

Г.Е. Шепитько

РАСЧЁТ ХАРАКТЕРИСТИК ОБНАРУЖЕНИЯ КОМПЛЕКСА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОХРАНЫ ВАЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

Предметом рассмотрения являются вероятность обнаружения и средний период наработки на ложное срабатывание комплекса ТСО.

Сложность расчёта вероятности обнаружения состоит в том, что испытания на полигоне проводятся при использовании модели подготовленного нарушителя. В то же время, в процессе эксплуатации датчика на реальном объекте преступные посягательства могут совершать подготовленные с высокой квалификацией – так называемые квалифицированные нарушители, способные осуществлять обход работоспособного датчика обнаружения.

Будем считать, что если предметами защиты объекта являются информационные, людские и материальные ресурсы, то этот объект имеет категорию – важный. Для этой категории объектов преобладает доля подготовленных нарушителей (до 85 %). Доля квалифицированных нарушителей составляет 5-15 %, в отличие от подготовленных нарушителей, они совершают действия за пределами требований технических условий на датчики, например, очень медленные перемещения ползком с длительными остановками, и способны совершить обход работоспособного датчика, удовлетворяющего всем требованиям технических условий.

Можно записать выражение для вероятности пропуска нарушителя датчиком обнаружения, установленным на i -ом рубеже охраны объекта:

$$P_{npi} = P_{ni}(1 - m) + P_k(m), \quad (1)$$

где m - доля квалифицированных нарушителей, посягающих на охраняемый объект (для важного объекта примем $m = 0,1$);

$(1 - m)$ – доля подготовленных нарушителей, посягающих на охраняемый объект;

P_k - вероятность обхода датчика квалифицированным нарушителем принимается равной 0,5 [3];

P_{ni} - вероятность пропуска подготовленного нарушителя датчиком обнаружения i – ого рубежа охраны с учётом возможности выхода датчика из строя из-за внезапного отказа:

$$P_{ni} = 1 - P_{obi}P_{oi}, \quad (2)$$

где P_{obi} – вероятность обнаружения работоспособного датчика, указанная в его технических условиях;

P_{oi} – вероятность безотказной работы датчика, определяемая по формуле:

$$P_{oi} = \exp(-T_{ki} / T_{oi}), \quad (3)$$

где T_{ki} - период контроля работоспособности датчика обнаружения, указанный в его технических условиях ($T_{ki} = 24$ ч);

занный в его технических условиях ($T_{ki} = 24$ ч);

T_{oi} - среднее время наработки на отказ датчика обнаружения, указанное в его технических условиях и обычно составляющее 20-30 тыс. ч.

Для повышения надёжности обнаружения нарушителя обычно наращивают количество рубежей защиты с использованием алгоритмов мажоритарной логики в участковом приборе для обработки выходных сигналов нескольких датчиков, установленных на одном участке периметра территории объекта. [2]

Рациональным вариантом может быть использование мажоритарной логики: 2 из 3 [2]. Сущность этого варианта состоит в том, что на каждом участке периметра сигналы датчиков различных рубежей охраны попарно обрабатываются по схеме И, т.е. 1 и 2, 2 и 3, 1 и 3, а затем выходные сигналы этих схем совпадений И объединяются по схеме ИЛИ. Тем самым реализуется алгоритм обнаружения нарушителя хотя бы одной парой датчиков из трёх. Расчётные формулы при этом имеют следующий вид:

$$P_{1и2} = (1-P_{np1})(1-P_{np2}); \quad (4)$$

$$P_{2и3} = (1-P_{np2})(1-P_{np3}); \quad (5)$$

$$P_{1и3} = (1-P_{np1})(1-P_{np3}); \quad (6)$$

$$P_{2/3} = 1-(1-P_{1и2})(1-P_{2и3})(1-P_{1и3}) \quad (7)$$

Сложность расчёта среднего времени наработки на ложное срабатывание состоит в том, что испытания датчиков обнаружения на помехоустойчивость в полигонных условиях проводятся изготовителем в условиях помеховой обстановки, которая характерна для данного полигона. В то время как в процессе эксплуатации датчика на реальном объекте интенсивность помеховой обстановки может быть существенно выше.

Кроме того, при использовании схем мажоритарной логики необходимо учитывать долю тревог от источников помех, которые способны вызывать одновременно ложные срабатывания двух датчиков, построенных на различных принципах действия[4].

Согласно [1] при использовании пуассоновской модели потока ложных срабатываний вероятность хотя бы одного ложного срабатывания за время наблюдения T определяется по формуле для i -го датчика

$$P_{лci} = 1 - \exp [- T K_{лс} / T_{лci}], \quad (8)$$

где $T_{лci}$ – среднее время наработки на ложные срабатывания i - го датчика, указанного в его технических условиях;

$K_{лс}$ – коэффициент интенсивности помеховой обстановки на охраняемом объекте, определяемый соотношением

$$K_{лс} = N_o / N_n \quad (9)$$

где N_o - количество ложных срабатываний датчика в год на охраняемом объекте;

N_n – количество ложных срабатываний датчика в год на полигоне.

Коэффициент интенсивности помеховой обстановки на охраняемом объекте показывает, во сколько раз количество ложных срабатываний датчика на объекте будет больше, чем количество ложных срабатываний этого датчика на полигоне

В комплексе ТСО с n рубежами охраны количество ложных срабатываний зависит от вида схемы мажоритарной обработки выходных сигналов датчиков.

Рассмотрим вариант использования схемы мажоритарной логики: 2 из 3, когда выходные сигналы датчиков попарно обрабатываются по схеме *И*, а затем выходные сигналы этих схем совпадений *И* объединяются по схеме *ИЛИ*.

С учётом наличия доли совпадающих помех, вызывающих одновременно сигналы тревоги на выходах извещателей 1 и 2, выражение для вероятности ложных срабатываний на выходе схемы совпадений *И* имеет вид:

$$P_{лс1и2} = \rho P_{лс1} + (1 - \rho) P_{лс1} P_{лс2/1}, \quad (10)$$

где $(1 - \rho)$ - доля несовпадающих помех на объекте;

ρ - доля совпадающих помех на объекте (для периметра территорий объектов составляет 0,05-0,15) [4];

$P_{лс1}$ - вероятность ложных срабатываний 1-го датчика, определяемая по формуле (8);

$P_{лс2/1}$ - условная вероятность ложных срабатываний 2-го датчика при условии, что уже сработал 1-й датчик и выдал на схему *И* сигнал тревоги длительностью $T_{сi}$, определяется по формуле:

$$P_{лс2/1} = 1 - \exp[-T_{сi} K_{лс} / T_{лс2}], \quad (11)$$

где $T_{сi}$ - длительность временного строба, равная увеличенной участковым прибором длительности сигнала тревоги i -го датчика ($T_{сi} = 5-30$ мин.);

$T_{лс2}$ - среднее время наработки на ложное срабатывание 2-го датчика.

С учётом того, что $T_{сi} < 1$ ч., а $T_{лс2} > 100$ ч., следует, что $P_{лс2/1} \ll 1$, тогда выражение (10) можно упростить в виде:

$$P_{лс1и2} = P_{лс1} (\rho + P_{лс2/1}) \quad (12)$$

и записать в развёрнутой форме:

$$P_{лс1и2} = 1 - \exp[-T/T_{лс1и2}] = 1 - \exp[-TK_{лс}/T_{лс1}] \{ \rho + 1 - \exp[-(T_{с1}K_{лс})/T_{лс2}] \}. \quad (13)$$

Так как из математики известно, что $1 - \exp x = x$ при $x \ll 1$, то учитывая, что время наблюдения $T \ll T_{лс1}$ и длительность временного строба $T_{с1} \ll T_{лс2}$ получим следующее соотношение:

$$T/T_{лс1и2} = ((TK_{лс})/T_{лс1})(\rho + (T_{с1}K_{лс})/T_{лс2}). \quad (14)$$

Из (14) следует искомое выражение наработки на ложное срабатывание на выходе схемы *И*, объединяющей выходные сигналы датчиков 1 и 2

$$T_{лс1и2} = (T_{лс1}B_2)/K_{лс}, \quad (15)$$

где B_2 - выигрыш по количеству ложных срабатываний схемы *И* по сравнению с количеством ложных срабатываний одного датчика.

нению с количеством ложных срабатываний одного датчика.

Значение выигрыша по помехоустойчивости определяется формулой

$$B_2 = [\rho + (T_{c1} K_{лс}) / T_{лс2}]^{-1} \quad (16)$$

Для реализации схемы мажоритарной логики 2 из 3 необходимо провести аналогичный расчёт ещё для двух пар датчиков, объединённых по схеме И:

$$T_{лс2и3} = T_{лс2} B_3 / K_{лс}; \quad (17)$$

$$T_{лс3и1} = T_{лс3} B_1 / K_{лс}. \quad (18)$$

Затем определить среднее время наработки на ложное срабатывание комплекса ТСО, реализующего по схеме ИЛИ выходные сигналы трёх схем И по формуле

$$T_{лс2/3} = [T_{лс1и2}^{-1} + T_{лс2и3}^{-1} + T_{лс3и1}^{-1}]^{-1} \quad (19)$$

Например, для случая $T_{лс1} = 240$ ч.; $T_{лс1и2} = T_{лс2и3} = T_{лс3и1} = 2400$ ч., получим $T_{лс2/3} = 800$ ч. т.е. использование схемы мажоритарной логики 2 из 3 позволяет уменьшить количество ложных срабатываний в $800/240 = 3,3$ раза при интенсивности помеховой обстановки $K_{лс} = 1$.

Предложенные формулы позволяют выполнить расчёт тактических характеристик комплекса ТСО, реализующего схему мажоритарной логики с учётом привязки к конкретным условиям охраняемого объекта (доли квалифицированных нарушителей, интенсивности помеховой обстановки и доли совпадающих источников помех).

Литература

1. Шепитько Г.Е. Проблемы охранной безопасности объектов / Под ред. проф. В.А. Минаева. –М.: Русское слово, 1995. – 352 с.
2. Мишин Е.Т., Леонов В.А., Панин Г.П. Применение технических средств в системах народно-хозяйственных объектов. –М.: МАП СССР, 1985. – 100 с.
3. Алаухов С.Ф., Коцерубов В.Я., Первушинский В.А. Методы оценки эффективности систем охраны важных объектов / Материалы ВНИПК "Современные охранные технологии и средства обеспечения комплексной безопасности объектов". – Пенза: НИЦ ПГУ, 2002. – С. 41-47.
4. Выполнить расчёт эффективности алгоритма мажоритарной логики для повышения надёжности обнаружения и снижения ложных сигналов средств обнаружения проникновения // Отчётная справка / Г.Е. Шепитько, В.Ф. Куликов. –М.: ВНИИПО МВД СССР, 1987. – 12 с.
5. Шепитько Г.Е., Медведев И.И. Проблемы безопасности объектов. –М.: Академия экономической безопасности МВД России, 2005. - 120 с.