

МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ВРЕМЕНИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСНЫХ РАДИОСИГНАЛОВ ПРИ МАЛЫХ ДАЛЬНОСТЯХ

В.В. Запезалов

METHOD FOR MEASURING PROPAGATION TIME OF SHORT RANGE IMPULSE SIGNALS

V.V. Zapevalov

Рассмотрен принцип трансформирования масштаба времени для измерения задержки в радарных дальномерах, аналогичный методам, применяемым в стробоскопических осциллографах. Приведена структурная схема стробоскопического радиочастотного преобразователя и выделены его основные особенности.

Ключевые слова: радарный дальномер, измерение времени.

Transformation principle of a time scale for time delay measurement in radar distance ranger which is analogue to the methods used in stroboscopic oscilloscopes, is considered in the article. Structural diagram of a stroboscopic radio frequent modulator is given and its basic features are identified.

Keywords: radar distance ranger, time measurement.

В основе импульсной радиолокации лежит принцип измерения временной задержки между излученным и принятым импульсом. Расстояние до наблюдаемого объекта определяется как половина произведения скорости распространения импульсов на временную задержку:

$$R = \frac{v \cdot t}{2},$$

где R – расстояние до объекта;

v – скорость распространения радиосигнала;

t – время задержки принятого импульса относительно переданного.

Точность измерения расстояния до объекта определяется двумя параметрами:

– длительностью импульса, которой также определяется разрешение радара;

– точностью измерения времени задержки импульса.

Импульсная радиолокация малых дальностей используется в измерителях уровня жидкости радарного типа, радарных дальномерах. В данных приборах точность измерения расстояния составляет 0,01 м, а диапазон работы – несколько десятков метров. Если принять во внимание пределы измерения и точность измерения этих приборов, то нетрудно определить, что время задержки будет составлять всего несколько наносекунд (при распространении сигнала в среде с $\epsilon_r \approx 1$ задержка

принятого импульса составляет 6 нс на метр), а точность измерения временной задержки должна быть 0,06 нс. Тривиальными методами задержку импульса с такой точностью измерить невозможно.

Для измерения задержки в радарных дальномерах используется принцип трансформирования масштаба времени, аналогичный методам, применяемым в стробоскопических осциллографах. Суть метода состоит в излучении пачки коротких радиоимпульсов и последующей выборке на частоте, отличной от частоты повторения импульсов. Рассмотрим принцип действия стробоскопического эффекта на примере гармонического сигнала с периодом повторения T_1 . Если брать выборки этого сигнала с периодом T_2 , немного большим T_1 , тогда мы получим расширенный во времени сигнал, при этом коэффициент расширения импульса будет определяться соотношением T_1 и T_2 :

$$K = \frac{T_1}{T_2 - T_1}.$$

Длительность радиоимпульсов в различных типах радиолокационных дальномеров лежит в пределах 1–5 нс. Длительность импульса определяет разрешающую способность прибора.

Структурная схема стробоскопического высокочастотного преобразователя изображена на рис. 1.

Запезалов Виталий Валерьевич – старший преподаватель кафедры цифровых радиотехнических систем, Южно-Уральский государственный университет; crts@drts.susu.ac.ru

Zapevalov Vitaly Valerievich – senior lecturer of the Department of Digital Electronic Systems, South Ural State University; crts@drts.susu.ac.ru

На структурной схеме представлены два формирователя пачек импульсов, которые генерируют пачки с периодом повторения импульсов T_1 и T_2 . Этими импульсами возбуждаются генераторы СВЧ, на выходе которых формируются пачки радиоимпульсов. Несущая частота радарных дальномеров составляет от 5 до 30 ГГц. Выход первого генератора подается через ответвитель на антенну. Принятый с антенны сигнал подается на смеситель, в качестве гетеродина используется сигнал со второго генератора СВЧ. Результатом преобразования сигналов в смесителе является последовательность импульсов, энергия которых пропор-

циональна амплитуде принятого сигнала в моменты выборки. Импульсы с выхода смесителя подаются на фильтр низких частот, в результате работы которого формируется огибающая отраженного сигнала, расширенная во времени в K раз. Рис. 2 поясняет принцип трансформации времени.

Коэффициент расширения импульсов в импульсных радарных дальномерах составляет 50 000–300 000, и определение временных параметров преобразованного сигнала уже не составляет трудностей.

Можно выделить следующие особенности стробоскопического преобразователя:

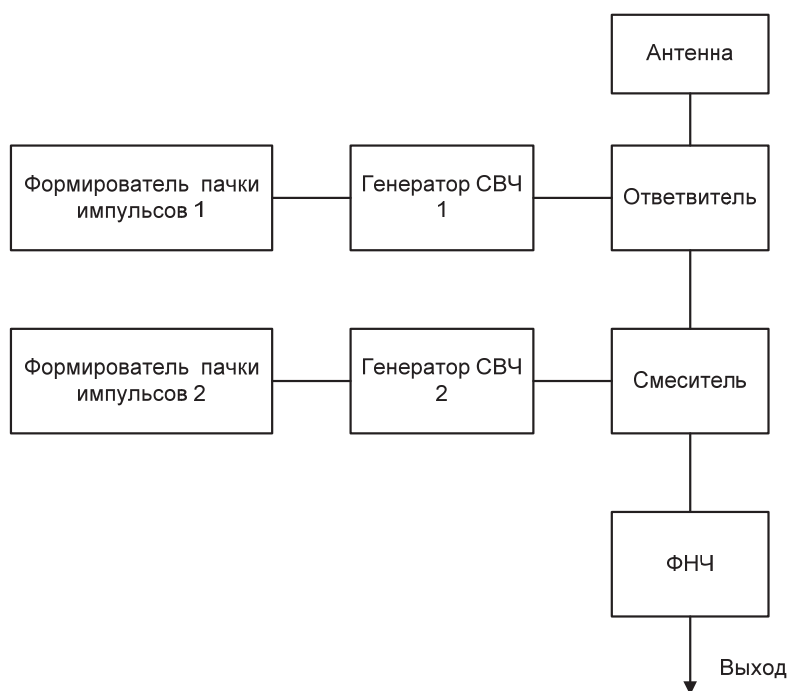


Рис. 1. Структурная схема стробоскопического радиочастотного преобразователя

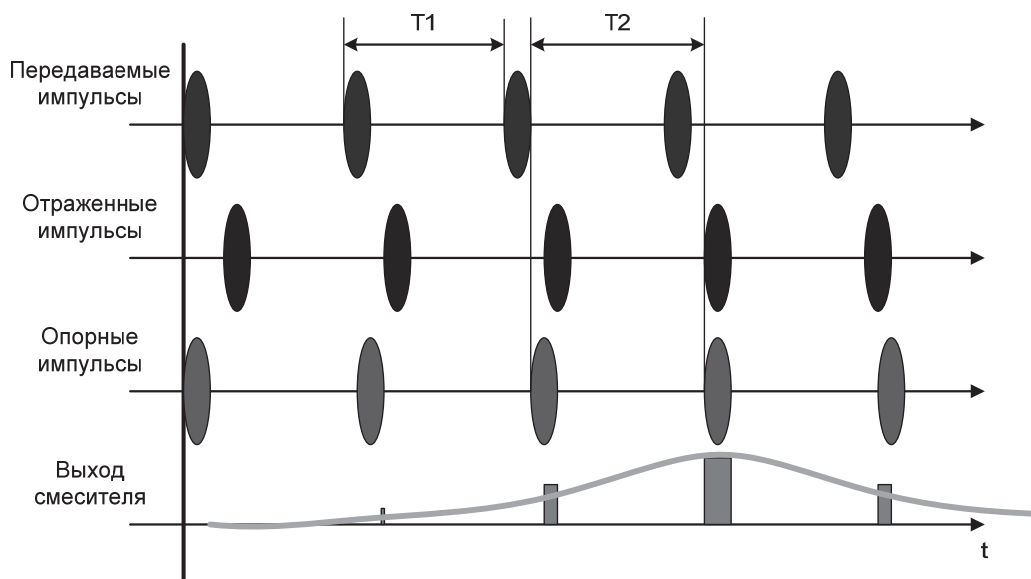


Рис. 2. Принцип трансформации времени при стробоскопическом преобразовании

1. Данный метод обработки сигналов позволяет проводить измерения времени задержки импульсных сигналов при малых дальностях.

2. Стробоскопический метод легко реализуется схемотехнически и успешно применяется в серийных приборах.

3. Этот метод имеет малую энергетическую эффективность (эффективным является только один из K импульсов), поэтому применим только при малых расстояниях до наблюдаемого объекта.

Литература

1. Бармин, А. Радарные системы контроля уровня / А. Бармин // *Современные технологии автоматизации*. – 2002. – № 4. – С. 60–64.

2. *Радиотехнические системы: учеб. для вузов* / Ю.П. Гришин, В.П. Ипатов, Ю.М. Казаринов и др. – М.: Высш. шк., 1990. – 496 с.

3. Либерман, В.В. Измерение уровня с помощью радарных уровнемеров / В.В. Либерман // *Автоматизация в промышленности*. – 2009. – № 6. – С. 34–38.

4. Devine, P. *Radar level measurement the user's guide* / P. Devine. – Berges Hill: VEGA Controls, 2000. – 144 p.

5. United State Patent US6,087,978. *Level measuring device operating with microwave*. Endress + Hauser GmbH + Co., 21 Apr 1999.

6. United State Patent US5,614,911. *Radar-based method of level measurment*. Endress + Hauser GmbH + Co., 30 Mar 1995.

Поступила в редакцию 29 мая 2012 г.