

А. В. ГОЛИЦЫН

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛАЗЕРНОГО ЛОКАТОРА
ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Предложен способ повышения эффективности лазерного локатора оптических систем. Усовершенствование заключается в дополнении активно-импульсного принципа работы автоматическим сканированием дистанции по дальности в задаваемых оператором границах и перераспределении средней энергии лазерной фары с малых расстояний (где она избыточна) на большие (где ее не хватает).

Ключевые слова: активно-импульсный, вероятность обнаружения, дальность обнаружения, лазерная фара, лазерный локатор, электронно-оптический преобразователь.

Используемые в настоящее время системы локации оптических и оптико-электронных приборов (ООЭП) зондируют пространство лазерной фарой [1—4]. Часть излучения, попадая в ООЭП, отражается в обратном направлении и может быть обнаружена. Разработанные в последнее время лазерные локаторы оптических систем (ЛЛОС) и лазерные локационные каналы многоканальных систем позволяют обнаруживать ООЭП даже в условиях яркого дневного света при освещенности до 10^5 лк [2].

Дальность и вероятность обнаружения цели лазерной системой локации определяются значением отношения сигнал/фон R , которое зависит от освещенности фона, мощности и спектрального диапазона лазерной фары, параметров фотоприемников и других конструктивных особенностей ЛЛОС. Очевидно: чем ниже освещенность фона и выше мощность фары, тем больше отношение сигнал/фон при заданном расстоянии или выше дальность обнаружения при фиксированном пороговом отношении сигнал/фон. Очевидно также, что значение R возрастает при уменьшении угловой расходимости излучения лазерной фары (за счет уменьшения скорости обзора пространства). Также понятна роль согласования спектрального диапазона приемника со спектром излучения фары, габаритного расчета и величины входного зрачка. Далее полагаются постоянными значения мощности, фиксированной угловой расходимости лазерной фары.

Наибольшее отношение сигнал/фон при дневном свете обеспечивают ЛЛОС, использующие активно-импульсный (АИ) принцип подсветки цели. АИ-принцип заключается в согласовании коротких импульсов лазерной фары со стробами открытия оптико-электронного затвора в приемном канале АИ-прибора с регулируемой временной задержкой, обеспечивающей прием отраженного излучения фары только с определенного интервала расстояний; объекты, расположенные вне заданного интервала, отсекаются [5].

При использовании АИ-принципа фон подавляется пропорционально скважности открытия оптико-электронного затвора, что позволяет повысить дальность обнаружения оптики системой локации в зависимости от освещенности фона в несколько раз. Недостатком систем, использующих АИ-принцип, является необходимость поиска цели не только по азимуту и углу места, но еще и по дальности, что повышает длительность поиска неподвижной цели — в степени размерности зондируемого пространства (3-я вместо 2-й). В классической АИ-системе ночного видения можно нивелировать этот недостаток, используя метод обнаружения тени неоптической цели на светлом фоне при установке максимальной дальности строба. В АИ-системе локации оптической цели этот метод использовать, естественно, нельзя (вследствие малоразмерности оптической цели). Принимая во внимание, что оптическая цель является подвижной, нетрудно прийти к выводу, что использование классического

АИ-принципа в локации оптической цели значительно увеличивает дальность обнаружения неподвижной цели, но резко понижает поисковые характеристики.

Для повышения скорости поиска цели можно использовать автоматическое сканирование пространства по дальности в задаваемых границах.

Полное сканирование пространства по дальности может осуществляться со скоростью поступления кадров (в приемных каналах телевизионного типа) или со скоростью восприятия глаза оператора (в приемных каналах окулярного типа) — за 20—100 мс. В первом случае интегратором сигнала является приемная матрица, во втором — сетчатка глаза или экран электронно-оптического преобразователя. При этом, задав границы сканирования в пределах ширины строба, можно получить максимальное отношение сигнал/фон (такое же, как при ручном сканировании по дальности), а задав максимальную глубину просматриваемого пространства — минимальное отношение сигнал/фон (такое же, как при наблюдении с использованием непрерывной фары аналогичной мощности). Задача оператора ЛЛОС — учитывая рельеф местности, установить границы автоматического сканирования для достижения максимального отношения сигнал/фон при обеспечении просмотра всей видимой трассы.

Для лазера со средней мощностью $P_{\text{ср}}$, при непрерывной подсветке зондируемого пространства, отношение сигнал/фон составит

$$R = \frac{P_{\text{ср}}^{1/4} K_c}{B_{\text{ф}} S_{\text{фп}} K_{\text{ф}}},$$

где K_c — коэффициент, связывающий мощность излучения, отраженного от цели, с мощностью фары; $B_{\text{ф}}$ — яркость фона; $S_{\text{фп}}$ — эффективная площадь элемента фотоприемника; $K_{\text{ф}}$ — коэффициент, связывающий облученность фотоприемника единичной площади с яркостью фона.

Аналогично для АИ-локатора со стробом дальности, захватывающим цель, имеем

$$R = \frac{P_{\text{ср}}^{1/4} K_c}{B_{\text{ф}} S_{\text{фп}} K_{\text{ф}} S},$$

где S — скважность затвора.

Наконец, для АИ-локатора с автоматически перемещаемым стробом дальности справедливо выражение

$$R = \frac{P_{\text{ср}}^{1/4} K_c}{B_{\text{ф}} S_{\text{фп}} K_{\text{ф}} S k},$$

где k — количество автоматически просматриваемых зон дальности (стробов).

Таким образом, отношение сигнал/фон для АИ ЛЛОС с ручным управлением стробом дальности будет выше в $1/S$ раз, а для АИ ЛЛОС с автоматическим управлением — в $1/Sk$ раз, чем для АИ ЛЛОС с непрерывным излучателем. В частности, для локации с частотой импульсов лазерной фары $f = 5$ кГц и длительностью открывания затвора $\tau = 333$ нс (глубина строба 100 м) отношение сигнал/фон при ручном управлении стробом будет выше, чем для локации непрерывной фарой той же мощности при прочих равных параметрах, в $1/S = 1/\tau f = 600$ раз. Для локации с автоматическим просмотром $k = 10$ зон дальности, например от 100 до 1100 м, при тех же параметрах величина R будет выше в $1/Sk = 60$ раз.

На рис. 1 приведен график зависимости отношения сигнал/фон R от глубины сканируемого пространства D в АИ ЛЛОС лазерным локатором с непрерывно излучающей фарой. Из рисунка видно, что возможно компромиссное повышение отношения сигнал/фон в условиях полного сохранения скорости поиска непрерывным излучением фары за счет автоматического сканирования в границах, обусловленных ландшафтом.

Усовершенствовать АИ ЛЛОС также возможно, повышая мощность фары на ближних дистанциях. Для больших дистанций мощность мала, для малых — избыточна. Поэтому целесообразно восполнить недостаток мощности на дальних дистанциях за счет ближних.

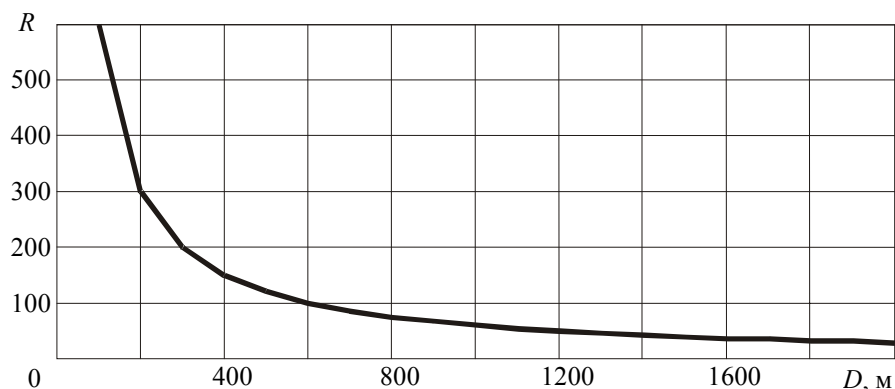


Рис. 1

Максимальная и средняя мощность лазера ограничена и не может быть увеличена без снижения его ресурса. Однако средняя мощность, выделяемая на определенную зону участка пространства, может быть изменена за счет выравнивания количества импульсов в секунду, выделяемых для данной зоны. Выделение импульса именно для данной зоны дальности заключается в задании соответствующей задержки строба открывания затвора приемника относительно импульса лазерной фары. Таким образом, не изменяя фактической мощности лазерного импульса, можно распределять среднюю воспринимаемую мощность по дальности (иными словами, распределять „внимание“ системы „фара—затвор“).

Расчеты показывают, что распределение импульсов по дальности, обеспечивающее одинаковую яркость идентичных целей на всей глубине зондируемого пространства, может либо дополнительно повысить яркость наиболее удаленных целей в 4 раза в одних и тех же границах автоматически сканируемой дальности, либо соответственно повысить дальность обнаружения в $4^{1/4} = 1,4$ раза.

Например, при частоте лазерных импульсов 5 кГц и частоте кадров приемного канала 25 Гц общее количество импульсов фары на кадр (n) составит 208. Гистограммы равномерного (1) и пропорционального 4-й степени (2) распределения импульсов по стометровым зонам дальности (L) от 100 до 2000 м, представленные на рис. 2, демонстрируют, что второй вид распределения дает выигрыш в средней энергии на максимальной дистанции в 4,6 раза. Линейное распределение при тех же условиях дает выигрыш в 1,8 раз, а квадратичное — в 2,7 раза.

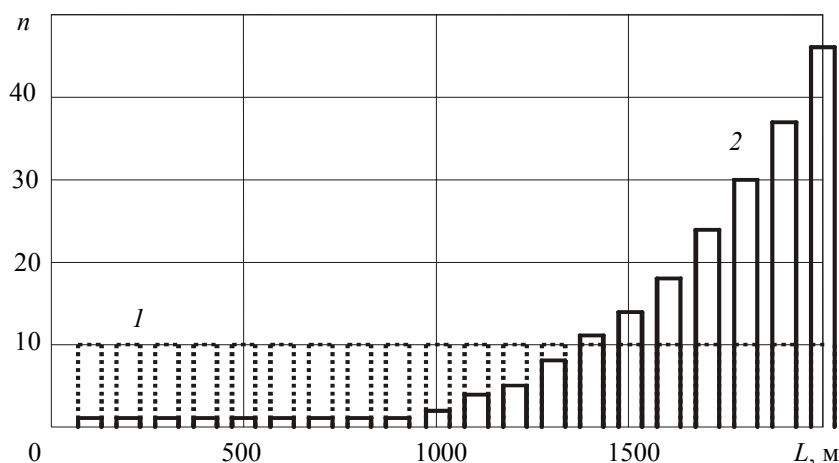


Рис. 2

Способ автоматического просмотра можно комбинировать со способом распределения профиля средней мощности фары по дальности, с умножением выигрыша.

Эффективность использования комбинации двух способов экспериментально подтверждена в двухканальном приборе наблюдения с лазерным локационным каналом [2]. Прибор имеет четыре профиля распределения энергии фары по дальности при автоматическом сканировании — равномерный, линейно возрастающий, квадратичный и пропорциональный четвертой степени.

Таким образом, существует способ компромиссного повышения дальности обнаружения оптических систем за счет использования АИ-принципа с автоматическим сканированием в заданных границах дальности и измененным профилем распределения средней мощности лазерной фары по дальности, при скорости обзора пространства, характерной для лазерных локаторов с непрерывно излучающей фарой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волков В. Г. Приборы ночного видения для обнаружения бликующих элементов // Специальная техника. 2004. № 2. С. 2—9.
2. Голицын А. В., Журавлев П. В., Журов Г. Е., Корякин А. В., Чихонадских А. П., Шлишевский В. Б., Яшина Т. В. Псевдобинокулярный многоканальный прибор обнаружения // Тез. докл. совещ. „Актуальные проблемы полупроводниковой фотоэлектроники (Фотоника—2008)“. Новосибирск, 2008. С. 141.
3. Патент РФ № 2239205. Устройство для обнаружения оптических и оптико-электронных приборов / А. В. Голицын, П. Г. Голубев, Ю. А. Синицын, С. Д. Питик, Г. Н. Попов, И. Б. Южик. 2002.
4. Малогабаритная лазерная локационная аппаратура „Антиснайпер“ // Оружие и технологии России. Энциклопедия. XXI век. Оптико-электронные системы и лазерная техника. М.: Изд-во „Оружие и технологии“, 2005. Т. 11. С. 81.
5. Волков В. Г. Активно-импульсные приборы ночного видения // Специальная техника. 2002. № 3. С. 2—11.

Сведения об авторе

Андрей Вячеславович Голицын — филиал Института физики полупроводников СО РАН, Конструкторско-технологический институт прикладной микроэлектроники, ведущий отделом моделирования оптико-электронных приборов, Новосибирск; E-mail: golitsyn@oesd.ru

Поступила в редакцию
12.01.09 г.