

# РАСЧЕТЫ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

- РАСЧЕТЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА, КАК СИСТЕМЫ, СОСТОЯЩЕЙ ИЗ СОВОКУПНОСТИ МАТЕРИАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, ПРОВОДЯТСЯ ИСХОДЯ ИЗ ПОСТУЛАТА, ЧТО ВСЯ СИСТЕМА И ЛЮБОЙ ЕЕ ЭЛЕМЕНТ МОГУТ НАХОДИТЬСЯ ТОЛЬКО В ОДНОМ ИЗ ДВУХ ВОЗМОЖНЫХ СОСТОЯНИЙ — РАБОТОСПОСОБНОМ И НЕРАБОТОСПОСОБНОМ, ПРИ ЭТОМ ОТКАЗЫ ЭЛЕМЕНТОВ ЯВЛЯЮТСЯ НЕЗАВИСИМЫМИ ДРУГ ОТ ДРУГА. РАБОТОСПОСОБНОСТЬ СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ РАБОТОСПОСОБНОСТЬЮ СОСТОЯНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ И ИХ ВЗАИМНЫМИ СВЯЗЯМИ. РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ ЛЮБОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В ПРОСТЕЙШЕМ ВАРИАНТЕ РЕАЛИЗОВАТЬ КАК ПОЛНЫЙ ПЕРЕБОР ВСЕХ ВОЗМОЖНЫХ КОМБИНАЦИЙ СОСТОЯНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ С ОПРЕДЕЛЕНИЕМ ВЕРОЯТНОСТИ КАЖДОГО ИЗ НИХ И УСТАНОВЛЕНИЕМ РАБОТОСПОСОБНЫХ СОСТОЯНИЙ СИСТЕМЫ.

- Такой метод является универсальным и может использоваться при расчете практически любых ТС. Однако при большом количестве элементов системы такой метод является нецелесообразным, а часто и просто нереальным, вследствие огромного объема вычислений, поэтому в практических расчетах применяют более эффективные и экономичные методы расчета, не связанные с существенными объемами вычислений. Эти методы основаны на исследовании структуры ТС и построении эквивалентных структурных схем.

- МЕТОДИКА РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ УСТРОЙСТВ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СОСТОИТ ИЗ СЛЕДУЮЩЕГО НАБОРА ОПЕРАЦИЙ:

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА ЭЛЕМЕНТА И ЕГО ХАРАКТЕРИСТИК, ФОРМУЛИРОВАНИЕ ЧЕТКОГО ФОРМАЛЬНОГО ПОНЯТИЯ ОТКАЗА ДЛЯ ВСЕЙ СИСТЕМЫ И ЕГО ОТДЕЛЬНЫХ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ;

□ АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ УСТРОЙСТВА, ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ БЛОКОВ СИСТЕМЫ, СОСТАВЛЕНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНОЙ СХЕМА РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ, В КОТОРОЙ ЭЛЕМЕНТАМИ РАСЧЕТА ЯВЛЯЮТСЯ КОНСТРУКТИВНО ОФОРМЛЕННЫЕ БЛОКИ;

- ВЫБОР МЕТОДА РАСЧЕТА С ПОДБОРОМ СПРАВОЧНЫХ ДАННЫХ И ФОРМ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ, ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ НАГРУЗКИ ЭЛЕМЕНТОВ И ВЛИЯНИЯ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ;
- ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ОТКАЗОВ И ВЕРОЯТНОСТИ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ КАЖДОГО ЭЛЕМЕНТА;
- ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ОТКАЗОВ И ВЕРОЯТНОСТИ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ СИСТЕМЫ, РАСЧЕТ ДРУГИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ, ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА.

- ПОСТРОЕНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНОЙ СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ ПРИ РАСЧЕТЕ НАДЕЖНОСТИ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ СЛИЯНИЕ НЕСКОЛЬКИХ ЭЛЕМЕНТОВ, СОЕДИНЕННЫХ ОПРЕДЕЛЕННЫМ ОБРАЗОМ, В ОДИН — ЭКВИВАЛЕНТНЫЙ, БЕЗОТКАЗНОСТЬ РАБОТЫ КОТОРОГО В ТОЧНОСТИ БУДЕТ РАВНА ЗАМЕНЯЕМОЙ СОВОКУПНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ. ПРИ ЭТОМ РАССМАТРИВАЮТСЯ ТИПОВЫЕ СХЕМЫ СОЕДИНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ — ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ, ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ И МОСТИКОВОЕ.

- **ТИКОВОЕ.** В СИСТЕМЕ ИЗ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО СОЕДИНЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ОТКАЗ ЛЮБОГО ЭЛЕМЕНТА ПРИВОДИТ К ОТКАЗУ ВСЕЙ СИСТЕМЫ (РИС. 5, А). ТАК КАК ОТКАЗЫ ЭЛЕМЕНТОВ ЯВЛЯЮТСЯ НЕЗАВИСИМЫМИ, ТО ВЕРОЯТНОСТЬ ОДНОВРЕМЕННОЙ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО СОЕДИНЕННЫХ  $n$  ЭЛЕМЕНТОВ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ В СООТВЕТСТВИИ С ТЕОРЕМОЙ УМНОЖЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ТАК - ВЕРОЯТНОСТЬ СОВМЕСТНОГО ПОЯВЛЕНИЯ НЕЗАВИСИМЫХ СОБЫТИЙ РАВНА ПРОИЗВЕДЕНИЮ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ЭТИХ СОБЫТИЙ:

$$P(t) = p_1(t)p_2(t) \dots p_n(t) = \prod_{i=1}^n p_i(t) = \prod_{i=1}^n (1 - q_i(t))$$

- СООТВЕТСТВЕННО, ВЕРОЯТНОСТЬ ОТКАЗА ТАКОЙ СИСТЕМЫ СОСТАВИТ:

$$Q = 1 - P = 1 - \prod_{i=1}^n p_i = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - q_i)$$

- НАБОР ИЗ ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ СОЕДИНЕНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ ПРЕДСТАВЛЯЕТ СОБОЙ СИСТЕМУ, ОТКАЗ КОТОРОЙ ПРОИЗОЙДЕТ ТОЛЬКО В СЛУЧАЕ, КОГДА ОТКАЖУТ ВСЕХ ЕЕ ЭЛЕМЕНТЫ (РИС.5, Б). ТАКИЕ СТРУКТУРЫ ХАРАКТЕРНЫ ДЛЯ УСТРОЙСТВ, В КОТОРЫХ ЭЛЕМЕНТЫ ДУБЛИРУЮТСЯ ИЛИ РЕЗЕРВИРУЮТСЯ, ПОТОМУ ЧТО ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ ПРИМЕНЯЕТСЯ КАК ОСНОВНОЙ МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ.

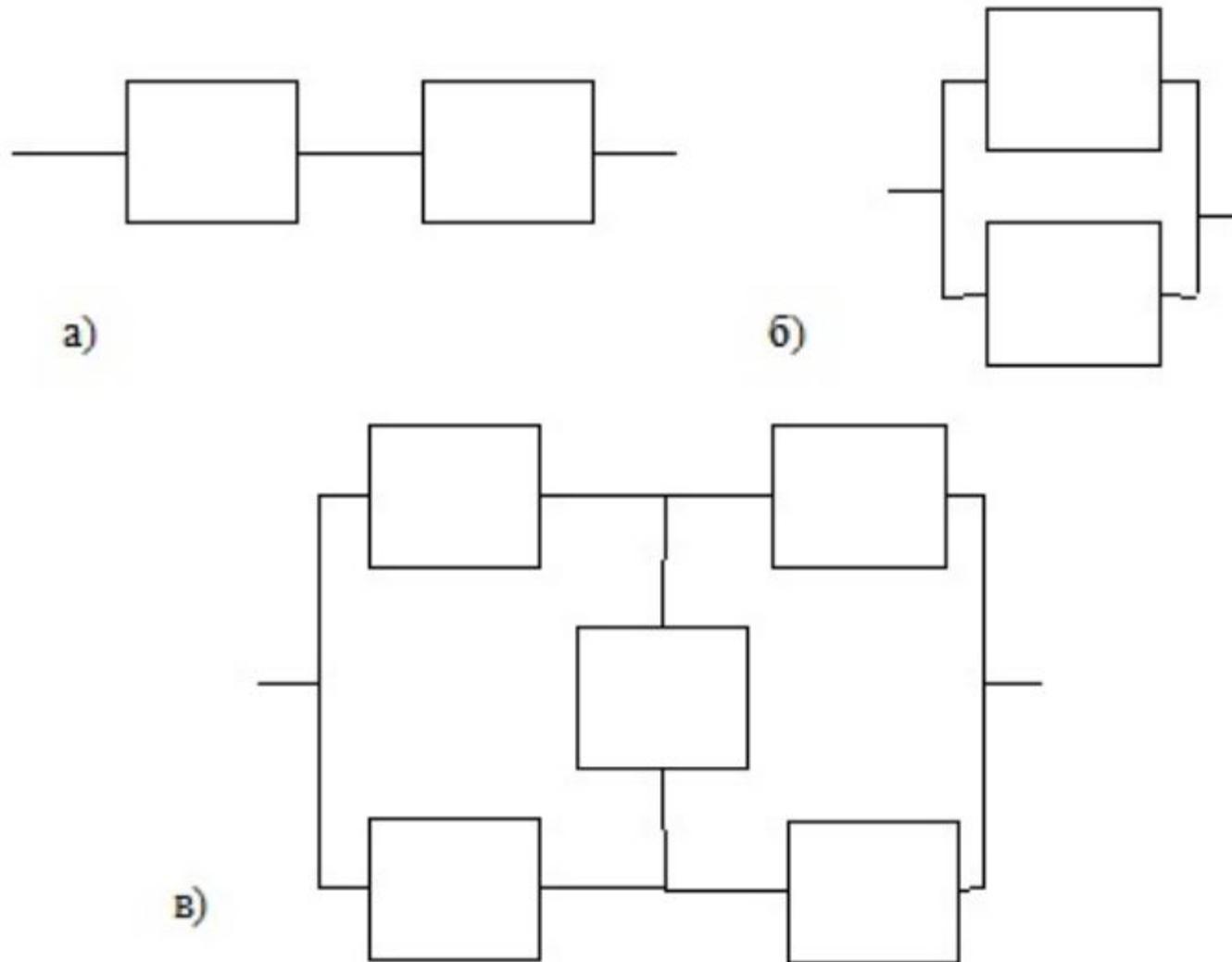


Рис. 5. Системы с последовательным (а), параллельным (б) и мостиковым (в) соединением элементов

- При допущении независимости отказов вероятность отказа такой системы может быть найдена так же по теореме умножения вероятностей, но как произведение вероятностей отказа элементов:

$$Q = q_1 q_2 \dots q_n = \prod_{i=1}^n q_i = \prod_{i=1}^n (1 - p_i)$$

- ТОГДА ВЕРОЯТНОСТЬ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ ПАРАЛЛЕЛЬНО СОЕДИНЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СОСТАВИТ:

- $$P = 1 - Q = 1 - \prod_{i=1}^n q_i = \prod_{i=1}^n (1 - p_i)$$

- Мостиковая структура (рис. 5, в) не приводится ни к параллельному ни к последовательному соединению. Она представляет собой параллельно соединенные последовательные цепочки элементов с диагональными элементами, которые включены между узлами параллельных ветвей (рис. 5, в).

- Работоспособность мостиковой определяется не только количеством отказавших элементов, но и их положением в структурной схеме. Для расчета надежности мостиковых систем можно воспользоваться методом прямого перебора или методом логических схем с применением алгебры логики. Последний сводится к составлению логического выражения, которое является условием работоспособности системы. Для каждого элемента и системы также используются два противоположных логических состояния - отказ или состояние работоспособности.

- РЕАЛЬНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ В БОЛЬШИНСТВЕ СВОЕМ ИМЕЮТ СЛОЖНУЮ КОМБИНИРОВАННУЮ СТРУКТУРУ, ГДЕ ОТДЕЛЬНЫЕ ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ МОГУТ ОБРАЗОВЫВАТЬ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЕ, ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ, ИЛИ МОСТИКОВЫЕ СХЕМЫ СОЕДИНЕНИЙ. В ЭТИХ СЛУЧАЯХ СЛЕДУЕТ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ПРОИЗВЕСТИ ДЕКОМПОЗИЦИЮ ИСХОДНОЙ СХЕМЫ НАДЕЖНОСТИ, РАЗБИВ ЕЕ НА ПРОСТЫЕ ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ, МЕТОДИКА РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ КОТОРЫХ ИЗВЕСТНА, ПОСЛЕ ЧЕГО ЗАМЕНИТЬ ЭТИ ГРУППЫ В НОВОЙ СТРУКТУРНОЙ СХЕМЕ ЭКВИВАЛЕНТНЫМИ КВАЗИЭЛЕМЕНТАМИ, ВЕРОЯТНОСТИ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ КОТОРЫХ БУДУТ РАВНЫ ВЫЧИСЛЕННЫМ ВЕРОЯТНОСТЯМ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ ЭТИХ ГРУПП. ДАННУЮ ПРОЦЕДУРУ ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ МОЖНО ВЫПОЛНЯТЬ НЕСКОЛЬКО РАЗ, ДО ТЕХ ПОР, ПОКА ПОЛУЧИВШАЯСЯ СХЕМА НАДЕЖНОСТИ НЕ ПРЕВРАТИТСЯ В СТРУКТУРУ, МЕТОДИКА РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ ЯВЛЯЕТСЯ ИЗВЕСТНОЙ И НАИБОЛЕЕ ПРОСТОЙ