

Д. ф.-м. н. Ф. Д. КАСИМОВ, к. т. н. Р. А. ИБРАГИМОВ,
Н. М. СВИХНУШИН

Азербайджан, г. Баку, Национальная академия авиации
E-mail: fredkasimi@mail.ru

Дата поступления в редакцию
28.11 2008 г.

Оппоненты: к. т. н. В. С. ГОЛУБ
(НПФ «VD MAIS», г. Киев)
к. т. н. Ю. А. АВЕРЬЯНОВА (НАУ, г. Киев)

МАГНИТОКОММУТИРУЕМАЯ МИКРОСХЕМА И ДАТЧИК ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ ВЕТРА НА ЕЕ ОСНОВЕ

Разработанная магнитокоммутируемая микросхема на основе эффекта Холла позволила создать магнитный датчик скорости ветра.

Интегральные микропреобразователи различных физических величин активно разрабатываются в последние десятилетия. Среди них важную роль играют магниточувствительные микросхемы, поскольку являются бесконтактными и сохраняют работоспособность в условиях высокой загрязненности и плохой видимости, в которых не могут работать фоточувствительные преобразователи.

В настоящее время применяются магниточувствительные микросхемы как с цифровым, так и с линейным выходом, изготавливаемые по гибридно-пленочной [1], биполярной [2, 3] и МОП-технологиям [4, 5], а также с частотным выходом [6].

Типичные магниточувствительные коммутирующие микросхемы (МКМ), выпускаемые различными фирмами, состоят из датчика Холла (ДХ), дифференциального усилителя (ДУ), порогового устройства и выходного логического каскада.

В качестве усилителя в [3] использован дифференциальный каскад на $n-p-n$ -транзисторах $VT1, VT2$ с резистивной нагрузкой $R1, R3$ и токозадающим резистором $R2$ (рис. 1). К коллекторам транзисторов ДУ подключена бистабильная схема, выполненная на $n-p-n$ -транзисторах $VT3, VT4$ с эмиттерной связью. Резистор $R3$ является одновременно коллекторной нагрузкой транзистора и правого плеча ДУ. Нагрузкой транзистора $VT4$ служит прямосмещенный $p-n$ -переход база-эмиттер $p-n$ -транзистора $VT5$, с коллектора которого снимается инвертированный выходной токовый сигнал, представляющий собой единичную функцию переключения. Выходной сигнал далее усиливается эмиттерным повторителем на $n-p-n$ -транзисторе $VT6$ и через два резистивных делителя, ограничивающих эмиттерный ток, поступает на базы выходных транзисторов $VT7, VT8$ с открытым коллектором. Магнитная индукция переключения подобных МКМ лежит в пределах 10–50 мТ.

Для повышения стабильности параметров МКМ и расширения диапазона питающего напряжения в нее включен внутренний стабилизатор напряжения на транзисторе $VT9$, стабилитроне $VD3$ и токозадающем

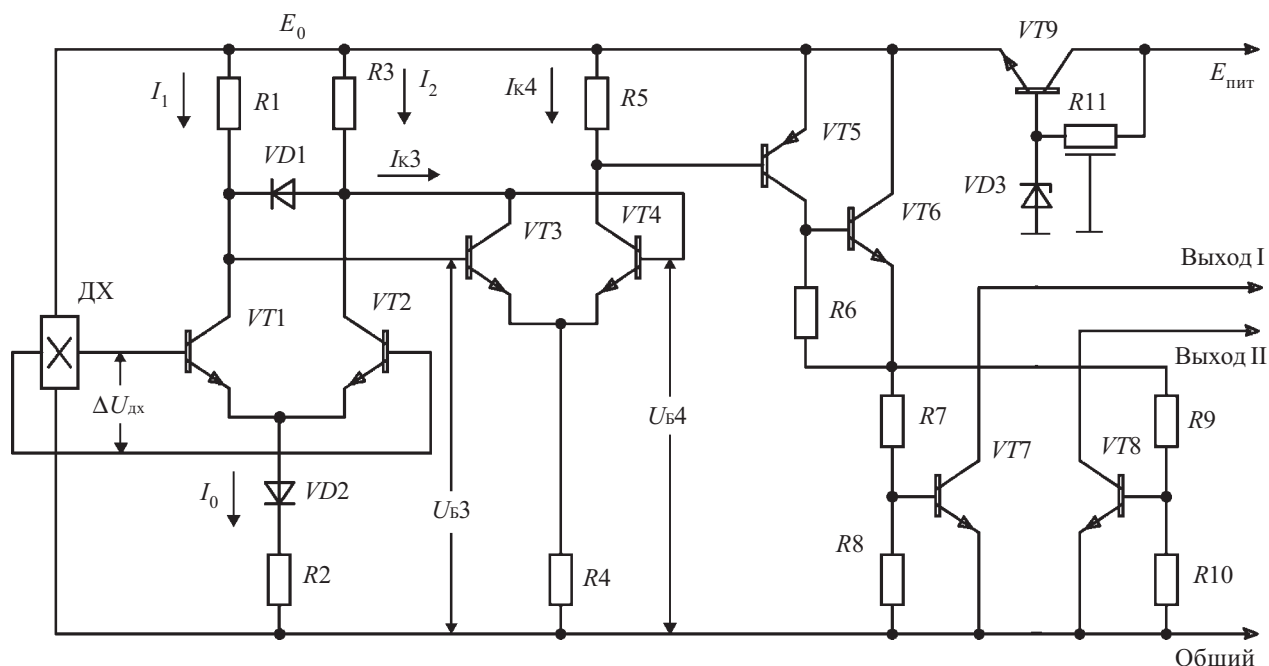


Рис. 1. Электрическая схема МКМ без термокомпенсации

резисторе $R11$. Стабилизатор обеспечивает внутреннее питание схемы напряжением 5 В независимо от приложенного внешнего в диапазоне 9—30 В.

Практическое применение МКМ в различных устройствах авиационного приборостроения выявило необходимость доработки схемы с целью повышения магнитной чувствительности и температурной стабильности в широком диапазоне изменения внешней температуры, а также возможности с помощью внешних подстроечных резисторов регулировать величину гистерезиса и магнитной индукции переключения [7].

Улучшенная МКМ, разработанная авторами (рис. 2), состоит из ДУ, ко входу которого подключен ДХ (на схеме обозначен B), согласующего усилителя (СУ), выходного каскада, вторичного стабилизатора напряжения и цепи положительной обратной связи.

Повышение чувствительности достигнуто путем увеличения суммарного коэффициента усиления ДУ и СУ. Коэффициент усиления ДУ обеспечивается за счет применения активной нагрузки усилителя ($VT8$) вместо пассивной (резисторов). В СУ сигнал с эмиттера транзистора $VT14$ усиливается транзисторной парой, включенной по схеме Дарлингтона и нагруженной на эталон тока (коллектор транзистора $VT18$).

Использование эталона тока обеспечивает максимально возможный коэффициент усиления каскада.

Для получения положительной обратной связи используется резистивный делитель на резисторах $R3$, $R4$, $R5$ и $R11$, $R13$, $R14$. Выводы 2 и 3 от резистивного делителя дают возможность смещать характеристики вправо или влево от нуля индукции срабатывания. В зависимости от направления сдвига внешним резистором вывод 1 стабилизированного напряжения соединяется с выводом 2 или 3. Величина сдвига обратно пропорциональна величине сопротивления внешнего резистора. Регулировка величины гистерезиса производится путем соединения через внешний резистор вывода 4 с общим выводом схемы. Если вывод 4 замкнут накоротко с общим выводом, гистерезис минимален, а если разомкнут — максимален.

Экспериментальные исследования показали, что температурная стабильность ДХ при питании стабильным напряжением выше, чем при питании стабильным током, поэтому была выбрана схема питания ДХ постоянным стабилизированным напряжением от вторичного стабилизатора.

Выходной каскад состоит из транзистора $VT22$ с открытым коллектором, а уровни его выходных напряжений и токов соответствуют параметрам стандарт-

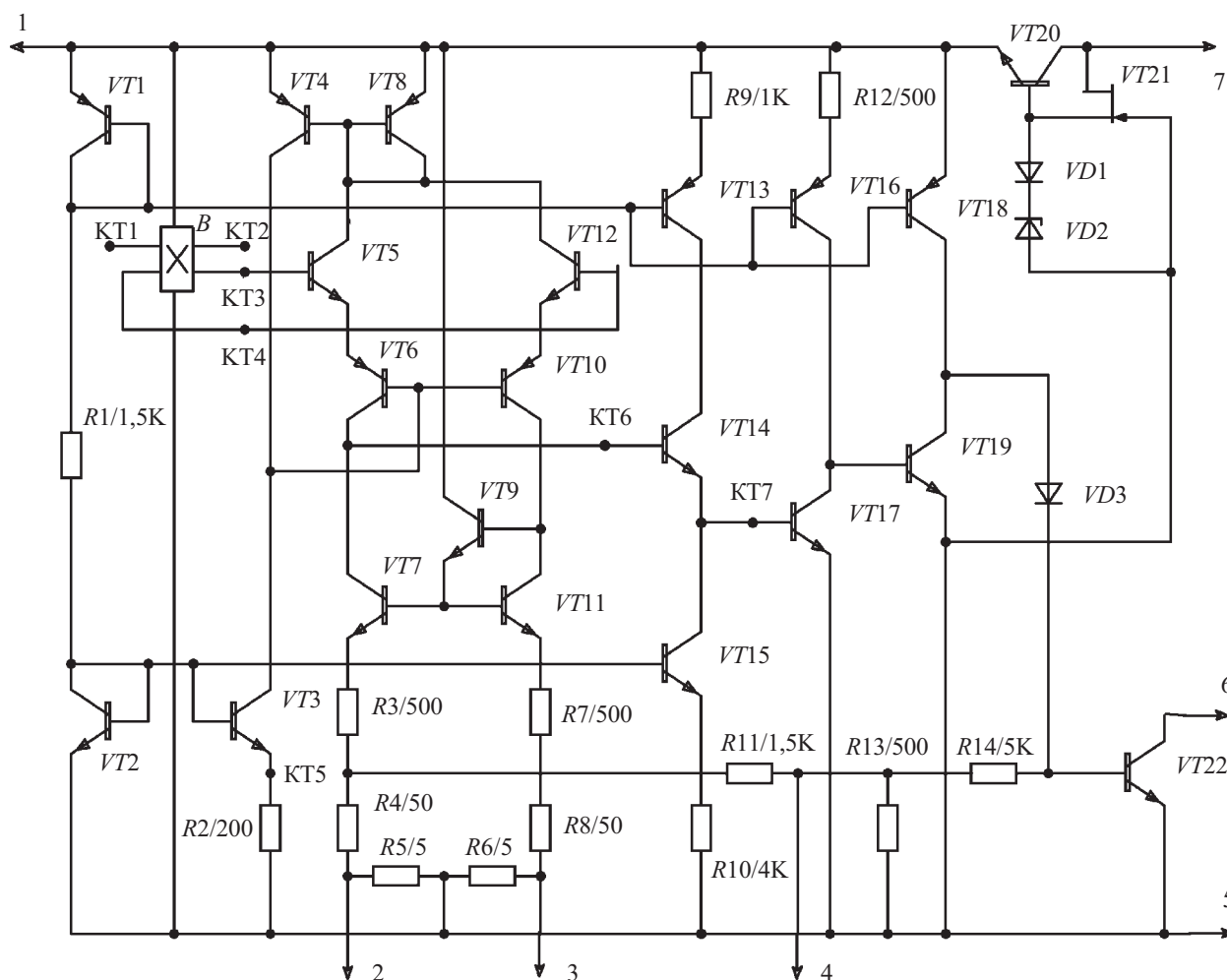


Рис. 2. Электрическая схема высокочувствительной МКМ с термокомпенсацией

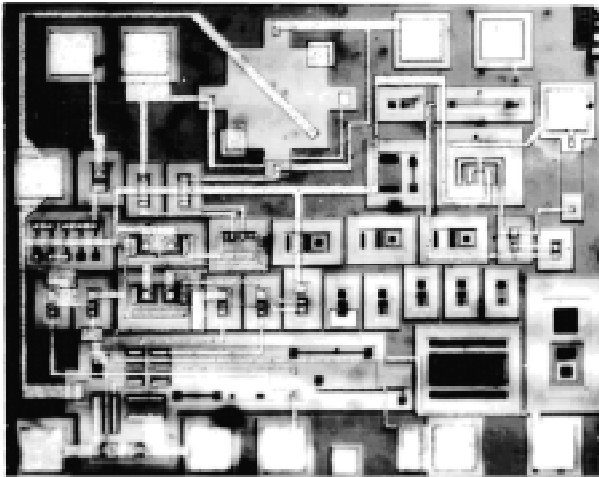


Рис. 3. Высокочувствительная МКМ с термокомпенсацией

ных ТТЛ-интегральных схем. Напряжение питания МКМ составляет от 9 до 27 В, ток потребления — 6 мА, магнитная индукция переключения лежит в диапазоне 5—25 мТ.

Основной проблемой магниточувствительных ИС с ДХ является температурный и временной дрейфы остаточного напряжения ДХ, связанные с перераспределением упругих механических напряжений в объеме кристалла ДХ, возникающих при изменении температуры и протекании тока. Для устранения временных дрейфов ДХ был сконструирован в виде четырех ортогонально соединенных холловских элементов. Такое соединение позволило обеспечить снижение влияния механических напряжений на остаточное напряжение ДХ. Помимо этого, для уменьшения влияния дрейфа положительных ионов на границе Si-SiO₂ на величину остаточного напряжения проводилось ионное легирование рабочей поверхности ДХ атомами бора. Тем самым на поверхности создавался тонкий слой *p*-типа проводимости, отделяющий объем *n*-типа проводимости от границы Si-SiO₂. Указанные меры позволили снизить дрейф остаточного напряжения до 0,02 мВ/°С.

Микрофотография МКМ на кристалле с повышенной температурной стабильностью приведена на рис. 3.

Сравнительный анализ параметров различных МКМ, приведенных в таблице, показывает, что микросхема собственной разработки (1159КП1) не усту-

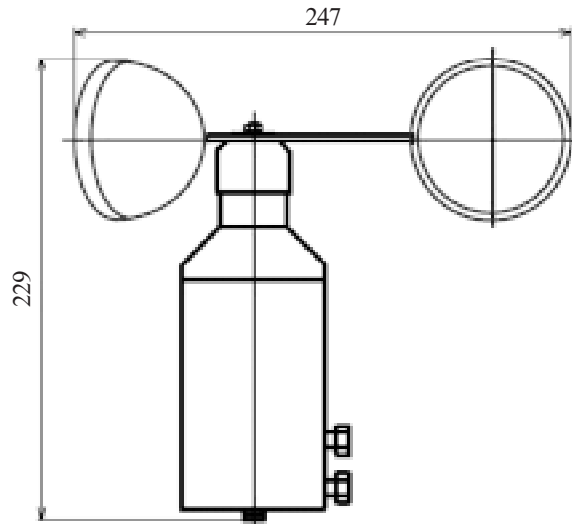


Рис. 4. Датчик скорости ветра

пает зарубежным аналогам, а по некоторым параметрам и превосходит их [8, с. 197]. Это позволяет применять ее в различных устройствах авиационного приборостроения с жесткими условиями эксплуатации.

По заказу ЗАО «Азербайджанские авиалинии» был разработан датчик скорости ветра для эксплуатации в условиях повышенной запыленности, основанный, в отличие от традиционно применяемых устройств, не на оптическом датчике, а на магнитокоммутируемой микросхеме 1159КП1. Это позволило, не удорожая конструкцию датчика дополнительными затратами на защиту от пыли, применить типовую конструкцию чашечной вертушки.

Магнитный датчик скорости ветра состоит из вала с вертушкой (рис. 4), на конце которого закреплен многополюсный круговой магнит, и печатной платы с МКМ и другими элементами схемы (рис. 5).

При вращении вертушки под воздействием поля магнита изменяется состояние выхода МКМ и формируются счетные импульсы, частота следования которых пропорциональна скорости ветра. Электрические импульсы с выхода 2 DA2 поступают на вход 3 сетевого драйвера RS422 DA3, с выхода которого симметричный сигнал по сетевому кабелю «витая пара» подается в блок обработки сигналов, разработанный на базе микроконтроллера. В блоке обработки частота импульсов датчика преобразуется в физическую величину скорости ветра и результаты изме-

Параметры МКМ

Тип МКМ	Индукция переключения, min/max, мТ	Индукция гистерезиса, мТ	Ток потребления $I_{ном}$, мА	Диапазон температур, °С
K1116КПЗ СССР	20/35	5	6	-40—+125
1AV2A Honeywell, США	40/45	10	13	-40—+150
SAS 221S4, «Siemens», ФРГ	25/40	5	7	-40—+125
TL172 Texas Instrument, США	10/60	40	—	-40—+125
DGN 3203 «Sprague», США	10/35	20	—	-40—+125
S6SS2 Microswitch, США	12/62	40	—	-40—+150
МКМ 1159КП1 Азербайджан	5/15	2	6	-60—+125

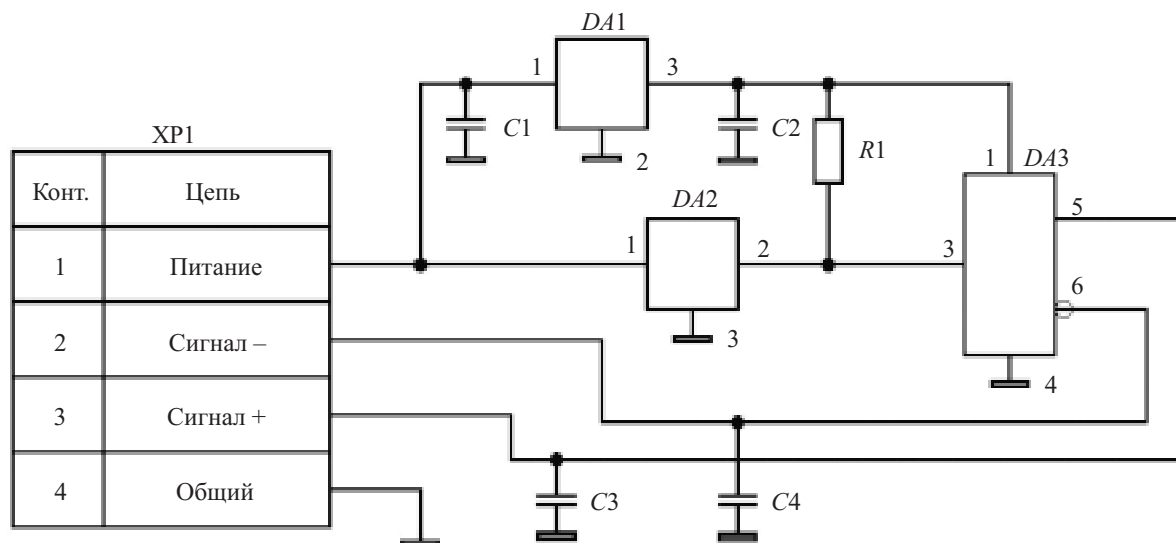


Рис. 5. Электрическая схема датчика скорости ветра:
 DA1 — KP142EH5A; DA2 — 1159КП1; DA3 — сетевой драйвер RS422 MAX 488

рений передаются на компьютер для доставки их пользователям.

Диапазон измерения скорости ветра составил 0,5—50 м/с с погрешностью $\pm 5\%$.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Касимов Ф. Д., Адигезалов Г. Д., Карпов А. Г., Стоялов М. Н. Магниточувствительная гибридно-пленочная ИС // Приборы и системы управления.— 1986.— № 7.— С. 34—35.
2. Марченко А. Н. K1116КП — серия магнитоуправляемых ИС на эффекте Холла // Электронная промышленность.— 1985.— № 6.— С. 11—13.
3. Касимов Ф. Д., Рагимов С. Н. Кремниевый преобразователь магнитного поля // Электронная техника. Сер. 3. Микроэлектроника.— 1991.— Вып. 4 (143).— С. 15—17.

4. Галушков А. И., Чаплыгин Ю. А. Интегральные магниточувствительные микросхемы // Известия Вузов. Электроника.— Москва.— 2000.— № 4—5.— С. 124—127.

5. Галушков А. И. КМОП магниточувствительные интегральные схемы // Контрольно-измерительные приборы.— 2000.— № 1.— С. 25—26.

6. Holzlein K., Lapik J. Silicon magnetic field sensor with frequency output // Sensor and Actuator.— 1991.— Vol. A25—27.— P. 349—355.

7. Пашаев А. М., Касимов Ф. Д., Исмаилов Н. М. Интегральные магниточувствительные схемы для авиационного приборостроения // Труды 6-й МНПК «Современные информационные и электронные технологии».— Одесса.— 2005.— С. 265.

8. Касимов Ф. Д., Гусейнов Я. Ю., Негоденко О. Н., Румянцев К. Е. Микроэлектронные преобразователи на основе негатронных элементов и устройств.— Баку: ЭЛМ, 2001.

НОВЫЕ КНИГИ

Портнов Э. Л. Принципы построения первичных сетей и оптические кабельные линии связи. Учебное пособие для вузов.— М.: Горячая линия — Телеком, 2009.— 544 с.

Систематизированы сведения о первичных сетях связи, принципах проектирования, строительства, измерений и эксплуатации, о месте волоконно-оптических линий в этих сетях. Рассмотрены конструктивные особенности и технические характеристики существующих типов оптических волокон (ОВ) и оптических кабелей, применяемых на взаимоувязанной сети связи Российской Федерации, теоретические и практические вопросы, связанные с использованием ОК на различных линиях сети с применением оптических усилителей и регенераторов. Описаны основные передаточные характеристики ОВ и нелинейные эффекты, возникающие в ОВ при передаче сигналов по линии с учетом различных элементов, без которых данная линия не может функционировать. Рассмотрены основные принципы измерений, проектирования, строительства и эксплуатации кабельных оптических линий.

Для студентов, обучающихся по направлению «Телекоммуникации», будет полезна работникам предприятий связи, проектных отделов и техническим специалистам.

