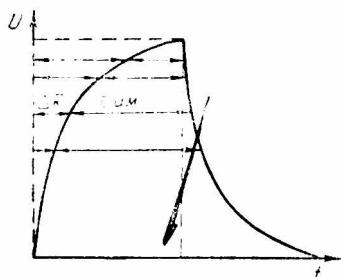


К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ДАЛЬНОСТИ РАДИОМЕТЕОРНЫХ СТАНЦИЙ

В целях повышения чувствительности радиолокационных станций, используемых для наблюдения метеоров, обычно применяются приемники с оптимальной полосой пропускания, а излучаемые импульсы—достаточно большой длительности ($\sim 40\div 100$ мксек).

В силу того что амплитуда метеорного радиоэхо меняется в широких пределах, уровень ограничения сигналов также меняется в широких пределах. Это обстоятельство, если не принимать мер, в конечном счете приводит к понижению точности измерения дальности до метеорного следа. Так, при длительности импульса 50—100 мксек ошибка в определении дальности будет достигать ~ 8—15 км. Такие ошибки при решении ряда задач неприемлемы.



Форма импульса на выходе детектора приемника с оптимальной полосой пропускания.

Известно много методов повышения точности измерения дальности до цели. Однако все они требуют создания дополнительных устройств, которые в ряде случаев оказываются относительно громоздкими и сложными [1] и не позволяют достичь нужной точности измерения дальности.

Нами предлагается методика измерения дальности для радиолокационных наблюдений метеорных следов при использовании приемников с оптимальной полосой пропускания и больших длительностей излучаемых импульсов, которая не требует создания каких-либо дополнительных устройств.

Суть методики состоит в следующем. На рисунке представлена примерная форма импульса, наблюдаемая на выходе детектора приемника с оптимальной полосой пропускания (здесь ΔR — ошибка в определении дальности при заданном уровне ограничения; τ — длительность импульса, соответствующая этому уровню ограничения). Как легко заметить, между ΔR и τ существует вполне определенная зависимость, т. е. каждому значению τ соответствует строго определенное значение ΔR . Таким образом, если при измерении дальности, помимо отсчета самой дальности, производимой по переднему фронту импульса, дополнительно измерять длительность этого импульса, то, имея заранее снятую зависимость $\Delta R = f(\tau)$, всегда можно ввести поправку в измеряемую дальность.

В радиолокационных устройствах, обычно применяемых для наблюдения метеоров, как правило, кроме грубой развертки дальности используется точная развертка дальности, которая позволяет измерять длительность импульса, применяемого для отсчета дальностей. Следовательно, в этом случае достаточно снять зависимость $\Delta R = f(\tau)$, чтобы можно было пользоваться предлагаемой методикой.

Снятие зависимостей $\Delta R = f(\tau)$ не представляет собой сложности. Для этого достаточно от генератора стандартных сигналов на вход приемника подать радиоимпульсы длительностью,

равной длительности импульсов, излучаемых передатчиком. Амплитуду импульсов установить максимальной, но не достигающей еще уровня насыщения. Затем зарисовать на кальку с экрана осциллографа форму импульса, наблюдаемую на выходе детектора приемника, после чего для различных уровней ограничения измерить длительность видеоимпульсов, используемых для отсчета точной дальности. Пользуясь зарисованной формой импульса и измеренной длительностью видеоимпульсов для различных уровней ограничения, можно построить зависимость $\Delta R = f(\tau)$.

Ошибка в определении дальности по предлагаемой методике зависит от точности определения длительности импульса и стабильности его формы. Точность определения длительности импульса зависит от соотношения сигнал/шум приемника, а также от инструментальных возможностей. Для оценки предельной точности измерения длительности импульса при воздействии только шумов приемника воспользуемся формулой, приведенной в работе [1]:

$$\Delta \tau_1 = \frac{T_\phi}{\sqrt{2} q \sqrt{n}}, \quad (1)$$

где $\Delta \tau_1$ — средняя квадратичная ошибка отсчета фронта импульса; n — число импульсов, используемых для отсчета; T_ϕ — длительность фронта импульса на выходе детектора; q — отношение сигнала к шуму на входе детектора.

Оценим величину $\Delta \tau_1$ для следующих данных: $n=25$; $T_\phi=40$ мксек; $q=3$. Подставляя их в выражение (1), получаем

$$\Delta \tau_1 = \frac{40}{\sqrt{2} \cdot 3 \cdot \sqrt{25}} \approx 2 \text{ мксек.}$$

Длительность импульса измеряется по двум фронтам. Поэтому средняя квадратичная ошибка определения длительности импульса при полосе приемника, равной $\frac{1}{T_c}$ (где T_c — длительность сигнального импульса), когда нет корреляции между флуктуациями фронтов импульса, будет определяться как

$$\Delta \tau = \sqrt{\Delta \tau_1^2 + \Delta \tau_2^2}, \quad (2)$$

где $\Delta \tau_1$, $\Delta \tau_2$ — средняя квадратичная ошибка отсчета переднего и заднего фронта импульса соответственно.

Таким образом, в нашем случае $\Delta \tau = \sqrt{2} \cdot \Delta \tau_1 = 2,8$ мксек.

Технические возможности позволяют инструментальную ошибку в определении длительности импульса всегда свести к такому уровню, что ею можно пренебречь, чего нельзя сделать с ошибкой, обусловленной шумовыми факторами.

Ошибкой, вызванной изменением формы импульса, также можно пренебречь, поскольку форма импульса при правильно спроектированном приемнике, согласно [2], практически не меняется во времени. Естественно, что после замены ламп приемника или после перестройки приемника потребуется повторное снятие зависимости $\Delta R = f(\tau)$.

Для случая, когда амплитуда принятых импульсов достигнет уровня насыщения в приемнике, использование предлагаемой методики не имеет смысла, так как в этом случае точность отсчета дальности по переднему фронту превысит ошибку вводимой поправки в измеряемую дальность.

Предложенный метод был нами реализован в комплексе аппаратуры «Ветровой патруль», разработанной Проблемной лабораторией радиотехники для Института физики и математики АН Киргизской ССР. При длительности импульса 40—50 мксек, оптимальной полосе приемника (25 кГц) и соотношении сигнал/шум, равном трем, точность определения дальности составила ± 1 км.

Оценка точности измерения дальности в данном случае производилась на основании точности измерения длительности импульса, изображенного на нониусной развертке дальности. Как известно, при регистрации метеорных радиоэхо импульс, изображенной на нониусной развертке дальности, представляет собой результат наложения нескольких импульсов, отраженных от метеорного следа за время существования развертки изображения. В результате воздействия шумов фронты этих импульсов флуктуируют. В результате очертания фронтов результирующего импульса, изображенного на точной развертке дальности, будут размыты. Оценка размытости фронтов данного импульса в микросекундах представляет собой, по сути, в данном случае оценку точности измерения дальности.

Для последней на вход приемника установки «Ветровой патруль» с выхода генератора стандартных сигналов подавались импульсы длительностью 40 мксек, для разных соотношений сигнал/шум производилась покадровая регистрация на кинолентку изображений точной развертки дальности. При этом количество импульсов, поступающих на точную развертку дальности, достигало 25. Затем оценивалась точность измерения дальности как

$$\Delta\tau = \frac{\sqrt{2}\delta}{2\sqrt{n}}, \quad (3)$$

где δ — размытость фронта импульса, мксек; n — число импульсов, поступивших на точную развертку дальности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Митяшев Б. Н. Определение временного положения импульсов при наличии помех. М., «Советское радио», 1962, 190 с.

2. Г о н о р о в с к и й И. С. Радиотехнические цепи и сигналы. М., «Советское радио», 1963, 690 с.