

УДК 621.3.082.64:621.382.2

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ДИОДА В КАЧЕСТВЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

Курашкин С.Ф., инженер.

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел. (0619) 42-32-63

Аннотация – в работе рассмотрена практическая сторона применения полупроводникового диода в качестве измерительного преобразователя температуры

Ключевые слова – измерительный преобразователь температуры, статическая вольт-амперная характеристика диода, обратный ток насыщения диода, температурный потенциал.

Постановка проблемы. Для измерения температуры объектов могут использоваться измерительные преобразователи, принцип действия которых основан на различных физических явлениях. Использование полупроводниковых измерительных преобразователей на основе *p-n* перехода в некоторых практических случаях представляется весьма удобным.

Анализ последних достижений. Влияние температуры на электрофизические параметры полупроводников, в частности диодов и транзисторов, проявляются в изменении концентрации носителей заряда, что приводит к изменению тока, протекающего через полупроводниковый прибор.

В измерительных преобразователях температуры на основе диодов используется известная зависимость параметров *p-n* перехода в полупроводнике от температуры [1]

$$I = I_0 e^{(qU_0/kT-1)}, \quad (1)$$

где I_0 – ток насыщения (или ток утечки);

q – заряд электрона;

U – напряжение, прикладываемое к диоду, В;

k – постоянная Больцмана;

T – температура, К.

Первоначально в качестве температурозависимого параметра использовался обратный ток диода. При увеличении температуры обратный ток насыщения увеличивается примерно в 2 раза у германиевых и в 2,5 раза у кремниевых диодов на каждые 10°C. Для германиевых диодов

$$I_0 = I_{01} \cdot 2^{(T-T_1)/10}, \quad (2)$$

где I_{01} – ток насыщения измеренный при температуре T_1 .

Однако, диапазон температур, в пределах которых возможно использование обратных токов ограничен. Верхний температурный предел применения определяется температурой их теплового пробоя – для германиевых 80...100°C, для кремниевых 150...200°C.

Наибольшее распространение получило использование прямых параметров диодов. Их существенными преимуществами являются линейность температурной зависимости, широкий диапазон рабочих температур, высокая стабильность. Чаще всего для измерения температуры используется прямое напряжение на $p-n$ переходе при почти постоянном токе. Изменение прямого напряжения составляет порядка 2,5 мВ/°C, для диодов в интегральном исполнении от 1,5 мВ/°C в нормальном режиме до 2 мВ/°C в режиме микротоков.

Так, например, для диода КД503А падение напряжения на $p-n$ переходе при 24°C и токе 10 мА равно 805 мВ; крутизна преобразования равна 0,6 мВ/°C; для КД102А – 730...740 мВ и 0,7 мВ/°C.

Формулировка цели статьи. Поставлена практическая задача применения полупроводникового измерительного преобразователя для измерения превышения температуры обмотки статора погружного электродвигателя.

Основная часть. Принцип действия предлагаемого устройства для измерения превышения температуры основан на том, что при неизменном и малом токе, протекающем через полупроводниковый диод падение напряжения на его переходе прямо пропорционально температуре окружающей среды.

Электронный термометр, схема которого приведена на рис. 1, выполнен по балансно-мостовой схеме [2] и содержит стабилизатор напряжения (микросхема DA1), стабилизатор тока, обеспечивающий постоянный ток через диод 10 мА (микросхема DA2), мостовую измерительную схему, датчик температуры – полупроводниковый диод VD1 – и измерительный прибор PV.

Потенциометром R4 устанавливают чувствительность устройства. Потенциометр R1 предназначен для установления стрелки при-

бора при "начальной" температуре в "начальную" точку отсчета, например, 20°C.

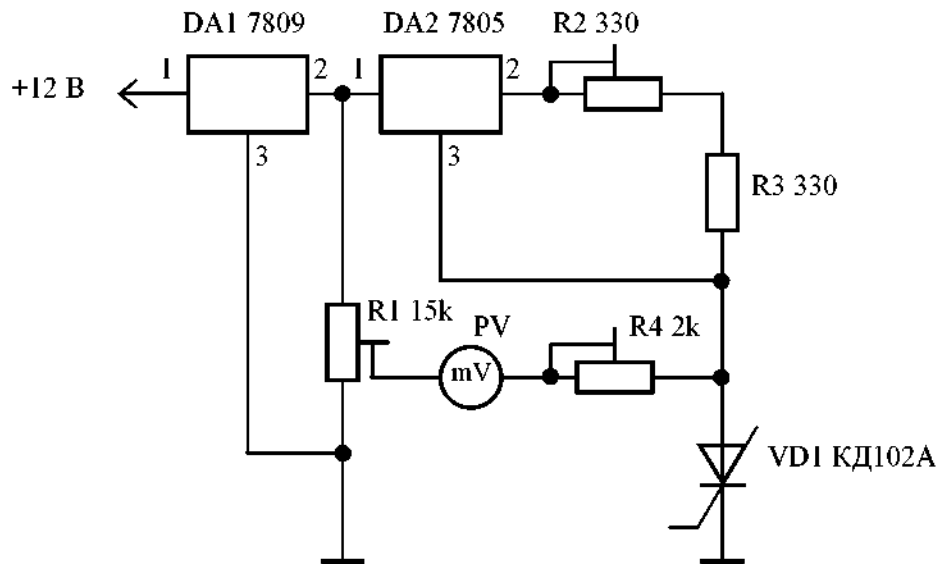


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема измерения превышения температуры обмотки статора.

Питание электронного термометра осуществлялось выпрямленным напряжением 12 В от источника постоянного тока, которое стабилизировалось на уровне 9 В с помощью стабилизатора DA1. Стабилизатор DA2, включенный по схеме генератора стабильного тока, обеспечивал ток диода VD1 на уровне 10 мА. Потенциометр R1 предназначался для баланса моста R1R2R3VD1 – с его помощью стрелка милливольтметра устанавливалась в ноль, компенсируя температуру воды в погружном электродвигателе. Таким образом, показания милливольтметра были пропорциональны превышению температуры обмотки статора погружного электродвигателя.

Милливольтметр PV, включенный в измерительную диагональ моста, R1R2R3VD1 измерял напряжение его небаланса при изменении падения напряжения на полупроводниковом диоде в результате его нагревания.

Чувствительность термометра может быть повышена за счет последовательного соединения нескольких диодов-датчиков, но одновременно возрастает инерционность прибора.

В качестве термопреобразователя использовался полупроводниковый кремниевый диод КД102А [3], который был предварительно отградуирован при температуре окружающей среды 20 °С.

Термопреобразователь был уложен во время ремонта обмотки погружного электродвигателя в лобовой части обмотки статора со стороны насоса по рекомендациям [4]. Крепление термопреобразователя к виткам обмотки осуществлялось с помощью фторопластовой ленты. К милливольтметру термопреобразователь подключался с помощью двужильного экранированного медного кабеля сечением $1,5 \text{ мм}^2$.

Измерения производились для номинального режима работы электродвигателя, который устанавливался с помощью открытия задвижки на нагнетательном трубопроводе установки для испытания погружных электродвигателей.

Тепловая инерция малогабаритного кремниевого диода массой 100 мг составляет $2,5 \text{ }^\circ\text{C}/\text{с}$ [5], что достаточно для поставленной задачи. Результаты измерений выполненные с помощью полупроводникового термоэлектрического преобразователя приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты экспериментальных исследований превышения температуры обмотки статора погружного электродвигателя ПЭДВ 2,8-140

Время t , с	0	60	120	180	240	300	420	540	660
Среднее значение превышения температуры τ , $^\circ\text{C}$	0	5,3	9,7	13,4	15,2	16,5	18,7	20,3	21,7

Время t , с	780	900	1200	1500	1800	2100	2400	2700	3000
Среднее значение превышения температуры τ , $^\circ\text{C}$	22,7	23,5	25,1	25,8	26,2	26,6	26,7	26,8	26,9

Выводы. Таким образом, применение полупроводниковых преобразователей температуры возможно как для научных исследований, так и для применения в схемах функционального диагностирования электротехнического оборудования.

Литература

1. Расчет электронных схем. Примеры и задачи. / [Изьорова Г.И., Королев Г.В., Терехов В.А. и др.]. – М.: Высшая школа, 1987. – 335 с.
2. Шустов М. Электронный термометр / М. Шустов // Радиомир. – 2001. – № 11. – С. 31.

3. Полупроводниковые приборы: Диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы. Справочник / [Баюков А.Б., Гитцевич А.Б., Зайцев А.А. и др.]; под ред. Н.Н. Горюнова. – М.: Энергоиздат, 1982 – 744 с.

4. Гамзаев М.М. Повышение эксплуатационной надежности погружных электронасосных установок с помощью температурной защиты: автореф. дисс. на соиск. учен. степени канд. техн. наук: спец. 05.20.02 «Электрификация сельскохозяйственного производства» / М.М. Гамзаев. – Челябинск, 1987. – 20 с.

5. Датчики измерительных систем: в 2-х книгах. Кн.1 / [Ж. Аш, П. Андре, Ж. Бофрон и др.]; пер. с франц. под ред. А.С. Обухова. – М.: Мир, 1992. – 480 с.

ЗАСТОСУВАННЯ НАПІВПРОВІДНИКОВОГО ДІОДА У ЯКОСТІ ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ТЕМПЕРАТУРИ

С.Ф. Курашкін

Анотація

У роботі розглянута практична сторона застосування напівпровідникового діода у якості вимірювального перетворювача температури.

USING A SEMICONDUCTOR DIODE AS A TEMPERATURE MEASURING TRANSDUCER

S. Kurashkin

Summary

Work is dedicated to practical using semiconductor diode as a temperature measurement and his experimental research in this role.