

ДАТЧИКИ ПОЛОЖЕНИЯ НА ЭФФЕКТЕ ХОЛЛА КОМПАНИИ HONEYWELL

Александр Маргелов, менеджер по продукции, ЗАО «КОМПЭЛ»

Статья открывает серию обзорных публикаций по датчикам подразделения Sensing and Controls компании Honeywell и посвящена датчикам положения на эффекте Холла. Рассмотрены различные семейства датчиков этой категории, приведены сравнительные характеристики типовых представителей того или иного семейства.

История компании Honeywell началась в 1885 году, когда ученый Альберт Батс изобрел термостат и регулятор для угольной печи. 23 апреля 1886 года он основал в Миннеаполисе компанию Butz Thermo-Electric Regulator Co. и несколько недель спустя сконструировал простое устройство, которое назвал «заслонка».

Устройство работало следующим образом: когда комната охлаждалась до заранее заданной температуры, термостат замыкал электрическую цепь. Это снимало блокировку с мотора воздушной заглушки, мотор открывал заслонку и обеспечивал подачу воздуха. В результате огонь в печи разгорался сильнее, что способствовало увеличению температуры в комнате. Когда температура поднималась до заданного уровня, мотор воздушной заглушки закрывал ее, воздух переставал поступать и огонь становился слабее. Таким образом, система работала как автомат. Спустя годы и в иных системах Honeywell был использован этот простой, хотя и значительно усовершенствованный принцип замкнутой цепи.

Сегодня Honeywell является мировым лидером в области автоматизации.оборот компании составляет 24 мил-

лиарда долларов США. В Honeywell работает около 108 000 сотрудников в 100 странах мира, которые обеспечивают потребителей во всем мире компонентами и оборудованием для автоматизации производственных процессов, эксплуатации зданий, сооружений и промышленных объектов; продукцией авиационной промышленности; системами для выработки электроэнергии; специальным ассортиментом химической продукции, волокном, пластиком и современными материалами. В 1999 году Honeywell было присвоено звание «компания с самым широким диапазоном продукции в мире». В октябре 2002 года после приобретения Invensys Sensors Systems, подразделения компании Invensys, Honeywell стал крупнейшим в мире производителем датчиков и выключателей, спектр которых насчитывает более 250 тысяч видов. На рисунке 1 приведена классификация основных типов датчиков, выпускаемых подразделением Sensors and Controls компании Honeywell в настоящее время.

Эффект Холла лежит в основе одной из самых распространенных технологий бесконтактной регистрации положения, перемещения, ско-

рости вращения и присутствия ферромагнитных объектов. Эта технология опирается на свойство полупроводниковой структуры генерировать разность потенциалов при воздействии внешнего магнитного поля. Номенклатура датчиков положения на эффекте Холла компании Honeywell насчитывает более двухсот видов. Датчики классифицируются по области применения на автомобильные, промышленные и общего назначения и, в зависимости от назначения, различаются по конструктивным, электрическим характеристикам и рабочему диапазону температур. Однако, несмотря на различия, все приборы имеют схожее функционально законченное ядро. Это элемент Холла и схема обработки сигнала.

Условно все приборы можно разделить на две большие группы: датчики с линейным выходом и датчики с логическим выходом. Датчики с линейным выходом обычно применяются для определения небольших перемещений, построения более сложных датчиков и работы в составе датчиков тока с гальванической развязкой.

Линейные датчики магнитного поля на эффекте Холла состоят из полупроводникового элемента Холла, стабилизатора питания, дифференциального усилителя и выходного каскада (см. рис. 2). В зависимости от модели датчика, выходной каскад представляет собой усилитель на биполярном транзисторе, включенном по схеме с открытым коллектором



Рис. 1. Классификация датчиков, выпускаемых Honeywell в настоящее время

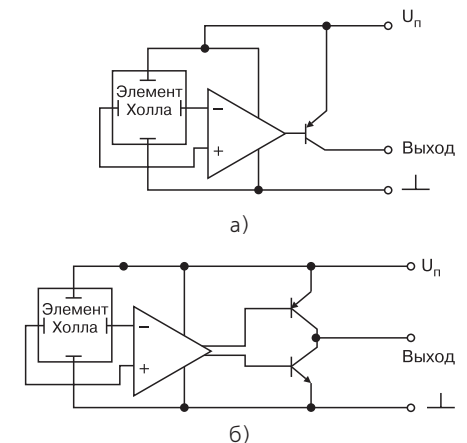


Рис. 2. Функциональная схема датчиков магнитного поля с линейным выходом

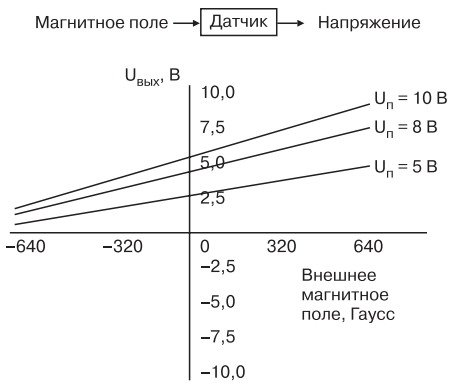


Рис. 3. Типовая характеристика преобразования датчиков магнитного поля с линейным выходом

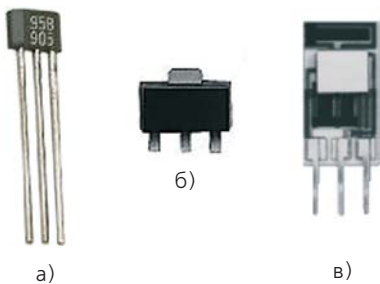


Рис. 4. Варианты конструктивного исполнения датчиков магнитного поля с линейным выходом

(р-п-р) или двухтактной схеме (р-п-р + п-р-п). Выходное напряжение этих датчиков находится в линейной зависимости от величины магнитного поля (см. рис. 3), которое в рабочей области может быть как положительным (южный полюс магнита), так и отрицательным (северный полюс магнита). За пределами рабочей области датчик входит в насыщение. В отсутствии внешнего магнитного поля напряжение на выходе равно половине напряжения питания. Размах выходного напряжения и чувствительность датчиков находятся

также в линейной зависимости от напряжения источника питания (пропорциональный выход), которое лежит в диапазоне 4,5...16 В. Датчики характеризуются высокой нагрузочной способностью, линейной характеристикой преобразования в рабочем диапазоне магнитных полей, широким диапазоном рабочих температур и питающих напряжений, долговременной стабильностью параметров и малым током потребления. Некоторые модели имеют схему защиты от переплюсовки по линии питания.

Рассмотрим более подробно группу линейных датчиков на примере конкретных моделей.

SS495A — один из шести представителей популярной серии SS490, члены которой различаются по температурной стабильности и рабочему диапазону магнитных полей. Этот датчик выполнен в миниатюрном корпусе ТО-92 с тремя выводами (см. рис. 4а). Внутренняя организации соответствует рисунку 26. Высокая температурная стабильность прибора (температурный дрейф смещения составляет $\pm 0,07\%/^{\circ}\text{C}$ в диапазоне рабочих температур $-40...150^{\circ}\text{C}$, что соответствует $\pm 0,075\text{ В}$ при $U_{\text{см}} = 2,5\text{ В}$) обеспечивается встроенной схемой температурной компенсации, элементы которой проходят лазерную подгонку в процессе производства. Датчик имеет нелинейность характеристики около 1% в диапазоне магнитных полей $\pm 670\text{ Гс}$, сохраняет работоспособность в диапазоне питающих напряжений 4,5...10 В и имеет максимальный выходной ток 1,5 мА. В этой же серии присутствуют приборы с более и менее высокой температурной стабильностью по сравнению с SS495A. Это SS495A1 ($\pm 0,04\%/^{\circ}\text{C}$) и SS495A2 ($\pm 0,07\%/^{\circ}\text{C}$) соответственно. Если говорить о чувстви-

тельности, то здесь наилучшими являются сенсоры SS494х ($\pm 400\text{ Гс}$). Наиболее «грубыми» считаются SS496х ($\pm 820\text{ Гс}$).

Только конструктивное исполнение (керамический корпус со стандартным шагом выводов 2,54 мм) и более широкая градация диапазонов рабочих магнитных полей ($\pm 100...2500\text{ Гс}$) отличают семейство 94SS (см. рис. 4в) от ранее рассмотренного SS490.

SS49 — более дешевая модель в корпусе ТО-92. Главное отличие от ранее рассмотренных — отсутствие температурной компенсации смещения и иной способ построения выходного каскада — р-п-р-транзистор с открытым коллектором. Однако прибор имеет нагрузочную способность на порядок выше (до 20 мА).

Два новых прибора: SS49E и SS59E — результат доработки датчика SS49 путем улучшения температурной стабильности. Датчики выполнены в корпусах ТО-92 и SOT89 (см. рис. 4б) соответственно, имеют повышенную нагрузочную способность, выходной каскад на базе р-п-р-транзистора с открытым коллектором и дополнены схемой температурной компенсации.

На рисунке 5 приведены несколько примеров применения линейных датчиков на эффекте Холла.

Датчики с логическим выходом обычно применяются для определения наличия какого-либо ферромагнитного объекта в поле «обзора датчика». В отличие от линейных датчиков магнитного поля выход этих приборов, в зависимости от величины приложенного магнитного поля, принимает всего два состояния: высокий и низкий уровень. Выходной сигнал конвертируется из линейного с помощью триггера Шмидта (см. рис. 6). Благодаря гистерезисной характеристике триггера повышается помехо-

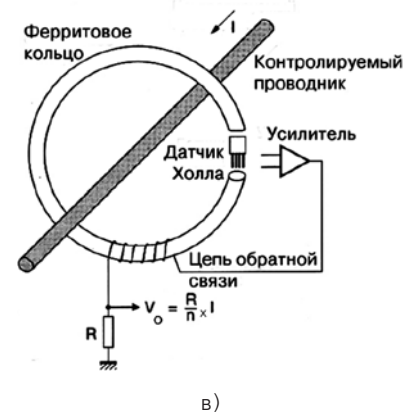
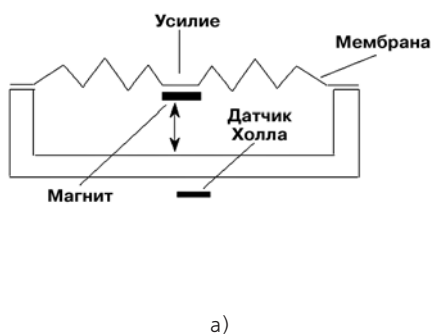


Рис. 5. Примеры использования датчиков магнитного поля с линейным выходом: а) измерение давления (усилия); б) контроль положения дроссельной заслонки; в) датчик тока с гальванической развязкой

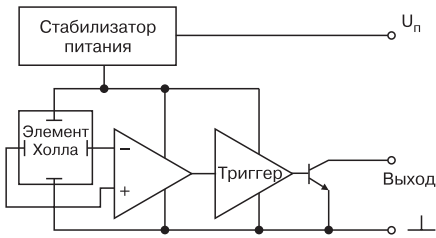


Рис. 6. Функциональная схема датчиков магнитного поля с логическим выходом

устойчивость датчика, устраняются ложные срабатывания. В выходной характеристике датчика принципиально важны лишь две точки: точка включения (operate point, индукция действующего магнитного поля, при котором выход переходит во включенное состояние) и точка выключения (наоборот). Для повышения нагрузочной способности по выходу в схему датчика добавляется каскад усиления на биполярном п-р-п-транзисторе, включенном по схеме с общим эмиттером. Большинство датчиков имеют встроенный стабилизатор питания для элемента Холла, поэтому приборы не критичны к стабильности источника питания и уверенно работают в широком диапазоне питающих напряжений 3,8...30 В. Универсальный выход с открытым коллектором обеспечивает датчику высокую гибкость на этапе согласования с нагрузкой. Нагрузкой датчиков могут являться входы логических ИМС и микроконтроллеров, а также различные драйверы силовых коммутационных приборов.

Характеристики преобразования цифровых датчиков магнитного поля с логическим выходом определяются, как уже говорилось ранее, точкой включения и точкой выключения и дифференциалом. Поскольку характеристики подвержены влиянию окружающей температуры, в технических данных оговариваются минимальные и максимальные индукции

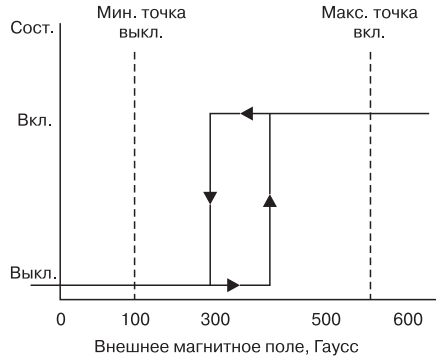


Рис. 7. Типовая характеристика преобразования униполярного датчика магнитного поля с логическим выходом

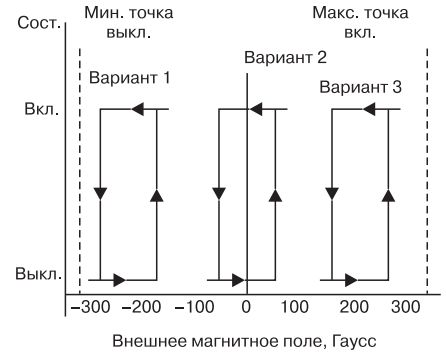


Рис. 8. Типовая характеристика преобразования биполярного датчика магнитного поля

магнитного поля для этих точек. Так, максимальная точка включения соответствует индукции магнитного поля, которое уверенно переводит выход прибора во включенное состояние при любых дестабилизирующих факторах. Минимальная точка выключения соответствует индукции магнитного поля, при котором происходит уверенное выключение прибора. На рисунке 7 приведена характеристика преобразования для типового униполярного датчика. Датчик считается униполярным, если обе максимальные точки (включения и выключения) соответствуют положительному диапазону значений магнитных полей рабочей характеристики, т.е. южному полюсу магнитного поля. Биполярным считается датчик, у которого максимальная точка включения соответствует положительному диапазону рабочих магнитных полей, т.е. южному полюсу, а минимальная точка выключения — северному полюсу. На рисунке 8 приведены несколько характеристик биполярных датчиков.

Компания Honeywell производит около 10 семейств датчиков магнитного поля с логическим выходом. Рассмотрим коротко наиболее интересные из них.

Семейства **SS4xx** (корпус TO-92, см. рис. 9а) и **SS5xx** (корпус SOT89, см. рис. 9б), благодаря функциональной законченности, стандартному конструктивному исполнению, широ-

кому диапазону рабочих температур (-40...150°C) и напряжений питания (3,8...30 В), можно по праву принять за стандарт среди множества приборов данной категории. Эти датчики получили наибольшее распространение при решении задач детектирования ферромагнитных объектов и как самостоятельные сенсоры, и как базовые компоненты для построения более сложных датчиков. Внутри семейства датчики отличаются диапазонами рабочих полей, полярностью и различными типами формовки выводов (последнее — для серии SS4xx). К примеру, самым чувствительным датчиком среди биполярных является SS411A. Величины индукции включения/выключения для него составляют +20/-20 Гс соответственно. Самый «грубый» SS566A — +140/-140 Гс. Встроенная схема температурной компенсации обеспечивает повышенную стабильность характеристики во всем диапазоне температур.

Самым широким диапазоном рабочих температур (-55...150°C) характеризуются биполярные сенсоры SS41 (+40/-40 Гс) и SS46 (+150/-150 Гс). От ранее рассмотренных семейств их отличает отсутствие схемы температурной компенсации. Однако приборы имеют защиту от изменения полярности по линии питания.

Семейство **6SS** представлено униполярными датчиками с различной чувствительностью в стандартном корпусе DIP4 (см. рис. 9в). Аналогичное по параметрам семейство **5SS** (см. рис. 9г) имеет прямоугольный корпус с резьбовой крепежной втулкой и плоскими выводами для быстрого соединения.

Новые серии **SR13/SR15** интересны с точки зрения удобства монтажа на различные поверхности без применения вспомогательных элементов крепления благодаря наличию специальной фиксирующей клипсы (см.

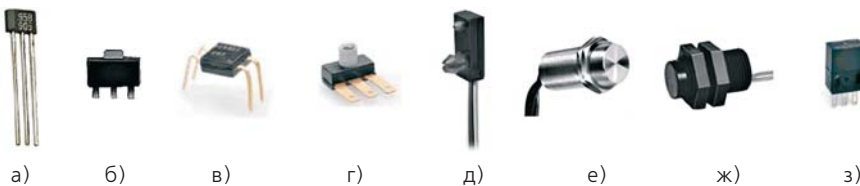


Рис. 9. Варианты конструктивного исполнения датчиков магнитного поля с логическим выходом

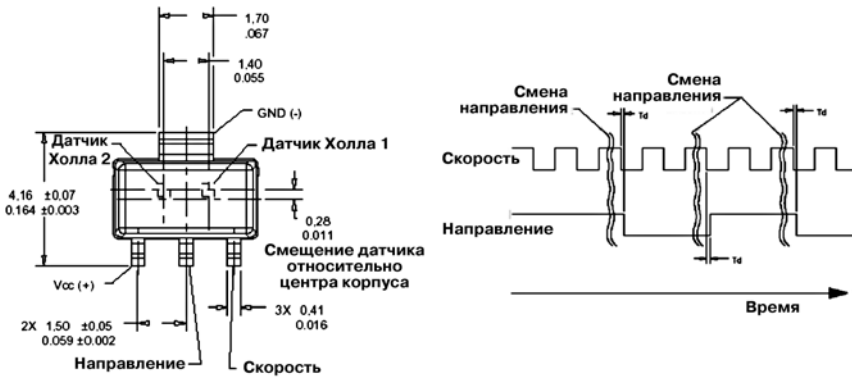


рис. 10. Датчик скорости и направления вращения SS526DT и временная диаграмма работы

рис. 9д). Линейка этих датчиков включает как биполярные, так и униполярные модели с различной чувствительностью. Датчики термокомпенсированные, отличаются повышенной нагрузочной способностью (до 50 мА), высокой устойчивостью к ударным воздействиям, широким диапазоном рабочих температур (-40...150°C) и напряжений питания (3,8...30 В). Датчики имеют сигнальные выводы в виде гибких проводов стандартной длины (25,4 см или 15,2 см).

Упрочненный герметичный цилиндрический корпус в виде металлической шпильки длиной 25,4 см с резьбой и двумя фиксирующими гайками (см. рис. 9е) делает датчики семейства 103SR1x пригодными для работы в жестких условиях, значительно упрощает их установку, а также дает возможность проводить оперативную подстройку дистанции от чувствительной поверхности датчика до цели. Среди моделей этого семейства есть как биполярные, так и униполярные приборы с различной чувствительностью. Диапазон рабочих температур составляет -40...100°C, напряжение питания - 4,5...24 В. Датчики снабжены гибкими выводами длиной 13,9 см (возможно до 1 м) с тефлоно-

вой изоляцией, и по требованию заказчика могут быть дополнительно защищены снаружи полихлорвиниловой или термостойкой полиуретановой изолирующей трубкой.

Аналогичный герметичный корпус, но из пластмассы, и схожие электрические характеристики имеют датчики семейства SR3x (см. рис. 9ж). Основным их отличием является более низкий диапазон рабочих температур (-20...85°C). Это семейство также включает сверхвысокочувствительный омниполярный (неполярный) датчик SR4P2-A1 (15/11 Гс), выполненный по магниторезистивной технологии.

Высокочувствительные омниполярные сенсоры, предназначенные для детектирования целей на большом расстоянии, выполненные по магниторезистивной технологии, существуют и в классическом исполнении. Например, новая модель SS552MT (25/5 Гс) разработана для широкой области применений, обладает отличными частотными свойствами (0...100 кГц), имеет миниатюрный корпус SOT-89 (см. рис. 9б), широкий диапазон рабочих температур (-40...150°C) и напряжений питания (3,8...30 В).

И еще об одной интересной модели. Это датчик SS526DT (см. рис. 10),

объединяющий в одном корпусе SOT-89 два независимых сенсора Холла, центры которых удалены друг от друга строго на 1,4 мм. Уникальность прибора заключается в том, что он позволяет одновременно контролировать и скорость, и направление вращения. Оценка скорости вращения производится путем измерения частоты (длительности при малых оборотах) импульсов на соответствующем выходе. Выход «направление» в зависимости от направления вращения зубчатого колеса принимает либо высокий, либо низкий уровень.

На рисунке 11 приведены несколько примеров использования датчиков магнитного поля с логическим выходом.

Для построения сенсорных систем определения положения, расстояния, угла поворота, вибрации, перемещения на базе вышерассмотренных датчиков — как линейных, так и с логическим выходом — необходим источник внешнего магнитного поля. Как правило, для этого используются постоянные магниты, которые закрепляются на контролируемые объекты. Компания Honeywell с целью логического завершения линейки сенсоров рассмотренного типа выпускает 9 типов постоянных магнитов в различных конструктивных исполнениях (см. рис. 12). Точные габариты, диапазон рабочих температур, зависимость величины магнитного поля от расстояния и рекомендации по применению подробно отражены в технической документации на изделия.

В отдельную группу следует отнести специализированные датчики положения, предназначенные для определения скорости вращения зубчатых колес. Это законченные устройства, объединяющие в одном корпусе элемент Холла, усилитель, триггер Шмидта, стабилизатор питания и постоянный магнит. Принцип действия основан на детектировании из-

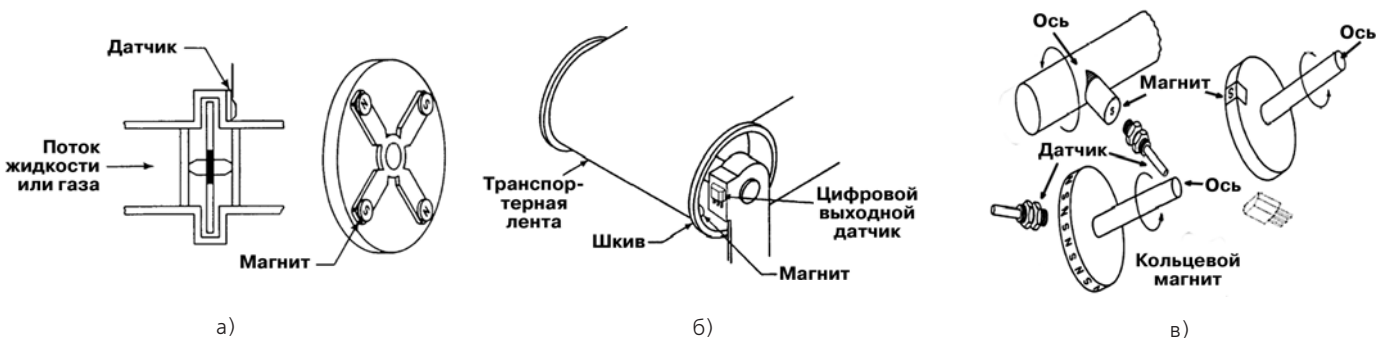


рис. 11. Примеры использования датчиков магнитного поля с логическим выходом: а) счетчик оборотов изолированной лопасти расходомера; б) определение точки остановки информационного фрагмента; в) определение положения и скорости вращения оси



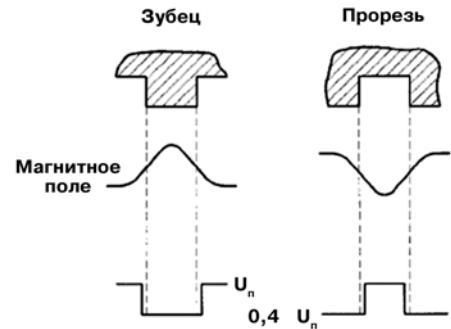
Рис. 12. Варианты конструктивного исполнения магнитов

менения плотности распределения или прерывания магнитного потока в момент, когда ферромагнитный материал (зубец шестерни или метка) проходит вдоль чувствительной поверхности датчика (см. рис. 13). Постоянство амплитуды выходного сигнала датчика, не зависящей от скорости вращения шестерни, позволяет фиксировать бесконечно малые перемещения и скорости. Логический выход с открытым коллектором на биполярном pnp-транзисторе обеспечивает высокую нагрузочную способность приборов и гибкость при согласовании со входами ИМС стандартной логики и микроконтроллеров. Кроме этого, датчики характеризуются повышенной помехоустойчивостью, хорошим отношением сигнал/шум, наличием встроенных цепей защиты от переплюсовки и резких выбросов напряжения по линии питания.

Ознакомимся с датчиками данного класса более подробно на примере семейства **GTN1Axxx** (см. рис. 14а). Эти датчики специально разработаны для работы в жестких условиях эксплуатации. Они применяются для контроля скорости вращения коленчатого и распределительного валов автомобиля, работы в составе коробки передач и тахометров. Датчики удовлетворяют специальным требованиям на вибро- (DIN IEC 68 T2-6) и ударопрочность (DIN IEC 68 T2-7), а также на электромагнитную совместимость, имеют супергерметичный разъемный соединитель, соответствуют классам защиты от окружаю-



Рис. 13. Принцип действия датчиков скорости вращения



щей среды IP 67, IP 68, IP69K и функционируют в расширенном диапазоне температур $-40...125^{\circ}\text{C}$. Датчики выпускаются в 12-вольтовой ($U_n = 8...16\text{ В}$) и в 24-вольтовой ($U_n = 21...32\text{ В}$) версии, имеют выход с открытым коллектором и диапазон частот детектирования от 2 Гц до 9 кГц. Семейство насчитывает 9 наименований, различающихся длиной цилиндрической зондирующей части (40...95 мм). В технической документации приведены минимальные размеры цели (зубца шестерни), при которых происходит уверенное детектирование.

Если датчики **GTN1Axxx** главным образом ориентированы на применение в автомобильной технике, то **1GT101DC** (см. рис. 14б) с аналогичными, но более унифицированными характеристиками, разработан для широкой области применений (включая и автомобильную технику). Датчик отличается более широкий диапазон рабочих температур ($-40...150^{\circ}\text{C}$) и напряжений питания (4,5...24 В), а также улучшенная частотная характеристика (до 100 кГц — 10...3600 об/мин).

Несмотря на полную функциональную и конструктивную законченность рассмотренные выше датчики не обладают достаточной гибкостью на этапе проектирования. Например, требуется специальный корпус, иной вид крепежа, нестандартный электрический соединитель и т.д. В этом случае на помощь приходят так называемые «строительные блоки» (см. рис. 15). Эти приборы-заготовки по сути уже полнофункциональные дат-

чики, содержащие в супергерметичном алюминиевом или пластмассовом цилиндрическом корпусе магнит, сенсор, усилитель, триггер и схему питания. К их главным преимуществам следует отнести невысокую стоимость и полную свободу в проектировании специализированного корпуса под конкретное приложение.

В случаях, когда размеры зубцов шестерни не позволяют обеспечить надежное детектирование, когда сама шестерня нестандартна, когда конструктивные особенности агрегата не позволяют разместить датчик или же просто требуется отслеживать только определенные положения оси, целесообразно применение датчиков положения прерывательного типа. Задача решается при помощи узкой вспомогательной шестерни (крыльчатка), закрепленной на той же оси, лопасти (метки) которой при прохождении через чувствительную апертуру датчика (щель, образованную между постоянным магнитом и сенсором Холла) прерывают магнитный поток, формируя тем самым входное воздействие (см. рис. 16).

2AV54 (см. рис. 14в) — один из наиболее ярких представителей датчиков прерывательного типа, широко применяемый в автомобильной и индустриальной электронике. Датчик выполнен в компактном упрочненном корпусе повышенной герметичности с гибкими проводными выводами. Глубокое щелевое отверстие (17 мм) обеспечивает большую гибкость при проектировании конфигурации крыль-

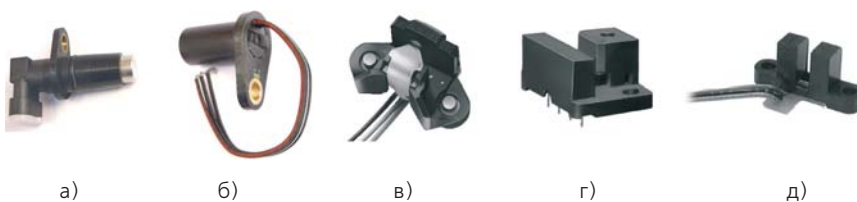


Рис. 14. Варианты конструктивного исполнения датчиков скорости вращения со встроенным магнитом



Рис. 15. Внешний вид «строительных блоков»

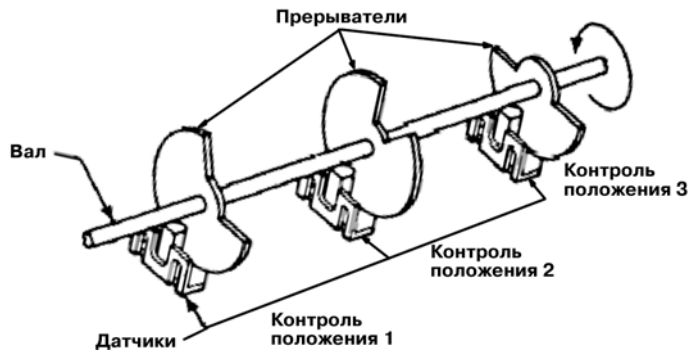


Рис. 16. Пример использования датчиков магнитного поля прерывательного типа



Рис. 17. Внешний вид датчика RPN1A112

чатки. Полное соответствие датчика специальным требованиям на влагозащищенность (до 500 часов при 80% RH & 85°C), вибростойкость (45g по MIL-STD-202) и воздействие солевого тумана (48 часов по IEC-68-2-11) гарантирует безотказную работу в жестких условиях окружающей среды. Помимо этого датчик защищен от бросков напряжения по линии питания (до ±80 В) и случайной смены его полярности.

Семейство 4AV (см. рис. 14г) ориентировано исключительно на промышленные применения. Датчики этого семейства имеют одинаковые размеры целевого отверстия, внешние габариты и электрические характеристики, а различаются лишь по способу монтажа. Существуют модели с проводными выводами, длина которых выбирается из стандартного ряда, модели с разъемным соединителем, а также для монтажа через отверстия на печатную плату.

То же самое можно сказать и о семействах SR16/SR17 (см. рис. 14д), за исключением области применения. Это датчики для коммерческих применений.

Задача измерения точного угла поворота оси привода в небольших пределах является одной из самых распространенных. Существует несколько способов ее решения с использованием различных технологий (оптические,

магниторезистивных и с использованием специальных потенциометров). Рассмотрим одну из популярных моделей высокоточного бесконтактного датчика угла поворота, использующего эффект Холла. Это датчик RPN1A112 (см. рис. 17), который представляет собой компактное законченное устройство в герметичном корпусе (IP67) со стандартным разъемным соединителем AMP и крепежными отверстиями. Чувствительным элементом датчика является ось вращения диаметром 6 мм, выступающая из корпуса на 10 мм. На внутренней стороне оси закреплены 2 постоянных магнита, поле которых воздействует на специализированную интегральную матрицу элементов Холла. Ее функция — преобразование угла поворота оси в постоянное напряжение. Дополнительные встроенные схемы обеспечивают линейризацию выходного сигнала, усиление и защиту от короткого замыкания по выходу и от смены полярности по линии питания. Диапазон измерения составляет $-45...45^\circ$ ($U_{\text{вых}} = 0,25...4,75$ В) с точностью $\pm 0,5^\circ$, при этом ось свободно вращается в диапазоне 360° . Нелинейность характеристики преобразования не превышает $2,5\%$.

Задача определения положения, малых перемещений, угла поворота, скорости и направления вращения *неферромагнитных объектов* (пластмассовые оси, шестерни, несущие ли-

нейки или метки, пластиковые карточки, денежные купюры и т.д.) может быть эффективно решена с помощью оптических датчиков ИК-диапазона. Компания Honeywell выпускает около 400 наименований датчиков такого типа. На выбор предлагается широкий ассортимент приборов отражательного и прерывательного типа с различными оптическими (дальность, разрешение), электрическими (функциональный состав, коэффициент передачи, нагрузочная способность, тип оконечного каскада) и конструктивными характеристиками. Рассмотрение этой группы продукции — материал следующей статьи.

Более подробную информацию о датчиках компании Honeywell можно найти по адресу: <http://content.honeywell.com/sensing/products> или запросить у официального дистрибьютора компании КОМПЭЛ (www.compel.ru).

Москва
Тел.: (095) 995-0901
Факс: (095) 995-0902
E-mail: compel@compel.ru

Санкт-Петербург
Тел.: (812) 327-9404
Факс: (812) 327-9403
E-mail: spb@compel.ru

Технологическое оборудование и материалы для поверхностного монтажа

- Установки инфракрасно-конвекционной пайки печатных узлов
- Автоматы установки поверхностно монтируемых элементов
- Автоматизированные системы оптического контроля печатных плат и печатных узлов
- Межоперационная технологическая тара
- Устройства трафаретной печати
- Дозаторы
- Вакуумные пинцеты
- Паяльные пасты, флюсы
- Шильдики, этикетки



ЗАО ЦНИТИ "Техномаш-Трасса"
☎/fax (095)146-19-04 ☎(095)146-19-59
✉ trassa-smd@yandex.ru
<http://www.trassa.by.ru> <http://www.trassa.chat.ru>

ЗАО "Руднев-Шиляев"

Разработка и производство:

- платы сбора данных
- измерительные приборы
- виброакустические системы
- инструментальные решения задач заказчика



Россия, 127238, Москва Тел./факс: (095) 480-3600, 480-3311
Дмитровское шоссе, д. 71, оф. 2-4 e-mail: afs@rudshel.ru, www.rudshel.ru