

Д-ф.-м.н., проф. Ф.А. Мкртчян
(Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН)

ON THE LIMITING LAW OF SURVIVABILITY
WITH ACCOUNT TO NOISE IMMUNITY

Ф.А. Мкртчян

Сложная система, живучесть, надежность, управляемость, помехоустойчивость, осуществимость, потенциальная эффективность.

Complex system, survivability, reliability, controllability, noise immunity, feasibility, potential efficiency.

Рассмотрены основные проблемы живучести сложных систем. Освещено современное состояние теории живучести сложных систем. Приведены особенности оценки живучести сложных систем.

В работе рассматриваются сложные системы сразу по трем качествам RCL. Качество (надежность), С-качество (управляемость) и I-качество (помехоустойчивость). Доказывается предельный закон живучести с учетом помехоустойчивости. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-01-00213а.

The main problems of survivability of complex systems are considered. The modern state of the theory of survivability of complex systems is covered. The features of the estimation of the survivability of complex systems are given.

In this work, complex systems are considered at once for three RCL qualities. Reliability (reliability), C-quality (controllability) and I-quality (noise immunity). The limiting law of survivability is proved with allowance for noise immunity.

The study was carried out with the financial support of the Russian Foundation for Basic Research in the framework of the scientific project No. 16-01-00213a.

Введение

В последние годы наблюдается значительное повышение интереса к свойству живучести сложных систем, как в теоретическом, так и в практическом отношении. Обусловлено это в первую очередь возросшим масштабом и уровнем сложности систем, что приводит к увеличению возможности «отказов» системы. В случае отказа работы системы, процесс её восстановления представляет собой трудоемкий процесс, поэтому уменьшение возможности отказов системы является одной из основных задач, которые ставятся при проектировании сложных систем. Остается так же актуальной и проблема рационального и оптимального задействия сохранения системы в системе ресурсов направленных на выполнение жизненно важных функций системы после интенсивного воздействия на нее. Решение этой проблемы требует от системы новых качеств, которыми она может и не располагать, если спроектирована для работы только в нормальных условиях эксплуатации.

Учитывая вышеизложенные проблемы, к свойству живучести и его особенностям широко применяются в создании сложных систем различного назначения, предъявляются ряд особенных требований, которые касаются как структурной, так и функциональной части сложных систем. Требования к структурной составляющей, сводятся к выявлению уязвимых мест в топологии системы и определению степени их влияния на целостность системы, требования к функциональной составляющей сводятся к определению способности системы решать стоящие перед ней задачи при изменяющихся возможностях ее элементов.

Как известно [3-6], система A при фиксации ее цели \underline{A} определяется своей структурой A/D и поведением $\bar{A} : A = (A | \bar{A})$.

Целью системы является достижение определенного предпочтительного состояния.

Рассматривается открытая система, т.е. система, взаимодействующая со средой B . Вообще говоря, можно рассматривать среду как систему B со своей целью B , структурой $B | V$ и поведением $\bar{B} : B = (B | \bar{B})$.

Поведение системы A и B , вообще говоря, могут способствовать или препятствовать достижению чужих целей. В первом случае пару систем можно рассматривать как одну систему с общей целью, взаимодействующую со средой. Во втором случае будем говорить о конфликтной ситуации. Если не имеет места ни тот, ни другой случай, то будем говорить об индифферентной ситуации и лишь в этом случае одну систему по отношению к другой будем называть средой. В последнем случае среда может оказывать непреднамеренное мешающее воздействие на систему. Это воздействие обычно называют шумом.

Функционирование открытых систем можно представить себе как серию обменов некоторыми количествами и расходовемых ресурсов на некоторые количества v потребляемых ресурсов. Будем называть это (u, v) -обменом.

Если характеризовать состояние системы величинами пары параметров u и v , то целью системы может являться выгодный (u, v) -обмен. Под последним можно понимать получение как можно большего количества v за фиксированное количество u или, что то же, отдача как можно меньшего количества u за фиксированное количество v . Последнее зависит от величины u , структуры и поведения системы A и B : $v = v(u, A, B)$.

Как правило, взаимодействие систем A и B носит стохастический характер и поэтому можно говорить лишь о некоторой вероятности $P(u, v)$ достижения системой A своей цели \underline{A} (выгодного (u, v) -обмена) $P(u, v) = P(\underline{A})$.

При больших значениях u (и им соответствующих больших значениях v) величина $P(u, v)$ имеет следующее асимптотическое поведение:

$$P(u, v) \approx \begin{cases} 0 & \text{при } v > v_0, \\ 1 & \text{при } v < v_0, \end{cases} \quad (1)$$

где фундаментальная константа v_0 определяется следующими соотношениями:

$$v_0 = \begin{cases} v(u, A_0, B) = \max_{A \in \bar{V}} v(u, A, B) & \text{в индифферентной ситуации,} \\ v(u, A_0, B_0) = \max_{A \in \bar{V}} \min_{B \in \bar{V}} v(u, A, B) & \text{в конфликтной ситуации,} \end{cases} \quad (2)$$

