

Датчики тока ACS750 фирмы Allegro: теория и практика

Александр Уткин (г. Челябинск)

В начале 2004 года на рынке появились датчики тока ACS750 от Allegro Microsystems. Новинка не осталась незамеченной, и многие фирмы стали применять её в своих разработках. Автор статьи делится своим опытом исследования и применения этих датчиков.

ВВЕДЕНИЕ

В силовой преобразовательной технике и электроприводе измерение тока всегда было непростой задачей, т.к. необходимость гальванической развязки системы управления от силовой части приводила к существенному усложнению схемы измерения тока. И если при измерении переменного тока можно использовать готовые трансформаторы тока [1] с хорошей изоляцией, для импульсного – изготовить трансформаторы тока, то измерение постоянного тока ещё совсем недавно представляло собой серьёзную техническую задачу. Для её решения использовались шунты, изолирующие усилители, дополнительные источники питания, и т.д. Причём особенно остро эта проблема стояла при измерении токов до 100 А, т.к. возрастала сложность схемы, увеличивались габариты, повышалась стоимость устройства.

В настоящее время острота этой проблемы несколько спала в связи с широким применением датчиков тока, основанных на эффекте Холла.

Российские фирмы [2, 3] предлагают широкий ассортимент датчиков тока известных производителей [4, 5]. Современные датчики обеспечивают высокую точность и линейность преобразования тока в силовой цепи в диапазоне частот от 0 до 200 кГц, с гальванической развязкой между

первичной и вторичной цепями. Обычно датчики имеют двуполярное питание. В связи с широким применением микроконтроллеров в силовой преобразовательной технике и электроприводе производители начали предлагать датчики тока с однополярным питанием +5 В.

Компания ПРОСОФТ [6] в начале 2004 года представила новую серию датчиков тока фирмы Allegro Microsystems [7], специализирующейся на производстве силовых интегральных микросхем. На российском рынке хорошо известны разнообразные интегральные драйверы электрических двигателей, производимые этой компанией. В дополнение к драйверам Allegro Microsystems начала выпуск датчиков тока ACS750, действие которых основано на эффекте Холла.

Датчики тока этой серии представляют собой интегральную микросхему (см. рис. 1).

Ниже приведены некоторые параметры, характеризующие серию ACS750:

- максимальный рабочий ток ± 50 А, ± 75 А, ± 100 А;
- напряжение питания $U_{\text{пит}} = 5...16$ В;
- потребляемый ток 7 мА (макс. 10 мА);
- выход по напряжению;
- выходное напряжение пропорционально входному току: $I_{\text{раб}} = 0$ А, $U_{\text{вых}} = 0,5U_{\text{пит}}$;
- внутреннее проходное сопротивление 130 мкОм;
- диапазон рабочих частот до 13 кГц;
- напряжение изоляции 3 кВ;
- температурный диапазон $-20...+85^\circ\text{C}$ ($-40...+150^\circ\text{C}$);
- малые габариты (сопоставимы с ТО-220).

Подробную техническую информацию можно получить на сайте компании-производителя [7].

Предпосылки испытаний

Просмотр технической документации на датчики тока не вызвал никаких сомнений, кроме двух вопросов.

Во-первых, в отличие от документации на датчики фирмы Lem [3, 5], указано напряжение шумов. А отношение сигнал/шум определяет в конечном итоге разрешающую способность не только датчика, но и той системы, где он будет использован. А поскольку, как правило, номинальный ток меньше максимального в несколько раз (обычно в 2...3 раза), то влияние шумов на разрешающую способность ещё выше. Более того, представляется интересным вопрос о возможности использования этого датчика при токах, составляющих единицы ампер.

Во-вторых, конструкция корпуса датчика предполагает его установку на печатную плату. Простой расчёт рассеиваемой на датчике мощности даёт результат:

$$P_{\text{дт}} = I_{\text{дт}}^2 R_{\text{дт}} = (100 \text{ А})^2 \times 130 \times 10^{-6} \text{ Ом} = 1,3 \text{ Вт.}$$

Для корпуса ТО-220, например, уже желательна установка радиатора.

(Токовые выводы датчика имеют довольно большое сечение, вполне достаточное для отвода тепла в печатную плату. – Прим. ред.)

Кроме того, на плате необходимы контакты для присоединения силовых кабелей, рассчитанных на 100 А. Также очевидно, что по фольговым дорожкам печатной платы не передать ток 100 А. Следовательно, необходим какой-то другой переход от контактов для присоединения силовых кабелей к датчику тока, и возникает вопрос о потерях в таких переходах.

Для испытаний были отобраны два образца датчиков ACS750 на 50 А и 100 А. Датчик на 50 А использовался для оценки шумов. Датчик на 100 А использовался для исследования теплового режима. Для проведения испытаний был собран макет. Схема макета представлена на рис. 2. Каждый датчик был установлен на отдельную

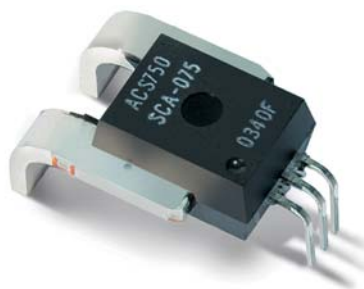


Рис. 1. Датчик тока Allegro ACS750

плату с разъемом для того, чтобы её можно было легко менять (рис. 3).

Для защиты макета от переплюсовки использовался диодный мост DVD1. Для исключения влияния помех по цепям питания макета было применено батарейное питание (9 В) и прецизионный стабилизатор напряжения DA1 (LP2950 фирмы National Semiconductor [8]) на 5 В, с танталовым конденсатором C1 на выходе. Для усиления и фильтрации малых сигналов датчика тока использовался относительно недорогой сдвоенный малопотребляющий ОУ DA3 (MCP602-I/P фирмы Microchip [9]) с Rail-to-Rail-выходом.

Результаты испытаний

Датчик тока ACS750SCA-50 с внешним фильтром, имеющим полосу пропускания 40 кГц, имеет шумы 14 мВ (пик-пик) и разрешающую способность 0,3% от полной шкалы выходного сигнала [7]. Очевидно, что при снижении входного тока разрешающая способность датчика также снижается. Допустим, через датчик протекает ток, равный 5 А. При этом полезный сигнал с датчика тока составит примерно 200 мВ. Разрешающая способность при этом составит около 3%.

Если для обработки сигнала с датчика тока используется АЦП, то при этом не только падает разрешающая способность датчика тока, но и сужается диапазон входных сигналов для АЦП. Для того чтобы полнее использовать АЦП, выходной сигнал датчика тока желательно усилить. Однако при этом шумы также усиливаются, и разрешающая способность остаётся на прежнем уровне. Для снижения уровня шумов и повышения разрешающей способности необходимо применение фильтра.

Ниже приведены результаты экспериментов по усилению и фильтрации сигнала датчика тока. Коэффициент усиления усилителя равен 10. Напряжение шумов (пиковое значение) наблюдалось на выходе ОУ MCP602-I/P с помощью осциллографа С1-96, поэтому значения, приведённые в таблице 1, носят только оценочный характер.

Итак, если при номинальном токе разрешающая способность и быстродействие датчика тока достаточно высоки, то при небольших токах за разрешающую способность прихо-

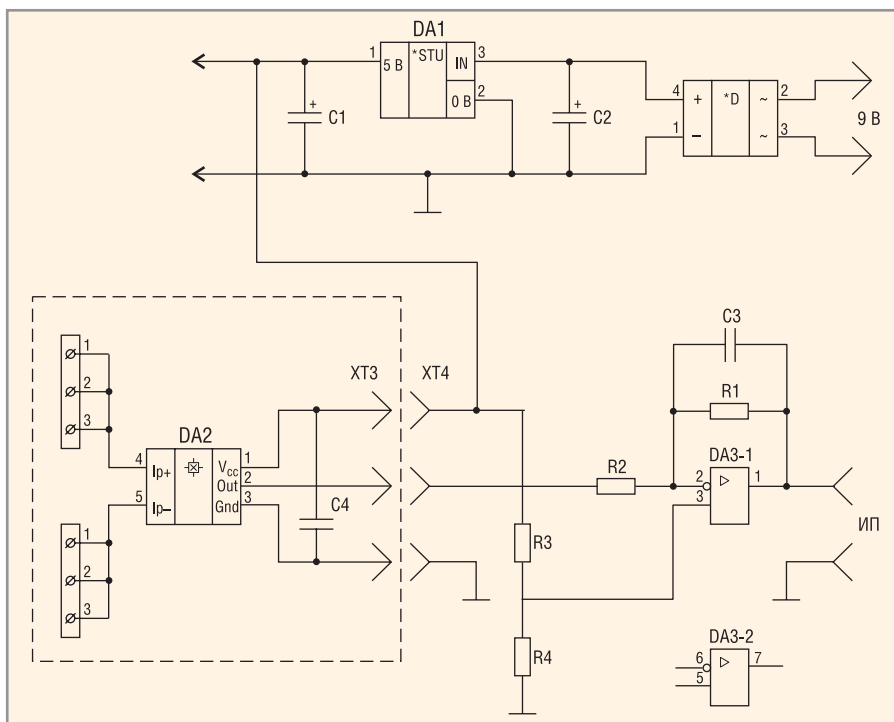


Рис. 2. Принципиальная схема макета

дится платить сужением полосы пропускания, поэтому в каждом конкретном случае применения датчика тока ACS750 придётся находить компромисс между точностью и быстродействием. Кроме того, необходимо сознавать, что воздействие шумов может вызывать неприятные побочные эффекты, например, паразитную модуляцию коэффициента заполнения ШИМ в системе.

Для исследования датчика ACS750SCA-100 на нагрев в качестве источника тока использовался мощный генератор постоянного тока, нагруженный на балластный реостат. Сечение подводящего и отводящего медных кабелей составляло 6 мм². Каждый кабель был разделан на три направления. На входе платы датчика тока каждый кабель был зажат в свой винтовой клеммник на три контакта, каждый контакт рассчитан на ток 16 А. Клеммники и выводы датчика на плате соединялись короткой широкой дорожкой из фольги, покрытой толстым слоем припоя.

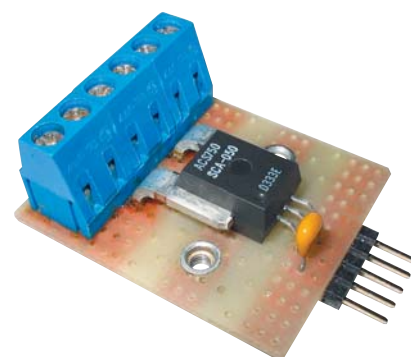


Рис. 3. Макет для проведения испытаний

Испытания проводились при температуре в помещении около 20°C. Ток задавался ступенями по 10 А и измерялся по падению напряжения на шунте 75 ШСМ вольтметром с зеркальной шкалой на пределе 75 мВ. После прогрева в течение 30 мин измерялась температура шины датчика и определялся его перегрев. Результаты испытаний представлены в таблице 2. Из таблицы видно, что при токе 50 А имеет место сильный перегрев. Было сделано предположение, что соединение клеммников и выводов

Таблица 1. Зависимость напряжения шумов от ёмкости конденсатора

СЗ, нФ	0	1	2,2	4,7	10	22	47	100	220
U _{ш пик} , мВ	200	150	130	100	75	50	30	20	10

Таблица 2. Результаты тепловых испытаний датчика ACS750SCA

I, А	10	20	30	40	50
Δt, °С	2,6	7,3	15,2	28,1	48,8

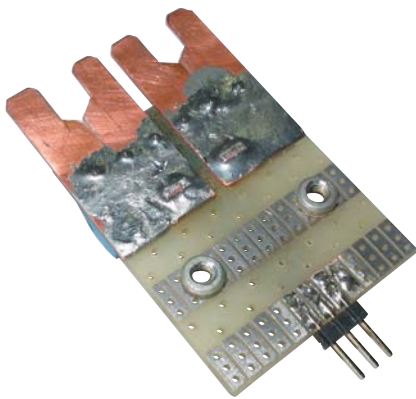


Рис. 4. Установка дополнительных медных шин

датчика дорожкой на печатной плате имеет высокое сопротивление. Для уменьшения сопротивления этого соединения между контактами клеммника и выводами датчика тока в плате были впаяны пластинки из меди размерами примерно $7 \times 7 \times 0,5$ мм. При токе 50 А перегрев датчика составил $36,5^\circ\text{C}$, т.е. снизился примерно на 12°C .

После этого эксперимента было решено оценить потери на всех элементах силовой цепи. Для этого при токе 50 А вольтметром с зеркальной шкалой на пределе 75 мВ измерялись падения напряжения на её различных участках. Затем были рассчитаны потери мощности на каждом участке. Результаты испытаний представлены в таблице 3.

На основании данных таблицы 3 можно сделать вывод, что доля датчика в общих потерях составляет примерно 22%. Остальные потери мощности возникли из-за неудачной конструкции силовой цепи. При такой конструкции уже не датчик, а другие элементы силовой цепи будут являться источником нагрева.

Для исправления ситуации были предприняты попытки применения другого типа клеммников (2×25 А). Результат оказался ещё хуже.

Была также опробована конструкция из стандартных наконечни-

ков, оказавшихся под рукой. Результат также оказался плохим. Причина – наконечники были сделаны из латуни.

Приемлемый результат был достигнут при непосредственном припайивании медной шины к выводам датчика и на печатную плату. Перегрев шины датчика тока при этом составил около 25°C . Конструкция такого перехода показана на рис. 4.

Если ещё принять во внимание неизбежное ухудшение контактов с течением времени, приводящее к увеличению потерь на силовых выводах, то становится понятным значение конструкции силовой части, а именно материала и покрытия контактов. Также необходимо тщательно выбирать место расположения датчика тока на печатной плате проектируемого устройства, с тем чтобы избежать дополнительного нагрева элементов печатной платы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, можно сделать вывод, что датчики ACS750 по некоторым параметрам уступают датчикам тока Lem [5], т.е. имеют менее высокую точность и быстродействие, относительно высокий уровень шумов, однако их возможности более чем достаточны для многих применений.

Возможна работа датчика с применением дополнительного усилителя при токе нагрузки значительно меньше номинального. Если при этом высокое быстродействие не требуется, то можно попробовать подобрать параметры фильтра таким образом, чтобы получить некий компромисс между разрешающей способностью и быстродействием.

Учитывая то, что микросхема датчика тока ACS750 имеет компактный, низкопрофильный корпус, его применение весьма перспективно в недорогих малогабаритных приложениях.

Суммируя всё сказанное, можно предложить следующие области

применения датчиков тока серии ACS750;

- в силовой преобразовательной технике – пороговые устройства, устройства защиты и контроля выходных цепей преобразователей;
- в электроприводе – контроль тока двигателей, например, в контуре регулирования тока коллекторного двигателя постоянного тока (в системе подчинённого регулирования скорости или э.д.с.), альтернатива трансформаторам тока в системах плавного пуска асинхронных двигателей;
- в микроконтроллерных системах – там, где требуется малое потребление и используется батарейное питание. Включая питание датчика ACS750 для проведения измерения тока, а затем выключая его и переводя микроконтроллер в спящий режим, можно получить систему с действительно малым потреблением энергии.

В заключение надо отметить, что компания Allegro Microsystems выпустила новую быстродействующую версию датчиков тока на эффекте Холла – ACS752 [7]. Полоса пропускания этих датчиков составляет 50 кГц. Пока доступны версии датчиков для токов 50 и 100 А с рабочим диапазоном температур $-20...+85^\circ\text{C}$. Датчики такого типа уже можно применять непосредственно для защиты быстродействующих силовых ключей преобразователей.

Комментарий редактора. Несколько повышенный уровень шумов датчиков ACS750/752 обусловлен, скорее всего, самим принципом их работы – стабилизацией прерыванием (Dynamic Offset Cancellation). Обратная сторона этой медали – высокая точность при низкой стоимости датчиков. Более подробно с ними можно познакомиться в статье А. Данилова «Современные промышленные датчики тока» (СЭ № 1, 2004 г.).

ЛИТЕРАТУРА

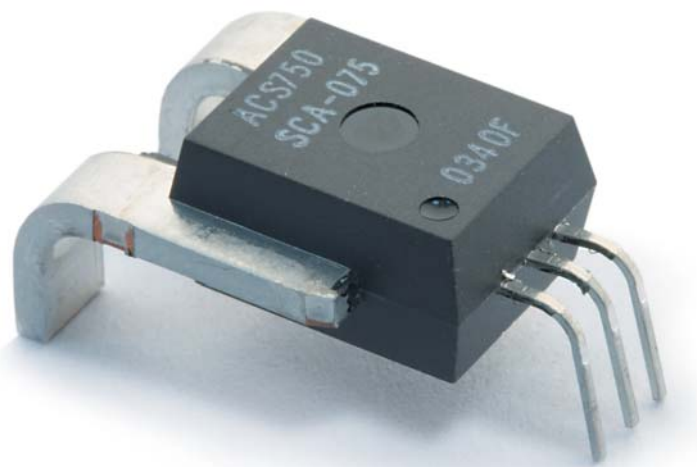
1. <http://talema-nuvotem.com>.
2. <http://components.argussoft.ru>.
3. <http://web.tvcom.ru/tvelem>.
4. <http://honeywell.com>.
5. <http://www.lem.com>.
6. <http://www.prosoft.ru>.
7. <http://www.allegromicro.com>.
8. <http://www.national.com>.
9. <http://www.microchip.com>.

Таблица 3. Потери напряжения и мощности на различных участках цепи

Участок цепи	U, мВ	P, Вт
Входной зажим клеммника – площадка на плате	10	0,5
Площадка на плате – вход датчика тока	2,5	0,125
Датчик тока	7	0,35
Выход датчика тока – площадка на плате	2,5	0,125
Площадка на плате – выходной зажим клеммника	10	0,5
Вся цепь	32	1,6



Высокая точность измерений, хорошая повторяемость характеристик



Датчики тока фирмы ALLEGRO серии ACS750
на эффекте Холла

ОСНОВНЫЕ ДОСТОИНСТВА

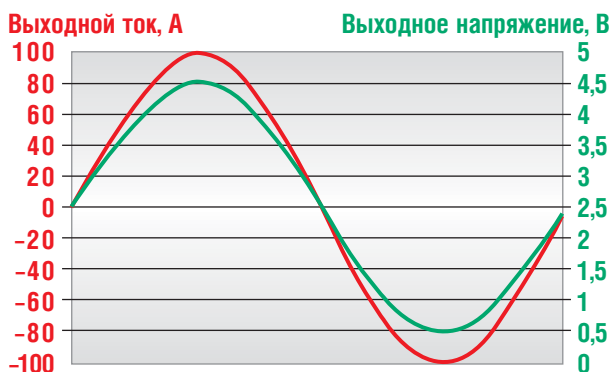
- Высокое напряжение изоляции 2500 В
- Малое внутреннее сопротивление 120 мОм
- Погрешность измерений менее 1%
- Датчики на 50, 75 и 100 А
- Расширенный температурный диапазон $-40...+150^{\circ}\text{C}$

ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

- Датчик имеет интегрированную силовую шину
- Напряжение на выходе датчика пропорционально току на его входе
- Возможность измерения постоянного и переменного тока



Зависимость выходного напряжения датчика от тока



Области применения

- Автомобильная электроника
- Бытовая техника
- Источники питания
- Управление электроприводом