

СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ШТАРКОВСКОГО РАДИОСПЕКТРОМЕТРА

КАДЖАР Ч.О., МУСАЕВ С.А., МЕНЗЕЛЕЕВ М.Р.

В статье описывается способ повышения чувствительности штарковского радиоспектрометра и, реализующий этот способ, формирователь биполярных модулирующих импульсов с нулевой базой.

Радиоспектроскопические исследования спектров молекул с использованием молекулярной модуляции электрическим полем (штарковской модуляции) обычно проводятся с применением модулирующего генератора униполярных прямоугольных импульсов, входящего в состав штарковского радиоспектрометра (рис.1).

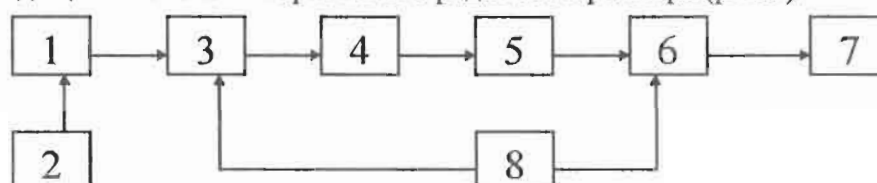


Рис.1.Блок-схема штарковского радиоспектрометра

Такой радиоспектрометр [1,2] содержит последовательно соединенные СВЧ-генератор 1 с блоком перестройки частоты 2, ячейку 3 для исследуемого вещества, детектор СВЧ-излучения 4, избирательный усилитель 5, синхронный детектор 6, регистратор 7 и вышеназванный генератор модулирующих униполярных импульсов 8, который вырабатывает последовательность униполярных прямоугольных импульсов [3] с нулевой базой (рис.2).

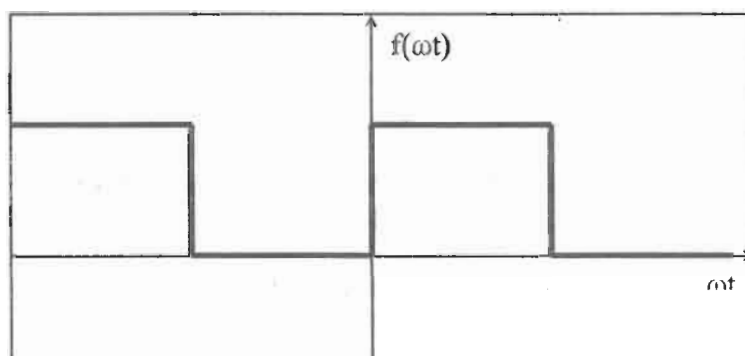


Рис.2.Форма униполярного модулирующего импульсного сигнала

Разложение в ряд Фурье сигнала такой формы имеет следующий вид:

$$f(\omega t) = A \cdot \left(\frac{1}{2} + \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \left[(1 - \cos(n \cdot \pi)) \cdot \frac{\sin(n \omega t)}{n} \right] \right) \quad (1)$$

(здесь A — амплитуда модулирующего напряжения, $n=1,2..\infty$ — порядковый номер гармоники, $\omega t=2\pi \nu t$ — фаза сигнала, ν — частота первой гармоники). При этом модулирующее напряжение прикладывается к штарковскому электроду волноводной ячейки один раз за период, вследствие чего выходной сигнал детектора 4 совпадает по частоте с наиболее интенсивной первой гармоникой модулирующего сигнала и высоковольт-

ный выходной сигнал генератора 8 одновременно оказывается источником электромагнитной помехи для высокочувствительного усилителя 5, что приводит к снижению чувствительности радиоспектрометра.

Предлагаемый в статье способ повышения чувствительности штарковского радиоспектрометра основывается на изменении спектрального состава модулирующего напряжения. Для этого модуляцию электрическим полем предлагается осуществлять биполярными импульсами с нулевой базой (рис.3).

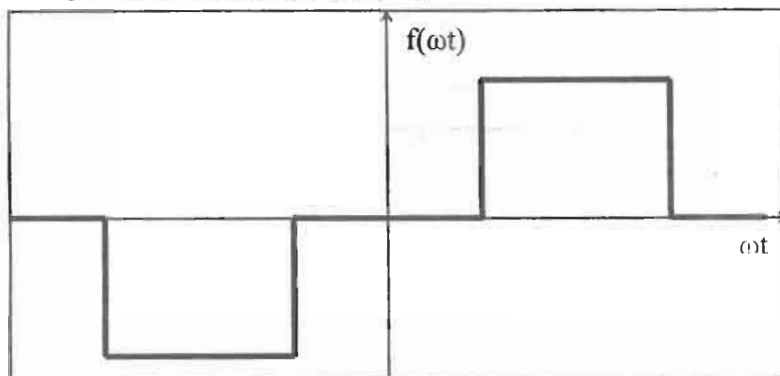


Рис.3. Форма биполярного модулирующего импульсного сигнала

При этом модуляционное действие такого сигнала аналогично действию униполярного импульсного сигнала, поскольку в эффекте Штарка направление прикладываемого электрического поля не имеет значения. Однако, в этом случае, сигнал модулирующего генератора описывается следующей кусочно-линейной функцией:

$$f(x) = A \cdot \frac{2}{\pi} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} \left[\left(\cos \frac{n\pi}{4} - \cos \frac{3n\pi}{4} \right) \frac{\sin(n\omega t)}{n} \right] \quad (2)$$

(здесь A – амплитуда модулирующего напряжения, $n=1,2,\dots,\infty$ – порядковый номер гармоники, $\omega t=2\pi\nu t$ – фаза, ν – частота первой гармоники), имеющей соответственно исключительно нечетные гармонические составляющие, ни одна из которых не является совпадающей или кратной по частоте с выходным сигналом детектора 4, имеющим частоту равную 2ν . Как следствие, модулирующий генератор 8 перестает быть источником наводки паразитного сигнала на вход усилителя 5. Таким образом, изменение гармонического состава модулирующего напряжения позволяет исключить помехи, наводимые высоковольтными модулирующими импульсами штарковского генератора на вход избирательного усилителя, что дает возможность повышения чувствительности радиоспектрометра в целом. Такой способ можно применить для увеличения чувствительности других модуляционных спектрометров, когда модулируемый параметр не зависит от направления модулирующего поля.

Для практического осуществления предложенного способа модуляции был разработан формирователь биполярных модулирующих импульсов (ФБМИ), построенный на базе современных МОП-транзисторов с изолированными затворами, имеющих низкие значения сопротивления проводящего канала сток-исток в открытом состоянии [4]. Управление ими осуществляется специальными микросхемами высоковольтных быстродействующих драйверов МОП-транзисторов и транзисторов с индуцируемой базой [5].

Формирователь состоит из следующих функциональных узлов (рис.4):

- регулируемый источник стабилизированного напряжения РИСН;
- внутренний кварцевый генератор ВКГ;
- преобразователь частоты ПЧ;
- пороговый элемент ПЭ;

- выходное формирующее устройство ВФУ;
- буферный элемент БЭ.

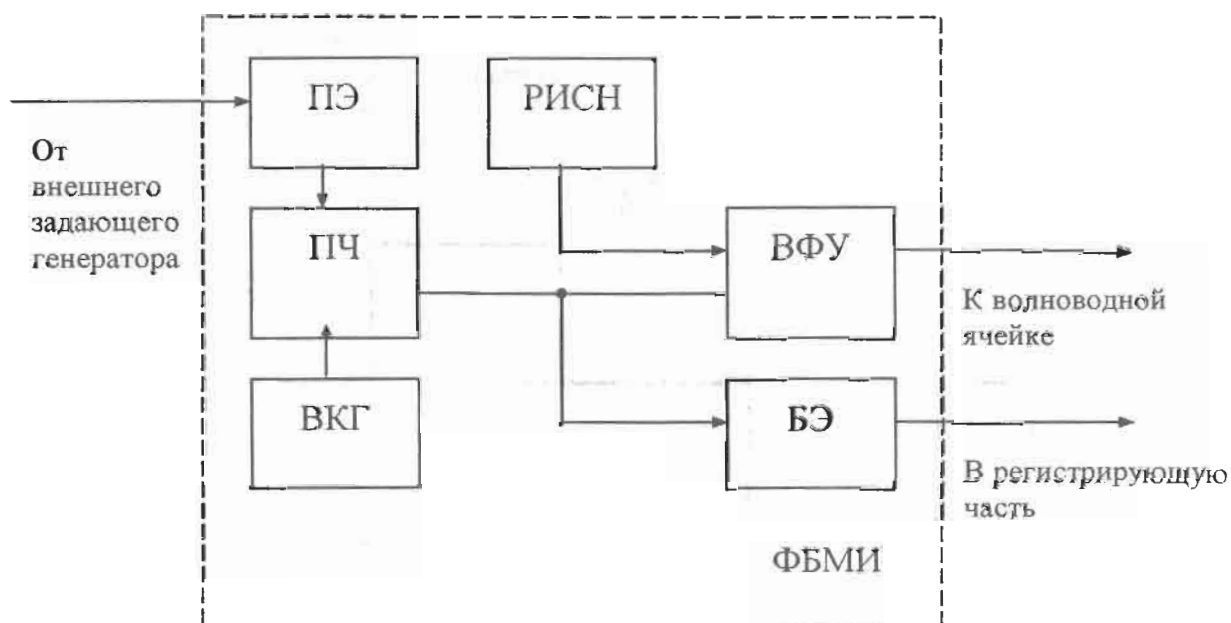


Рис. 4. Блок-схема формирователя биполярных модулирующих импульсов

Принципиальная электрическая схема ФБМИ представлена на рис. 5.

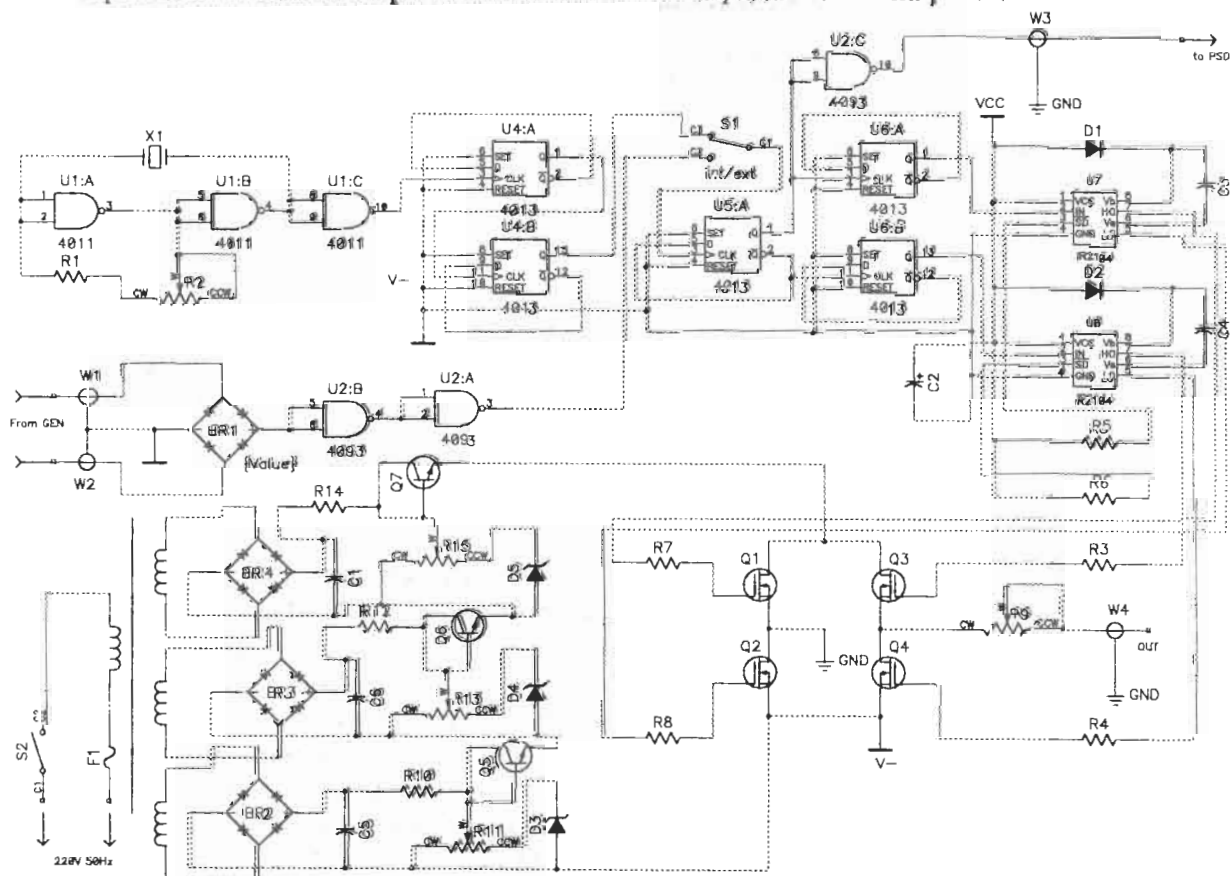


Рис. 5. Принципиальная электрическая схема ФБМИ

Гармонический сигнал внешнего задающего генератора с частотой f , поступающий на вход порогового устройства ПЭ, преобразуется в импульсный сигнал с частотой $2f$. Эта частота преобразуется в ПЧ в две импульсные последовательности с частотой $f/2$, сдвинутые по фазе друг относительно друга на четверть периода. Эти импульсные сигналы с выхода преобразователя частоты поступают на входы драйверов (микросхема IRF2104) U_7 и U_8 формирующего устройства, управляющих формирующими выходными ключами Q_1-Q_4 , в качестве которых используются полевые транзисторы марки IRF 830 [4] с изолированным затвором и сопротивлением открытого канала $\leq 1.4 \text{ Ом}$. Амплитуда выходных униполярных импульсов определяется значением напряжения РИСН. Выход формирователя согласуется с нагрузкой (волноводной ячейкой) путем подстройки потенциометра R_9 . Опорный сигнал фазочувствительного детектора регистрирующей части спектрометра формируется в преобразователе частоты, проходит через буферный элемент БЭ (триггер Шмидта U_{2c} микросхемы 4093) и поступает на соответствующий выход ФБМИ.

ФБМИ устойчиво работает в диапазоне частот от 20 Гц до 600 кГц и во всем диапазоне рабочих частот имеет следующие технические характеристики:

- | | |
|---|----------|
| ▪ амплитуда выходного импульсов | 0÷500В; |
| ▪ длительность фронта импульсов, не более | 350нс; |
| ▪ длительность спада, не более | 400нс; |
| ▪ емкость нагрузки, не менее | 1000 pF; |
| ▪ сдвиг нулевого уровня, не более | 10 мВ. |

-
- [1] Каджар Ч.О., Мусаев С.А., Салаев Э.Ю., Аскеров Г.М., Радиоспектрометр с электрической молекулярной модуляцией. Изв. АН Азерб. ССР, сер. ФТМН, 1979, № 1 с.100-107.
- [2] Таунс Ч., Шавлов А. Радиоспектроскопия. Пер. с англ., под ред. Ирисовой Н.А. и Осипова Б.Д. М., ИЛ, 1959. с.756.
- [3] Ch.O.Qajar, S.A.Musayev, I.Z.Movsumov, M.R.Menzeleyev. The shaper of modulating square waves. Fizika 2002, VIII, №4, , pp.29-31
- [4] SMPS MOSFET IRF830A, Data Sheet № PD-91878C, International Rectifier, 05/2000.
- [5] High and low side driver IRF2104(s), Data Sheet № PD-60046-O, International Rectifier, 02/15/2001.

ŞTARK MODULYASIYALI SPEKTROMETRİN HƏSASLIĞININ ARTIRILMASI ÜSULU

QAJAR Ç.O, MUSAYEV S.A., MENZELEYEV M.R.

Məqalədə şark elektrik modulyasiyalı radiospektrometrin həssaslığının artırılması üsulundan və bu məqsədlə sıfır bazalı bipolyar elektrik impulsarı formalaşdırılmasının işlənilib hazırlanmasından bəhs olunur.

THE METHOD OF MICROWAVE STARK SPECTROMETER SENSITIVITY INCREASING

QAJAR Ch.O., MUSAYEV S.A., MENZELEYEV M.R.

In this paper the method of microwave Stark spectrometer sensitivity increasing and the bidirectional square-waves former developed up to this method are described.