Лекция 6

Качественный анализ системы.

1. Аварийные сочетания.
2. Минимальные аварийные сочетания.
3. Закон поглощения при определении минимальных аварийных сочетаний.
4. Система ДВА из ТРЕХ.

Отказ системы может произойти различными путями. Каждый отличающийся от других путь есть вид отказа системы, включающий отказ одного или нескольких элементов. С целью уменьшения возможности отказа системы, а это одна из главных задач предмета изучения, необходимо выявить виды отказов и затем устранить наиболее часто встречающиеся или наиболее вероятные из них. Метод дерева отказов облегчает выявление этих видов отказов для каждой конкретной системы.

Для данного дерева отказов виды отказов системы четко определяются с помощью принципа аварийных сочетаний. **Аварийное сочетание** – это определенный набор исходных событий: если все эти исходные события случаются, существует гарантия, что конечное событие (отказ системы) произойдет. Например, если для дерева отказов на рис. 1 события 8 и 11 происходят одновременно, конечное событие также происходит, то есть если одновременно происходит отказ э/клапана 8 и отказ оператора-наливщика 11, то происходит перелив резервуара при заполнении. Таким образом, сочетание (8, 11) есть аварийное сочетание, кроме того сочетания (7, 4, 14) и (8, 9, 10) являются аварийными для этой системы. Большие системы имеют большое число видов отказов. Чтобы упростить анализ, необходимо уменьшить число видов отказов.

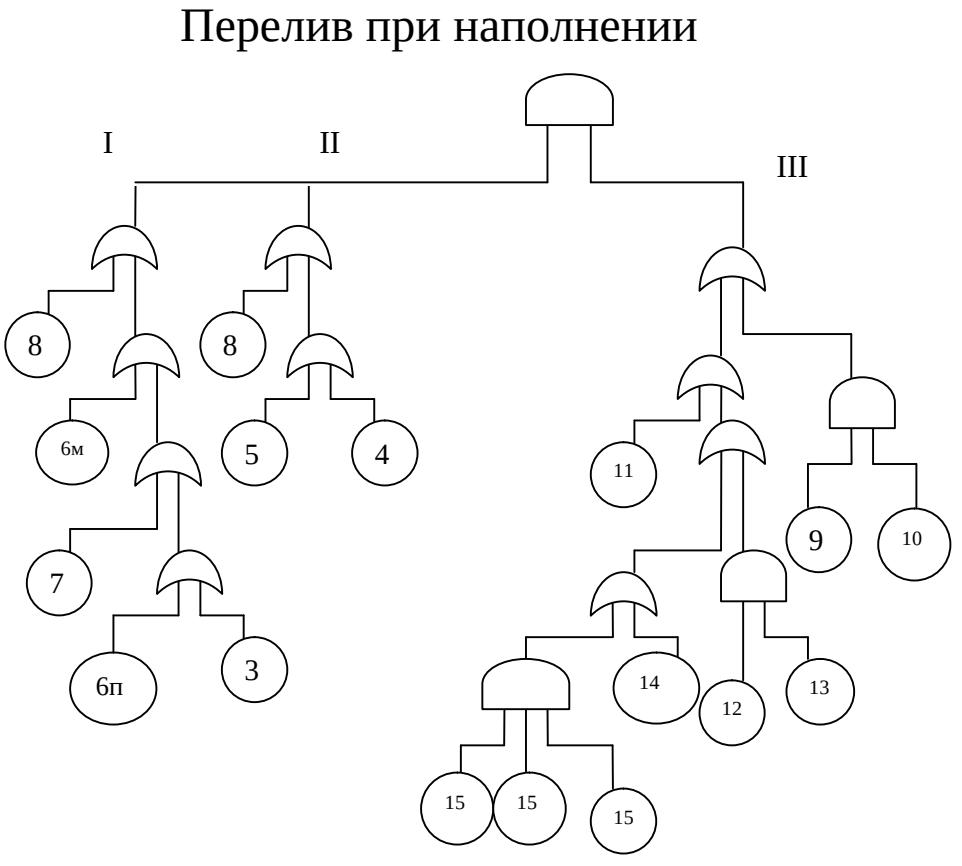


Рис. 1. Дерево отказов для системы перелив при заполнении

3 – тензодатчик измерения уровня
4 – контактный датчик уровня
5 – усилитель сигнала
6п – пульт отключения 8, 6м – монитор уровня
7 – оператор на пульте
8 – э/клапан
9 – выключатель насоса
10 – ручной кран, закрывается оператором 11
11 – оператор-наливщик, выключает насос и ручной кран
12 и 13 – световая и звуковая сигнализации
14 – усилитель
15 – три датчика обнаружения пролива (резерв)

Следует рассматривать только те виды отказов, которые являются основными, в том смысле, что для возникновения отказа в системе один или несколько исходных отказов должны произойти. При таком ограничении практически ничто не теряется. Если бы можно было усовершенствовать систему таким образом, чтобы исключить все основные виды отказов, это автоматически ликвидировало бы все виды отказов системы.

Принцип минимального аварийного сочетания четко определяет основные виды отказов. Минимальное аварийное сочетание – такое сочетание, в котором при удалении любого исходного события оставшиеся вместе события больше не являются аварийным сочетанием. Аварийное сочетание, включающее в себя другие аварийные сочетания, не является минимальным аварийным сочетанием (МАС). Принцип МАС дает возможность сократить число АС и число исходных событий, входящих в каждое аварийное сочетание. Это упрощает проведение анализа. Дерево отказов на рис. 1 имеет три ветви – левая ветвь отвечает за отключение налива жидкости с пульта, центральная ветвь обеспечивает автоматическое отключение и правая часть – ручное отключение. Все эти ветви объединены логическим знаком «И» и поэтому, очевидно, что конечное событие будет происходить каждый раз, если взять сочетание из 3-х отказов, относящихся к каждой ветви, то мы получим АС всей системы. Таким образом, мы получаем наглядный способ отыскания аварийных сочетаний для системы в целом

Выбираем самую короткую ветвь, в нашем случае автоматического отключения. Она отказывает при отказе трех элементов: 8, 5 и 4.
Чтобы обнаружить аварийные сочетания для дерева отказов рис. 1, поступим следующим образом: возьмем последовательно все элементы 1-ой ветви и подберем им элементы из ветвей 2 и 3 для формирования минимальных аварийных сочетаний.

Ветви	I	II	III		I	II	III		I	II	III		I	II	III
d1	8	-	11	d13	6п	4	14	d25	7	4	15,15,15	d37	3	5	9, 10
d2	8	-	9, 10	d14	6п	4	12, 13	d26	6м	5	11	d38	3	5	14
d3	8	-	14	d15	6п	4	15,15,15	d27	6м	5	9, 10	d39	3	5	12, 13
d4	8	-	12, 13	d16	7	5	11	d28	6м	5	14	d40	3	5	15,15,15
d5	8	-	15, 15, 15	d17	7	5	9, 10	d29	6м	5	12, 13	d41	3	4	11
d6	6п	5	11	d18	7	5	14	d30	6м	5	15,15,15	d42	3	4	9, 10
d7	6п	5	9, 10	d19	7	5	12, 13	d31	6м	4	11	d43	3	4	14
d8	6п	5	14	d20	7	5	15,15,15	d32	6м	4	9, 10	d44	3	4	12, 13
d9	6п	5	12, 13	d21	7	4	11	d33	6м	4	14	d45	3	4	15,15,15
d10	6п	5	15, 15, 15	d22	7	4	9, 10	d34	6м	4	12, 13				
d11	6п	4	11	d23	7	4	14	d35	6м	4	15,15,15				
d12	6п	4	9, 10	d24	7	4	12, 13	d36	3	5	11				

Обратим внимание на отсутствие отказов во 2-ой ветви, когда в 1-ой ветви стоит отказ э/клапана 8. Дело в том, что при отказе клапана 8 в 1-ой ветви, он отказывает и во второй ветви и поэтому обе ветви отказывают, и нет смысла ставить отказ других элементов, т.к. это уже было бы не МАС. Следует обратить внимание так же на то, что два раза писать отказ э/клапана 8 и во второй и в первой ветвях нельзя, т.к. это один элемент и учитывать его отказ два раза нельзя. При подсчете вероятности отказа каждого АС, содержащего э/клапан 8 необходимо только один раз учитывать его отказ. Так вероятность отказа d_1: $Pd_1=P_8 \cdot P_{11}$, а не $P_8^2 P_{11}$.

Это правило известно в булевой алгебре как ЗАКОН ПОГЛОЩЕНИЯ. С другой стороны при подсчете вероятности отказа системы по АС, содержащему датчики 15, например $Pd_5=P_8 \cdot P_{15}^3$. Вероятность отказа датчика возводится в куб, т.к. это три разных датчика, у них одна вероятность отказа, но отказ одного из них не означает отказ других. Это есть резервирование, а в случае э/клапана 8 резервирования нет (он один).

На рис. 2 представлено дерево отказов для системы, когда конечное событие наступает при отказе двух из трех элементов

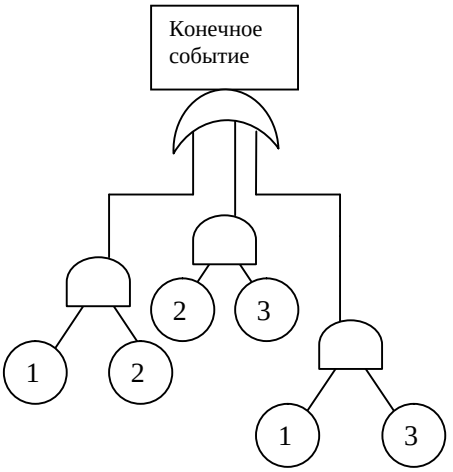


Рис. 2. Дерево отказов системы два из трех

Для дерева отказов, у которого на вершине знак «или» каждое событие (каждая ветвь) образуют аварийное сочетание

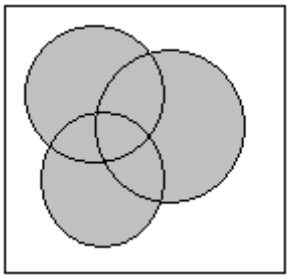
$d_1\{B_1 B_2\}$; $d_2\{B_2 B_3\}$; $d_3\{B_1 B_3\}$. $Pd_1=P_1P_2$; $Pd_2=P_2P_3$; $Pd_3=P_1P_3$.
Вероятность конечного события: $Ps=1-(1-Pd_1)(1-Pd_2)(1-Pd_3)=$

$= P_1P_2+ P_2P_3+ P_1P_3-P_1P_2^2P_3-P_1^2P_2P_3-P_1P_2P_3^2+P_1^2P_2^2P_3^2= P_1P_2+ P_2P_3+ P_1P_3-2P_1P_2P_3$

При получении конечного результата использовался закон поглощения: $P_1^2=P_1$; $P_2^2=P_2$; $P_3^2=P_3$.

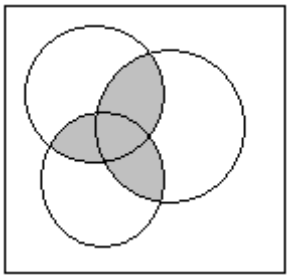
Пример 6.1. Изобразите на диаграмме Венна конечное событие для трех случаев: один из трех, два из трех, три из трех

1 из 3-х



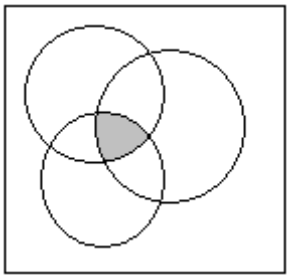
$Ps= P_1+P_2+P_3-P_1P_2-P_1P_3-P_2P_3+P_1P_2P_3$

2 из 3-х



$Ps= P_1P_2+ P_1P_3+P_2P_3 - -2P_1P_2P_3$

3 из 3-х



$Ps= P_1P_2P_3$