск на номинал сопротивления, нелинейность и температурный коэффи-

циент сопротивления, ресурс наработки, разрешение.

В проволочных потенциометрах используется намотка из легированного металла, обеспечивающая минимальный допуск на номинал и нелинейность сопротивления, низкий температурный коэффициент. Их недостатками являются невысокая разрешающая способность (переключение с витка на виток) и ограниченный истиранием ресурс эксплуатации (10^5 циклов).

В потенциометрах на основе проводящего пластика, наносимого в виде расплава на подложку, преимущества и недостатки прямо противоположные: на проводящем пластике трудно реализовать минимальный допуск на номинал и обеспечить линейность сопротивления, температурный коэффициент сопротивления гораздо выше, чем в случае металлической проволоки. Однако по ресурсу наработки (10^6 — 10^7 циклов) и разрешающей способности потенциометры на проводящем пластике

обладают несомненным преимуществом. Следует отметить, что столь противоположное распределение преимуществ и недостатков обеспечивает параллельное существование потенциометрических датчиков обоих типов.

Потенциометры RotaSet (табл. 1, 2), отличающиеся невысокой стоимостью, имеют высокое разрешение, хорошую линейность сопротивления. Ряд потенциометров, реализованных на проводящем пластике, имеют повышенный ресурс наработки ($2-4 \times 10^6$ циклов) и являются эффективными датчиками угла поворота.

Потенциометры RotaSet могут быть использованы, например, в качестве задающих элементов в измерительных системах (10-оборотный потенциометр R22M совместно с нониусами RLD-4/RCD-4). Широкий температурный диапазон, высокая степень защиты (IP-65) и повышенная надежность допускают использование потенциометров RotaSet в жестких промышленных условиях.