

A-55

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



28/II - 77

810 / 2-77

13 - 10287

Ли Ван Сун, Е.А.Силаев

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ
СОПРОТИВЛЕНИЯ
В ПЕРИОД СЛЕДОВАНИЯ ИМПУЛЬСОВ

1976

13 - 10287

Ли Ван Сун, Е.А.Силаев

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ
СОПРОТИВЛЕНИЯ
В ПЕРИОД СЛЕДОВАНИЯ ИМПУЛЬСОВ

Направлено в ПТЭ

Объединенный институт
ядерных исследований
БНБЛИСТЕНА

Ли Ван Сун, Силаев Е.А.

13 - 10287

Измерительный преобразователь сопротивления в период следования импульсов

Описан преобразователь сопротивления резистивных датчиков в период следования импульсов. Он предназначен для дистанционных измерений неэлектрических величин, в частности, может быть использован для измерения криогенных температур в линейно-меняющихся магнитах. Коэффициент преобразования 1 мкс/Ом. Диапазон сопротивлений датчика 0-10 кОм. Интегральная нелинейность - 0,03%.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

В измерительных системах, предназначенных для дистанционных измерений неэлектрических величин с помощью резистивных датчиков, все чаще применяются предварительные преобразователи сопротивления датчика в частотно-временной сигнал /в частности, в период следования импульсов/^{1,2/}. Сигнал с выхода этих преобразователей легко передать на значительное расстояние практически без потери информации, даже в условиях сильных помех. Дальнейшее преобразование этих сигналов /усреднение и временная селекция данных, коммутации каналов, преобразование в цифровой код и т.п./ легко осуществляется средствами интегральной цифровой электроники.

При построении аппаратуры для диагностики параметров электрофизических установок^{3/} встречаются особые случаи /например, измерение криогенных температур в меняющихся магнитных полях/, когда помимо общих требований высокой точности, малой инерционности, широкого диапазона сопротивлений датчиков преобразователь должен:

а/ обеспечить минимальную величину разогрева датчика измерительным током;

б/ быть нечувствительным к паразитным термо-э.д.с., которые могут возникнуть в цепи датчика /если элементы цепи находятся в условиях высокого градиента температур/;

в/ быть нечувствительным к паразитным реактивностям как самого датчика, так и соединительной линии /преобразователь обычно располагается вне криостата и соединяется с датчиком линией, имеющей заметную емкость/;

г/ ослаблять влияние помехи, связанной с наводкой на цепь датчика от изменяющегося магнитного поля.

Описываемый преобразователь /рис. 1/ в большой мере удовлетворяет этим требованиям. Он выполнен по схеме с переменной направления интегрирования в цикле преобразования и датчиком, включенным во входную цепь компаратора /1, 2/.

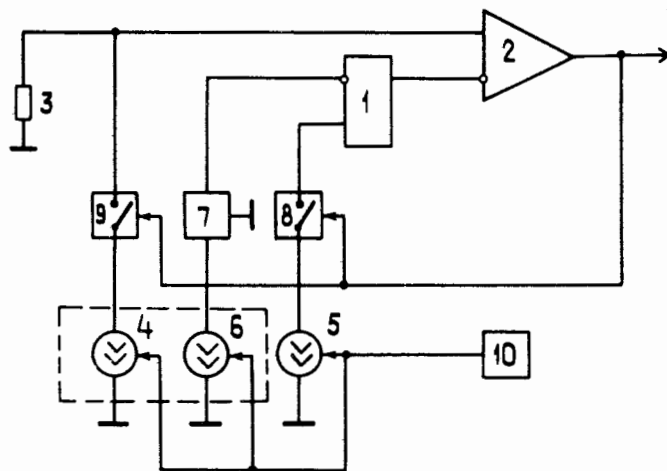


Рис. 1. Функциональная схема преобразователя /1 - интегратор; 2 - компаратор; 3 - резистивный датчик; 4, 5, 6 - источники образцовых токов; 7 - делитель тока; 8, 9 - ключи/.

Эта схема практически нечувствительна к медленному изменению порога компаратора, что используется для устранения влияния паразитных термо-э.д.с. Это же свойство используется для ослабления влияния наводок на цепь датчика от линейно-изменяющегося магнитного поля. Реально эти наводки представляют собой прямоугольные импульсы э.д.с. на входе компаратора, длительность которых /обычно несколько секунд/ значительно превышает период преобразования.

Для уменьшения разогрева датчиков измерительным током последний подается короткими импульсами с большой скважностью. Устанавливая достаточно высокую амплитуду импульса тока /для достижения требуемой помехоустойчивости и точности преобразования/ и одновременно увеличивая скважность, можно получить пренебрежимо малую среднюю мощность рассеяния в датчике /4, 5/.

Если время установления переходного процесса в цепи датчика будет меньше длительности импульса измерительного тока, то паразитные реактивности датчика и линии связи не будут влиять на коэффициент преобразования.

Один из входов компаратора 2 соединен с датчиком сопротивления 3, а другой - с выходом дифференциального интегратора 1. Датчик периодически соединяется через ключ 9 с источником измерительного тока 4. К неинвертирующему входу интегратора через ключ 8 подключен источник зарядного тока 5. Оба ключа управляются компаратором. К инвертирующему входу интегратора постоянно подключен источник разрядного тока 6 через делитель 7. Все источники тока используют один, общий источник опорного напряжения. Кроме того, источники измерительного 4 и разрядного 6 токов выполнены на согласованной паре транзисторов.

Пусть в некоторый момент времени напряжение на входе компаратора 2 отрицательно /см. рис. 2в/. Тогда ключи 8 и 9 /рис. 1/ будут замкнуты и на выходе интегратора будет действовать линейно-спадающее напряжение /см. рис. 2а/. Когда оно станет равным падению напряжения на датчике 3 /рис. 2б/, компаратор сработает и изменит полярность напряжения на своем выходе. При этом ключи 8 и 9 разомкнутся, а на выходе интегратора будет формироваться линейно-растущее напряжение. Когда оно, в процессе изменения, станет равным нулю /ток через датчик в это время не протекает/, компаратор снова сработает и вновь замкнет токовые ключи. После этого процессы в схеме будут повторяться.

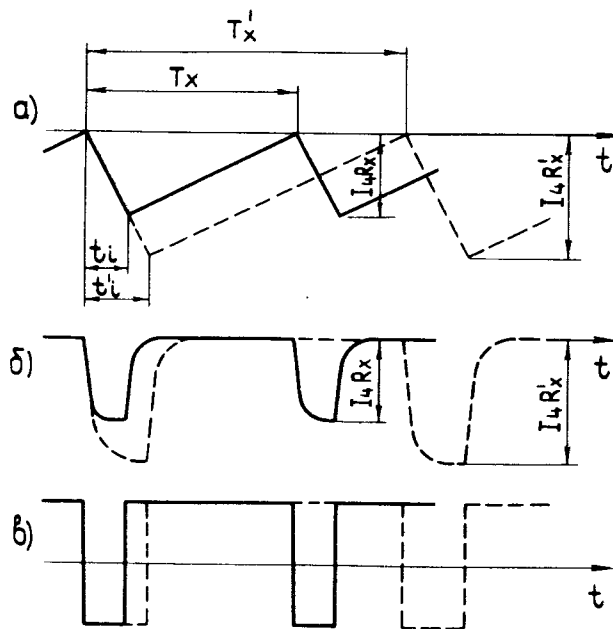


Рис. 2. Временные диаграммы напряжений в узловых точках преобразователя /а - на выходе интегратора; б - на датчике; в - на выходе компаратора; пунктиром - те же диаграммы при увеличившемся сопротивлении датчика/.

Зависимость периода выходных импульсов T_x от сопротивления датчика R_x можно найти из условия равенства заряда, накопленного интегратором за время нахождения ключа 8 /рис. 1/ в замкнутом состоянии и заряда, унесенного разрядным током за весь период:

$$T_x = \frac{I_5 I_4 C R_x}{I_6 K_d (I_5 - I_6 K_d)}, \quad /1/$$

где I_4, I_5, I_6 - токи источников 4, 5, 6 /рис. 1/; K_d - коэффициент передачи делителя 7; C - емкость конденсаторов в интеграторе 1.

Скважность импульсов измерительного тока I_4 равна:

$$q = \frac{I_5}{I_6 K_d}. \quad /2/$$

Подставляя /2/ в /1/, имеем:

$$T_x = \frac{q I_4 C R_x}{(q - 1) I_6 K_d}. \quad /3/$$

Чтобы уменьшить погрешность от разогрева датчика измерительным током, скважность последнего должна быть большой:

$$q \gg 1. \quad /4/$$

Кроме того, для получения высокой стабильности и воспроизводимости коэффициента преобразования источники измерительного 4 и разрядного 6 токов выполнены на согласованной паре транзисторов с равными величинами токов:

$$I_4 = I_6. \quad /5/$$

Учитывая условия /4/ и /5/, получим окончательное выражение для характеристики преобразования:

$$T_x \approx R_x C / K_d. \quad /6/$$

Отсюда видно, что функция преобразования линейна, а ее стабильность зависит от стабильности конденсаторов в интеграторе и стабильности пассивного делителя тока. Изменяя коэффициент деления делителя, при необходимости можно легко изменять коэффициент преобразования.

Принципиальная схема преобразователя приведена на рис. 3. Дифференциальный интегратор собран на микросхеме М1 /284 УД1А/. Интегрирующими емкостями являются конденсаторы С1 и С2 с изоляцией из майлара.

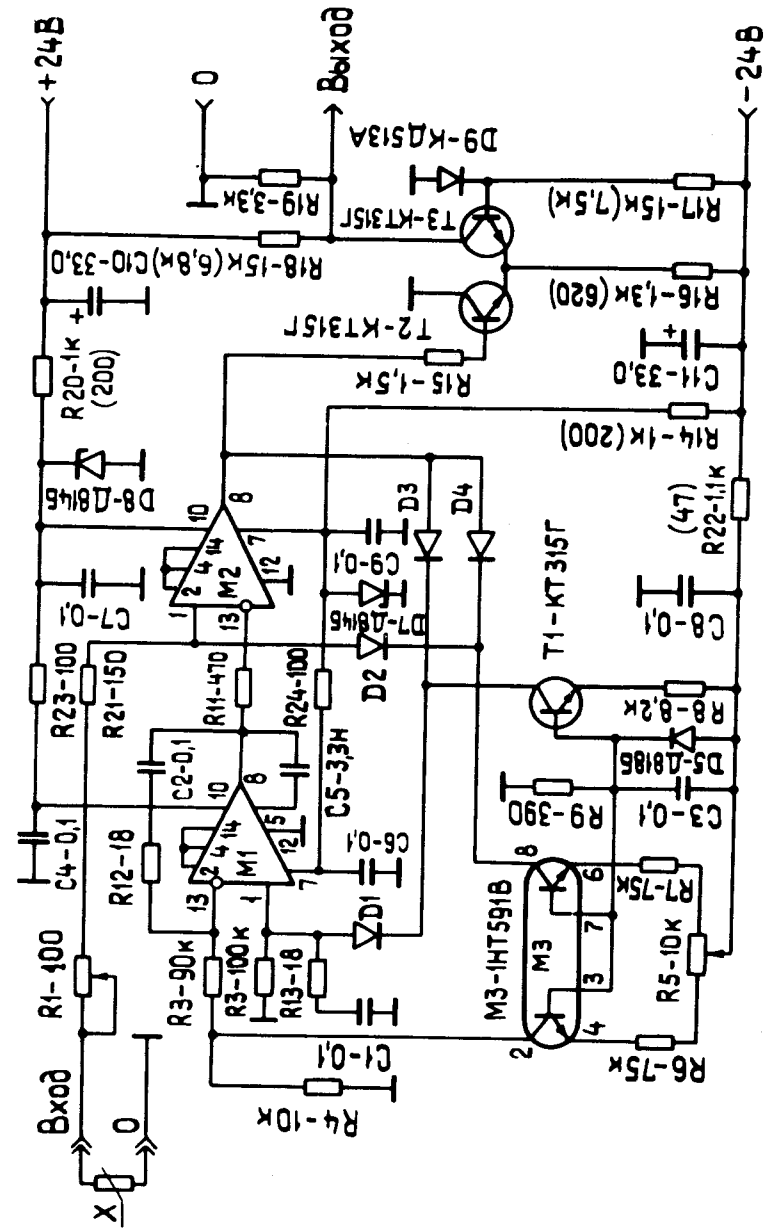


Рис. 3. Принципиальная схема преобразователя /M1, M2 - микросхемы 284УД1А; сопротивления резисторов, указанные в скобках, применяются при питании от источников ± 12 В/.

Сопротивления R12 и R13 корректируют нелинейность, связанную с ограниченным быстродействием M1. Конденсатор C5 служит элементом частотной компенсации.

Компаратором является микросхема M2 /284УД1А/. Все источники образцовых токов имеют одно направление тока и используют общий источник опорного напряжения D5. Кроме того, источники измерительного и разрядного тока выполнены на согласованной паре транзисторов /микросхема M3-1НТ591В/. Эти меры предприняты для строгого соблюдения условия /7/. Резисторы R2, R4 являются делителем разрядного тока. Введение делителя обеспечивает заданную скважность импульсов измерительного тока при равных величинах тока транзисторов M3. Дополнительно делитель позволяет снизить емкости интегрирующих конденсаторов C1, C2 при заданном коэффициенте преобразования /см. выражение /6//. Ток-овые ключи собраны на диодах D1, D3 и D2, D4. Выходные импульсы формируются каскадом на транзисторах T2, T3.

Основные характеристики

1. Коэффициент преобразования - 1 мкс/Ом
2. Минимальный период выходных сигналов - 200 мкс
3. Диапазон сопротивления датчиков - $0 \div 10$ кОм
4. Измерительный ток:
 - а/ амплитуда импульсов - 100 мкА
 - б/ скважность - 100
5. Интегральная нелинейность:
 - а/ для диапазона / $0 \div 10$ кОм/ - $\pm 0,03\%$
 - б/ " " / $0 \div 1$ кОм/ - $\pm 0,17\%$
6. Максимально допустимая емкость линии связи с датчиком - 3000 пФ
7. Влияние паразитной э.д.с., включенной последовательно с датчиком - 0,1%/В
8. Температурная нестабильность /при $R_x=500$ Ом; $t = 25^\circ\text{C}$ / - 0,001%/ $^\circ\text{C}$

9. Влияние нестабильности
питания /при $R_x = 500 \text{ Ом}$ /:
- а/ для +24 В - 0,03%/В
 - б/ для -24 В - 0,02%/В
10. Выходной сигнал:
- а/ уровни для 50 Ом нагрузки - NIM
 - б/ " " высокоомной " " - ТТЛ
11. Питание
- +24 В, 20 мА
 - -24 В, 50 мА

Преобразователь смонтирован на монтажной плате размером $80 \times 120 \text{ мм}^2$ и помещен в дюралевый корпус размером $155 \times 90 \times 40 \text{ мм}^3$.

Описанное устройство было испытано в работе при измерении температуры обмотки сверхпроводящего соленоида с помощью резистивного датчика фирмы "Allen-Bradley", имеющего сопротивление при температуре 4,2К около 400 Ом. Датчик работал в магнитном поле, изменявшемся со скоростью 0,4 Тл/с. Линия связи "датчик-преобразователь" представляла собой скрученную пару с общим экраном длиной около 8 м. Испытания показали, что преобразователь удовлетворяет поставленным требованиям. Влияние мешающих факторов в указанных выше условиях практически незаметно.

В заключение авторы выражают свою признательность Нгуен Вьет Зунгу и В.М.Малюку за помощь при экспериментах, В.И.Какуриной и В.И.Максименковой - за помощь в изготовлении блоков.

Литература

1. П.В.Новицкий, В.Г.Кнорринг, В.С.Гутников. Цифровые приборы с частотными датчиками. "Энергия", Л., 1970.
2. И.Ф.Островский, М.П.Шадрин. ПТЭ, 1974, №5, 68.
3. Е.А.Силаев. Сообщение ОИЯИ, 13-10065, Дубна, 1976.
4. И.И.Винштейн, С.А.Сас. "Автоматика и телемеханика" №2, 259 /1961/.
5. Ю.Ф.Киселев, Ю.П.Прокофьев. Препринт ОИЯИ, P13-9375, Дубна, 1975.

Рукопись поступила в издательский отдел
8 декабря 1976 года.