Надеждност на газоснабдителни системи

5. Теория за определяне на надеждността

5. Теория за определяне на надеждността

- Определянето на надеждността е процес на изчисляване на очакваните надеждност, наличност, поддръжка и устойчивост, както и определянето на степените на повреда на компонентите на системата;
- Осигурява количествено измерване на това колко близо предложеният проектен модел удовлетворява целите на проекта и позволява да бъде направено сравнение между различни вариантни решения
- Определянето на надеждността:
  - Дава ранни индикации за потенциала на системата да удовлетвори изискванията за проектната надеждност
  - Улеснява оценката на разходите по време на експлоатационния живот
  - Улеснява установяването кои компоненти в проекта допринасят за основната част на надеждността
  - Улеснява извършването на тестови изпитания за постигане на желана надеждност

5. Теория за определяне на надеждността

- Основната част в определянето на надеждността е определянето на относителната надеждност на модулите, така че да се направи разпределение;
- Определянето също допуска сравнение на надеждността между различни проекти решения. Точността на определените стойности на надеждността зависи от:
  - Отношението на степента на повреда и фактори на околната среда
  - Точност на математическия модел
  - Отсъствието на брутно претоварване при действие
  - Допустимост на проекта спрямо отклонението на параметрите на компонентите

5. Теория на вероятностите

- Основни правила на вероятностите
- 1) Правило за умножение
- Ако две или повече събития могат да се случат едновременно и техните вероятности за случване са известни, вероятността за едновременност е произведението от индивидуалните вероятности
  - Ако имаме А и В събития, които се случват едновременно

$$P_{ab} = P_a \, . \, P_b$$

  - Най-общо:

$$P_{an} = P_a \, . \, P_b \, ...P_n$$

5. Теория на вероятностите

- Основни правила на вероятностите
- 2) Правило за добавяне
  - Ако имаме A и B събития вероятността или A, или B, или и двете да се случат

$$P_{(a\ или\ b)} = P_a + P_b - P_a . P_b$$

  - Ако $P_a + P_b < P_a . P_b$, се получава:

$$P_{(a\ или\ b)} = 1 - (1 - P_a).(1 - P_b)$$

  - За n събития:

$$P_{an} = 1 - (1 - P_a).(1 - P_b).........(1 - P_n)$$

5. Теория на вероятностите

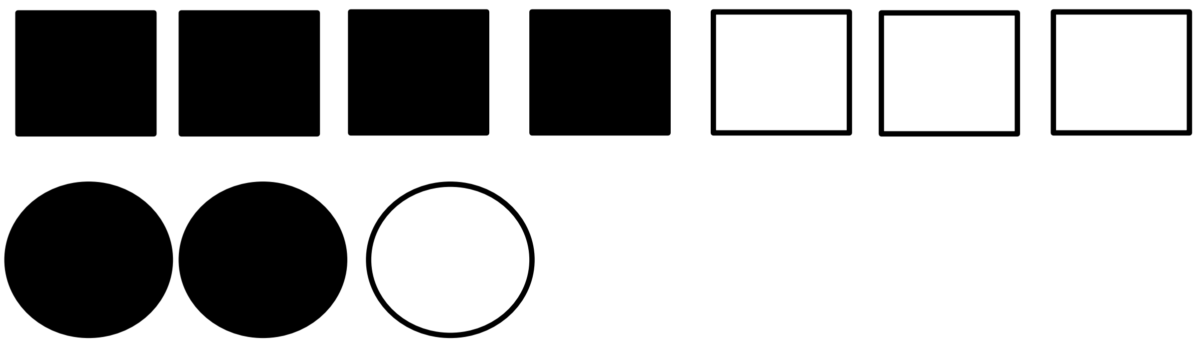
- Основни правила на вероятностите
- 3) Биномиална теорема
  - Горните две правила се комбинират в Биномиална теорема:

$$p^n, n.p^{(n-1)}q, \frac{n.(n-1).p^{(n-2)}q^2}{2!}, \ldots\ldots\ldots\ldots, q^n$$

  - Пример: От колода карти се изтегля произволна, напр. купа, след това се теглят още карти. Вероятността за купа се бележи с p, а вероятността за друга карта с q:
  - Вероятност от 2 купи: p^2
  - Вероятност от 1 купа: 2pq
  - Вероятност от 0 купи: q^2

5. Теория на вероятностите

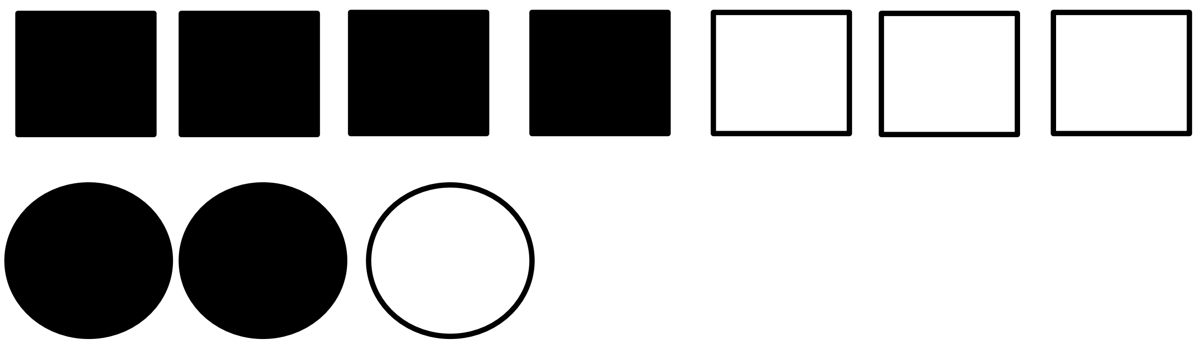
- Основни правила на вероятностите
- 4) Теорема на Бейс
  - Маргиналната вероятност на събитие е простата вероятност



  - Пример: Имаме 7 куба и 3 сфери в кутии
  - Маргиналната вероятност за изтегляне на куб е 0,7
  - За да се представи концепцията 4 куба са черни, а три бели; две сфери са черни и една бяла

5. Теория на вероятностите

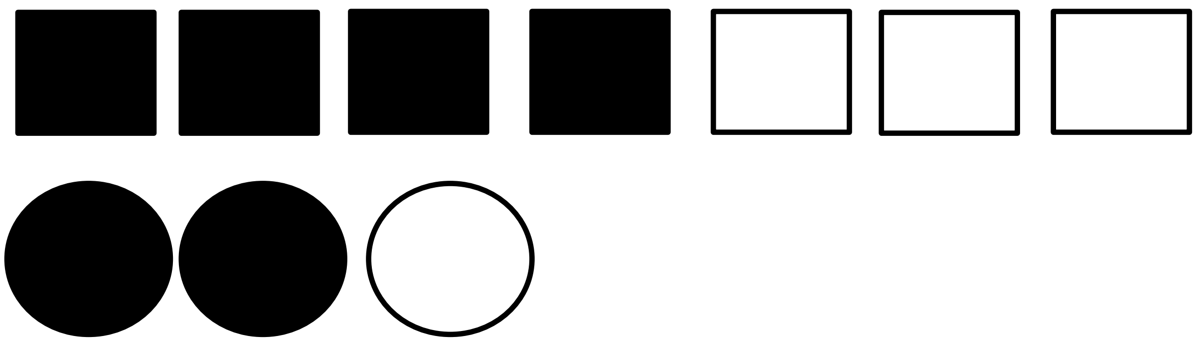
- Основни правила на вероятностите
- 4) Теорема на Бейс



- Вероятността за черен предмет при положение, че се оказва, че е куб е условна вероятност: 4/7 и се игнорира вероятността да е сфера
- Аналогично: Вероятността за черен предмет при положение, че се оказва сфера е 2/3

5. Теория на вероятностите

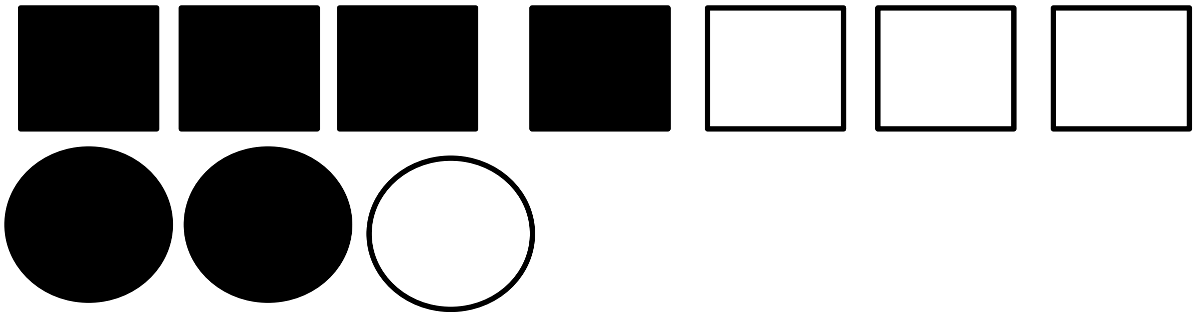
- Основни правила на вероятностите
- 4) Теорема на Бейс



- От друга страна вероятността за изваждане на черна сфера е обединената вероятност: 2/10
- Сравнявайки обединената и условната вероятност, условната вероятност за изтегляне на черен предмет, който е даден, че е сфера е обединената вероятност за изтегляне на черна сфера (2/10), разделено на вероятността за изтегляне на каква и да е сфера (3/10)

5. Теория на вероятностите

- Основни правила на вероятностите
- 4) Теорема на Бейс



$$P_{b/s} = \frac{P_{bs}}{P_s}$$, при дадено:

$P_{b/s}$ - условна вероятност за изтегляне на черен предмет, който е даден, че е сфера

P_s - проста/маргинална вероятност за изтегляне на сфера

P_{bs} - обединена вероятност за изтегляне на предмет, който е и черен, и сфера

5. Теория на вероятностите

- Основни правила на вероятностите
- 4) Теорема на Бейс
- Нека разгледаме вероятността за изтегляне на черна сфера (Pbs) и вероятността за изтегляне на бяла сфера (Pws):

$$P_s = P_{b/s}\,.P_b + P_{s/w}\,.P_w$$

- Или най-общо:

$$P_x = P_{x/a}\,.P_a + P_{x/b}\,.P_b + \dots\dots\dots + P_{x/n}\,.P_n$$

5. Теория на вероятностите

- Надеждност на серийна система
- В случай, когато повреда на елемент причинява повреда на цялата система

$$R_{ab} = R_a \,.\, R_b$$

- Най-общо:

$$R_{an} = R_a \,.\, R_b \,.........\, R_n$$

- При постоянна степен на повреда:

$$R_a = e^{-\lambda_a . t}$$

$$R_{n]} = exp[-(\lambda_a + \lambda_b + ... + \lambda_n).t]$$

5. Теория на вероятностите

- Надеждност на серийна система

$$R_n = exp[-(\lambda_a + \lambda_b + ... + \lambda_n).t]$$

- Системата също има константна степен на повреда, чиято надеждност има вида:

$$e^{-k.T}$$

, където k е сумата от индивидуалните степени на повреда.

Сумирането на степените на повреда предполага, че всяка единична повреда пречинява повреда и на системата. В този случай имаме най-лошич възможен случай за една система.

5. Теория на вероятностите

- Надеждност на серийна система
  - Пример: Два клапана имат $\lambda = 7.10^{-6}\, h$ при затваряне. Търсим надеждността за 1 година (8760 h)

$$\lambda_{система} = \lambda_a + \lambda_b = 14.10^{-6}\, h$$

$$\lambda_t = 8760.14.10^{-6} = 0{,}1226$$

$$R_{система} = e^{-\lambda.t} = 0{,}885$$

5. Теория на вероятностите

- Надеждност на система с дублирани елементи
  - Дублирани елементи без поправка; счита се, че повреденият елемент остава повреден, докато не се повреди цялата система
  - Пример: 2 клапана последователни, случай на свръхналягане.
  - Нямаме серийна надеждност, тъй като и двата трябва да не отворят, за да се случи повреда. В този случай се прилага паралелна диаграма на надеждност, тъй като и двата клапана действат паралелно. Използваме правилото за добавяне:

$$R_{система} = 1 - (1 - R_a).(1 - R_b) = R_a + R_b - R_a.R_b$$

5. Теория на вероятностите

- Надеждност на система с дублирани елементи
  - Пример: Степен на повреда при отказ за отваряне:

$$\lambda = 3.10^{-6}\, h$$

$$R_a = R_b = e^{-\lambda t}$$

$$\lambda . t = 3.10^{-6}.8760 = 0,026$$

$$e^{-\lambda t} = 0,974$$

$$R_{система} = 1 - 0,026^2 = 0,999$$

  - Ако има N елемента в тази конфигурация с дублиране на елементи, така че всички могат да аварират без един:

$$R_{система} = 1-(1-R_a).(1-R_b).......(1-R_n)$$

5. Теория на вероятностите

- Надеждност на система с дублирани елементи

$$R_{система} = 1 - (1 - R_a).(1 - R_b).......(1 - R_n)$$

$$R_s = 2.e^{-\lambda t} - 2^{-2\lambda t}$$

$$MTBF = \int_0^\infty R(t)dt = \int_0^\infty (2e^{-\lambda t} - e^{-2\lambda t}) = \frac{2}{\lambda} - \frac{1}{2\lambda} = \frac{3}{2\lambda} = \frac{3\theta}{2}$$

Последното заместване е коректно, тъй като степента на повреда е константна

5. Теория на вероятностите

- Частично активно дублиране (без поправка)
- Три единични елементи с надеждност R
- R+Q=1 (Q-вероятност за повреда)
- Биномиалният израз $(R+Q)^3$
  - R^3, $3.R^2.Q$, $3R.Q^2$, Q^3
  - R^3, $3.R^2.(1-R)$, $3.R.(1-R)^2$, $(1-R)^3$
  - $1-(1-R)^3$
  - В много случаи на дублиране на елементите броят им, който се допуска да аварира е по-малък, отколкото при пълно дублиране
  - В случая на пълно дублиране с 3 елементи се иска само да функционира, докато частично дублиране ще има, ако 2 елемента са необходими и само един се допуска да аварира

5. Теория на вероятностите

- Частично активно дублиране (без поправка)
- Прилагайки биномиалният израз:

$$R_{система} = R^3 + 3R^2(1-R) = 3R^2 - 2R^3$$

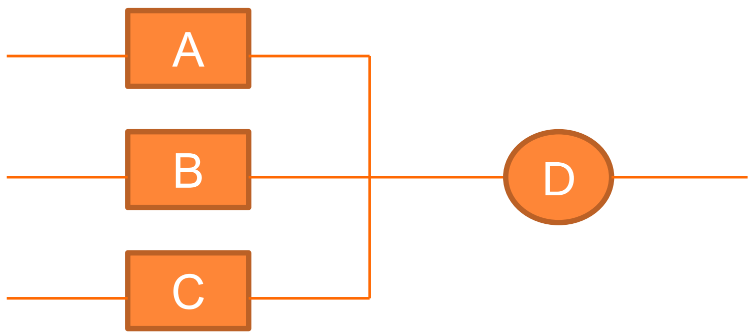
- Най-общо: Ако r елемента се повредят от n, тогава надеждността се дава като сумата от първите r+1 члена на биномиалното разпределение $(R+Q)^n$

$$R = R^n + n.R^{n-1}.(1-R) + \frac{n.(n-1)R^{n-2}(1-R)^2}{2!} + ... +$$

$$+ \frac{n(n-1)........(n-r+1).R^{n-1}(1-R)^r}{r!}$$

5. Теория на вероятностите

- Условно активни дублиращи елементи



- 3 идентични елемента с надеждност R
- Частично дублиране – 1 елемент може да аварира, но не повече
- Пълно дублиране – 2 елемента могат да аварират

5. Теория на вероятностите

- Условно активни дублиращи елементи

$$R_{система} = P_{дадено\,A}.P_A + R_{дадено\,B}.P_B + ... + R_{дадено\,N}.P_N$$

- A и N са взаимно изключващи се и:

$$\sum_{i=A}^{i=N} P_i = 1$$

- Решение:

$$R_{система} = R_{система;\,в\,събитие\,на\,повреда\,2\,ел.\,аварират\,по\,същия\,начин}.P_{аварират\,по\,същия\,начин} +$$

$$+R_{система;\,в\,събитие\,на\,повреда\,2\,ел.\,аварират\,по\,разл\,начин}.P_{аварират\,по\,разл.начин}$$

$$R_s = [R^3 + 3.R^2.(1-R)]P_A + [1-(1-R)^3]P_B$$

5. Теория на вероятностите

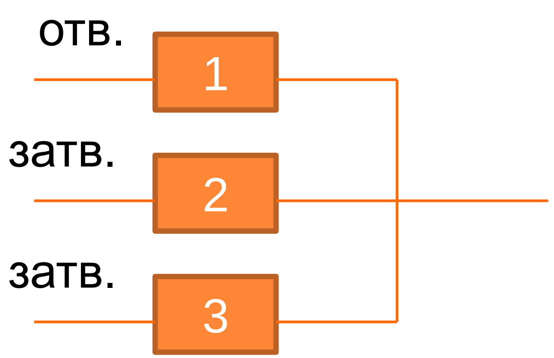
- Условно активни дублиращи елементи
  - Вероятността и за двата вида повреди е една и съща:

$$P_A = P_B$$

$$R_s = (R^3 + 3.R^2 - 3.R^3 + 1 - 1 + 3.R - 3.R^2 + R^3)/2 = \frac{3.R - R^3}{2}$$

5. Теория на вероятностите

- Дублиране в режим на готовност



- Този вид дублиране включва допълнителни елементи, които се активират, само когато действащ елемент аварира.
- Този вид действие е по-добро в сравнение с активно дублиране, тъй като елементите в режим на готовност оперират по-кратко време

5. Теория на вероятностите

- Дублиране в режим на готовност
- Валидни са следните предпоставки
  - При авариране на елемент става превключване към друг (който е бил в режим на готовност)
  - Счита се че няма други повреди
  - Елементите в режим на готовност се считат, че имат идентични, постоянни степени на повреда с основния елемент
  - Счита се, че елементите в режим на готовност не се повреждат
  - Няма дейности по поправка на повредения елемент
  - В този случай е валидно Поасоново разпределение

5. Теория на вероятностите

- Дублиране в режим на готовност

$$R_{система} = R(t) = e^{-\lambda t}.(1 + \lambda t + \frac{\lambda^2.t^2}{2!} + ... + \frac{\lambda^{(n-1)}.t^{(n-1)}}{(n-1)!})$$

- За два елемента:

$$R_{система} = R(t) = e^{-\lambda t}.(1 + \lambda t)$$