

**АНАЛИЗ СХЕМО-КОНСТРУКТИВНОГО ПОСТРОЕНИЯ
РАДИОУПРАВЛЯЕМОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОПОВЕЩЕНИЯ**

Аннотация. Рассмотрены различные варианты схемотехнического построения радиоуправляемой автоматизированной системы оповещения. На основе структурного метода проведен анализ показателей надежности радиоуправляемой автоматизированной системы оповещения. Уточнены математические модели вероятности безотказной работы радиоуправляемой автоматизированной системы оповещения. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании и модернизации радиоуправляемой автоматизированной системы оповещения.

Ключевые слова: автоматизированная система оповещения, схемотехническое построение, надежность, вероятность безотказного обслуживания, непараллельно-последовательный граф

S.I. BELOUSOV, M.B. PROTSENKO
Odessa National Academy of Telecommunications n.a.A.S. Popov

**ANALYSIS OF THE SCHEME-STRUCTURAL ARRANGEMENT
OF RADIO CONTROL AUTOMATED ALERT SYSTEM**

Annotation. Various variants of the scheme-structural arrangement of radio controlled automated alert system are discussed. On the basis of structural method the analysis of reliability indices of radio controlled automated alert system were carried. The mathematical models of the probability of failure-free operation of radio controlled automated alert system were refined. The results can be used in the design and modernization of radio controlled automated alert systems.

Keywords: automated alert system, scheme-structural arrangement, reliability, probability of probability of failure-free operation, non-parallel-to-serial graph

Оповещение населения и органов власти об угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и экологического характера, постоянное информирование населения о состоянии окружающей обстановки является одной из основных задач гражданской обороны [1,2]. Для решения данной задачи используются системы оповещения, которые представляют собой комплекс организационно-технических мероприятий, аппаратуры и технических средств оповещения, аппаратуры, средств и каналов связи, предназначенных для своевременного доведения сигналов и информации по вопросам гражданской обороны к центральным и местным органам исполнительной власти, предприятиям, учреждениям, организациям и населению [1].

На сегодняшний день в Украине назрела необходимость модернизации существующих систем оповещения (в том числе входящего в их состав оборудования, которое уже выработало установленный ресурс, снято с производства, израсходовала все свои запасные части для ремонта и т.д.) на автоматизированные, которые должны удовлетворять современным требованиям.

При проектировании автоматизированной системы оповещения (АСО) и дальнейшем поддержании ее в постоянной готовности в процессе эксплуатации необходима оценка ее эффективности, которая определяется, в первую очередь, уровнем надежности системы (показателями надежности). При этом под надежностью системы понимают ее способность сохранять свои наиболее существенные свойства на заданном уровне в течение фиксированного промежутка времени при определенных условиях эксплуатации [3]. В общем случае это определение справедливо и для АСО. Целью данной работы является сравнительный анализ различных вариантов схемотехнического построения радиоуправляемой АСО и обоснование выбора рационального варианта.

Расчет надежности АСО, в общем случае, представляет собой процедуру последовательного поэтапного уточнения оценок, показателей надежности по мере отработки схемотехнического построения АСО, алгоритмов ее функционирования, обслуживания и ремонта, критериев отказов и предельных состояний, накопление более полной и достоверной информации о всех факторах, определяющих надежность, а также применение более адекватных и точных методов расчета и расчетных моделей [4]. Для расчета и анализа показателей надежности в данной работе используется структурный метод. Суть данного метода [4] состоит в представлении АСО в виде логической (структурно-функциональной) схемы, описывающей зависимость состояний и переходов АСО от состояний и переходов ее элементов с учетом взаимодействия и выполняемых ими функций в АСО с последующим описанием построенной структурной модели адекватной математической моделью и вычислением показателей надежности АСО по известным характеристикам надежности ее элементов.

В качестве анализируемого показателя надежности используется безотказность АСО, определяемая вероятностью безотказного обслуживания $W(t)$, а структурно-функциональная схема АСО представляется в виде непараллельно-последовательного графа, после преобразования которого может быть получена совокупность эквивалентных параллельно-последовательных графов, соответствующих заданным направлениям передачи сообщений (команд). Расчет вероятности безотказного обслуживания $W(t)$ одного

направления передачи, состоящего из независимых путей установления соединений (параллельных ветвей), производится по формуле [5]

$$W(t) = 1 - \prod_{k=1}^{\chi} \left[1 - \prod_{i=1}^{l_k} R_{mi}(t)(1 - p_{mi}) \right], \quad (1)$$

где χ – число независимых путей (параллельных ветвей) в рассматриваемом направлении передачи сообщений (команд); l_k – число элементов в k -м пути; $R_{mi}(t)$ – вероятность безотказной работы i -го элемента; p_{mi} – нормированная величина потерь сообщений (команд) в i -м элементе.

Вероятность безотказной работы $W(t)$ является функцией времени t и определяется, в свою очередь, коэффициентами готовности и средним временем безотказной работы всех элементов.

В качестве основного схемо-конструктивного построения радиоуправляемой АСО [6] рассматривается логическая схема, изображенная на рис. 1.

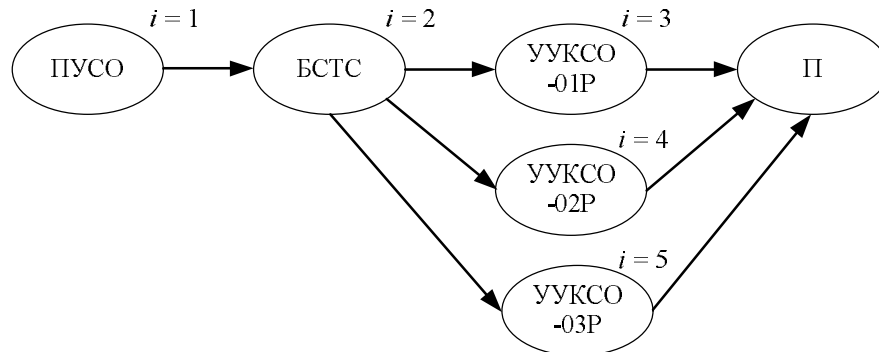


Рис. 1. Логическая схема радиоуправляемой АСО (вариант 1)

На рис. 1 введены следующие обозначения: ПУСО – пульт управления средствами оповещения; БСТС – базовая станция транкинговой связи; УУКСО- nmP – радиоуправляемое устройство управления конечными средствами оповещения ($nm = 01$ – уличные громкоговорители и сирены; $nm = 02$ – радиотрансляционные узлы сети проводного вещания; $nm = 03$ – станции эфирного вещания и звукового сопровождения); П – получатель информации (население).

Согласно данной схеме (см. рис.1), радиоуправляемая АСО является системой одного направления передачи и функционирует следующим образом. Информационное сообщение в виде сигнала оповещения с пульта управления средствами оповещения (ПУСО) по команде оперативного дежурного (диспетчера) передается через базовую станцию транкинговой связи (БСТС) на радиоуправляемые устройства управления конечными средствами оповещения (УУКСО-01Р, УУКСО-02Р, УУКСО-03Р) [6].

Изображенная на рис. 1 логическая схема АСО не является параллельным соединением последовательно соединенных элементов, поэтому выражение (1) требует уточнений.

Для этого будем считать, что нормированные величины потерь сообщений (команд) в i -м элементе равны нулю.

Каждый элемент АСО случайным образом может находиться либо в рабочем состоянии, либо в состоянии отказа. Для обозначения данного состояния используем параметр x_i . Случайные величины x_i принимают значения $x_i = 1$ (i -й элемент АСО находится в состоянии отказа), $x_i = 0$ (i -й элемент АСО находится в рабочем состоянии) и являются независимыми, т.е. элементы АСО могут находиться в состоянии отказа независимо друг от друга.

Для обозначения вероятности отказа i -го элемента АСО используем параметр $P_{mi}(t)$, тогда вероятность работоспособного состояния или вероятность безотказной работы i -го элемента АСО будет равна $R_{mi}(t) = 1 - P_{mi}(t)$. Вероятность безотказной работы системы в целом будет зависеть от вида соединений и определяется [3]:

при параллельном соединении χ элементов

$$W_{\text{ПАРАЛ}}(t) = 1 - \prod_{k=1}^{\chi} [1 - R_{mk}(t)]; \quad (2)$$

при последовательном соединении l элементов

$$W_{\text{ПОСЛ}}(t) = \prod_{i=1}^l R_{mi}(t). \quad (3)$$

В соответствии с логической схемой АСО (см. рис.1), а также (2) и (3) вероятность безотказной работы АСО (вариант 1) в целом $W(t)$ определяется на основании выражения

$$W(t) = R_{m1}(t)R_{m2}(t) \left[1 - (1 - R_{m3}(t))(1 - R_{m4}(t))(1 - R_{m5}(t)) \right], \quad (4)$$

где порядковые номера $i = 1, 2, 3, 4, 5$ определяют соответствующие элементы АСО согласно рис.1.

На основании выражения (4), что следует также с логической схемы, изображенной на рис. 1, АСО будет неработоспособной при отказе или ПУСО, или БСТС₁, или БСТС₂, или УУКСО-01Р, УУКСО-02Р, УУКСО-03Р одновременно.

Для повышения надежности АСО в развитии схиемо-конструктивного построения АСО добавим еще одну базовую станцию транкинговой связи БСТС₂, к функциям которой помимо расширения зоны обслуживания также входит дублирование сигналов оповещения. Логическая схема такой АСО (вариант 2) изображена на рис.2.

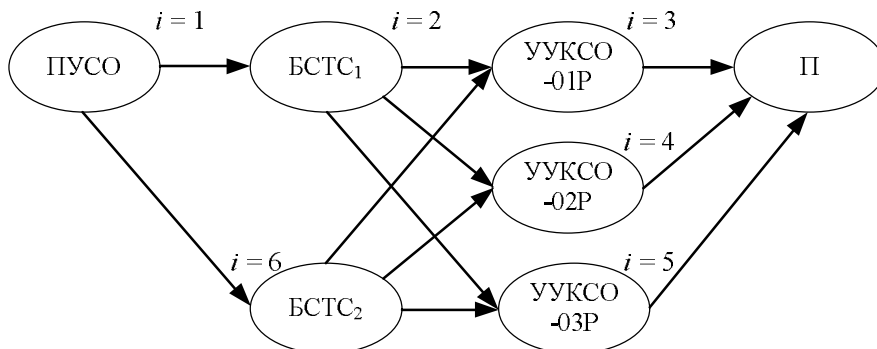


Рис. 2. Логическая схема радиоуправляемой АСО (вариант 2)

В соответствии с логической схемой АСО (см. рис.2), а также (2) и (3) вероятность безотказной работы АСО (вариант 2) в целом $W(t)$ определяется на основании выражения

$$W(t) = R_{m_1}(t) \left[1 - \left[1 - R_{m_2}(t) \left[1 - (1 - R_{m_3}(t))(1 - R_{m_4}(t))(1 - R_{m_5}(t)) \right] \right] \times \left[1 - R_{m_6}(t) \left[1 - (1 - R_{m_3}(t))(1 - R_{m_4}(t))(1 - R_{m_5}(t)) \right] \right] \right], \quad (5)$$

где порядковый номер $i = 6$ определяют БСТС₂ согласно рис.2.

При этом на основании выражения (5) АСО будет неработоспособной при отказе или ПУСО, или БСТС₁, БСТС₂ одновременно, или УУКСО-01Р, УУКСО-02Р, УУКСО-03Р одновременно.

Для полного дублирования сигналов оповещения необходимо создать и ввести в схиемо-конструктивного построения АСО также запасной пульт управления средствами оповещения ПУСО₃, при этом другой ПУСО будет основным ПУСО₀. Логическая схема такой АСО (вариант 3) изображена на рис.3.

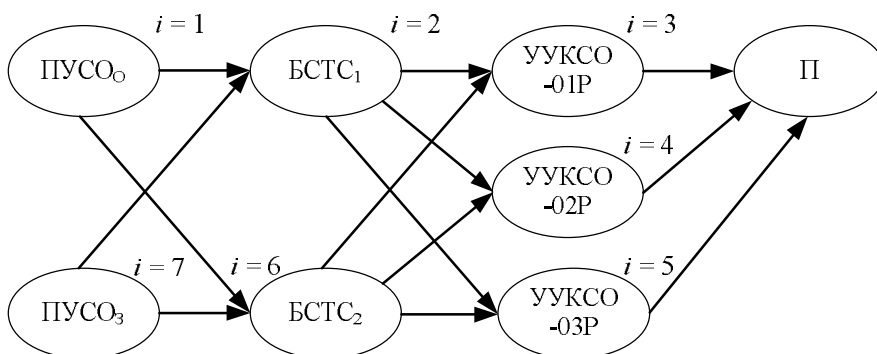


Рис. 3. Логическая схема радиоуправляемой АСО (вариант 3)

В соответствии с логической схемой АСО (см. рис.3), а также (2) и (3) вероятность безотказной работы АСО (вариант 3) в целом $W(t)$ определяется на основании выражения

$$W(t) = 1 - \left\{ 1 - R_{m_1}(t) \left[1 - \left[1 - R_{m_2}(t) \left[1 - (1 - R_{m_3}(t))(1 - R_{m_4}(t))(1 - R_{m_5}(t)) \right] \right] \right] \times \left[1 - R_{m_6}(t) \left[1 - (1 - R_{m_3}(t))(1 - R_{m_4}(t))(1 - R_{m_5}(t)) \right] \right] \right\} \times \left\{ 1 - R_{m_7}(t) \left[1 - \left[1 - R_{m_2}(t) \left[1 - (1 - R_{m_3}(t))(1 - R_{m_4}(t))(1 - R_{m_5}(t)) \right] \right] \right] \times \left[1 - R_{m_6}(t) \left[1 - (1 - R_{m_3}(t))(1 - R_{m_4}(t))(1 - R_{m_5}(t)) \right] \right] \right\}, \quad (6)$$

где порядковый номер $i = 7$ определяют ПУСО₃ согласно рис.3.

На основании выражений (4), (5) и (6) произведены предварительные расчеты вероятности безотказной работы $W(t)$ АСО различных вариантов схиемо-конструктивного построения. Вероятности безотказной работы всех элементов АСО $R_{m_i}(t)$ на данном этапе исследований выбраны одинаковыми.

$R_{m,i}(t)$	0,90	0,95	0,99
$W(t)$ (вариант 1)	0,81	0,90	0,98
$W(t)$ (вариант 2)	0,89	0,95	0,99
$W(t)$ (вариант 3)	0,90	0,95	0,99

Согласно представленным результатам, как и следовало ожидать вероятность безотказной работы АСО с дублирующими и резервными элементами повышается. При варианте 3 схемо-конструктивного построения АСО вероятность безотказной работы АСО приближается к вероятности безотказной работы ее элементов.

Таким образом, в результате проведенных исследований проведен расчет надежности радиоуправляемой АСО, который основан на процедуре последовательного поэтапного уточнения показателей надежности по мере отработки схемо-конструктивного построения. Анализируемым показателем надежности была вероятность безотказной работы системы. В работе использован структурный метод расчета, основанный на представлении анализируемой системы в виде логической структурно-функциональной схемы, которая описывает зависимости состояний. Уточнены математические модели вероятности безотказной работы АСО различных вариантов схемо-конструктивного построения, проведен анализ показателей надежности АСО.

Предложены варианты построения радиоуправляемой АСО с использованием основной и дублирующей базовых станций транкинговой связи для передачи сигналов оповещения на разные типы радиоуправляемых устройств управления оконечными средствами оповещения, такими как уличными громкоговорителями и сиренами, радиотрансляционными узлами сети проводного вещания, станциями эфирного вещания и звукового сопровождения телевидения, а также основного и запасного пультов управления средствами оповещения. Обоснована необходимость дублирования некоторых элементов системы. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании и модернизации радиоуправляемой автоматизированной системы оповещения.

К основным направлениям дальнейших исследований в данной области следует отнести разработку адекватных математических моделей всех элементов АСО, вычисление и анализ их показателей надежности, уточнение вероятности безотказной работы АСО по полученным характеристикам надежности ее элементов.

Литература

1. Закон Украины «Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру», №1809 – 14 // Відомості Верховної Ради України. – Офіц. вид. – К.: Парламентське видавництво, 2002. – №6. – 39 с.
2. Постанова Кабінету Міністрів України «Положення про організацію оповіщення і зв'язку у надзвичайних ситуаціях», №192 – Офіц. вид. – К.: Парламентське видавництво, 2002.
3. Черкасов Г.Н. Надежность программно-аппаратных комплексов / Г.Н. Черкасов. – СПб., 2005.
4. ГОСТ 27.301 – 95. «Надежность в технике. Расчет надежности. Основные положения». – Минск: Издательство стандартов, 1995. – 19 с. Режим доступа: <http://www.OpenGost.ru>
5. Белоусов С.И. Оценка надежности автоматизированной системы оповещения / С.И. Белоусов, М.Б. Проценко // Мат. XII Міжнарод. науково-технічної конференції «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах» (ВОТТ-12_2013), Одеса (Затока), 3-8 червня 2013. — Одеса, 2013. — С.141.
6. Воробієнко П.П. Системи оповіщення цивільного захисту: навчальний посібник / Воробієнко П.П., Білоусов С.І. – Одеса: ОНАЗ ім. О.С.Попова, 2012. – 76 с.

Reference

1. Recommendation ITU-R BT.709-1:2004. Parameter values for the HDTV standards of production and international program exchange
2. Recommendation ITU-R BT.601-7:2011. Studio encoding parameters of digital television for standard 4:3 and wide screen 16:9 aspect ratios
3. Cherkasov G.N. Nadezhnost' programmno-apparatnykh kompleksov / G.N. Cherkasov. – SPb., 2005.
4. GOST 27.301 – 95. «Nadezhnost' v tekhnire. Raschet nadezhnosti. Osnovnye polozhenija». – Minsk: Izdatel'stvo standartov, 1995. – 19 p. Rezhim dostupa: <http://www.OpenGost.ru>
5. Belousov S.I. Otsenka nadezhnosti avtomatizirovannoy sistemy opoveschenija / S.I. Belousov, M.B. Protsenko // Mat. XII Mizhnarid. naukovu-tekhnichnoi konferenzii «Vymirjuval'na ta obchysljuval'na tekhnika v tekhnologichnykh prozesakh» (VOTTP-12_2013), Odesa (Zatoka), 3-8 chervnja 2013. — Odesa, 2013. — S.141.
6. Vorobienko P.P. Systemy opovischennja tsyvil'nogo sakhystu: navchal'nyy posibnyk / Vorobienko P.P., Bilousov S.I. – Odesa: ONAS im. O.S.Popova, 2012. – 76 p.