Федеральное агентство по образованию РФ

ГОУ ВПО "Российский химико-технологический университет

им. Д.И. Менделеева"

Новомосковский институт (филиал)

Кафедра "ВТИТ"

Предмет "Надежность, эргономика, качество"

Расчетное задание

"РАСЧЕТ СТРУКТУРНОЙ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ"

Вариант № 39

Студент: Голубков Д.С.

Группа: АС-05-2

Преподаватель: Прохоров В.С.

Новомосковск, 2009 год

## Исходные данные

По структурной схеме надежности технической системы в соответствии с вариантом задания, требуемому значению вероятности безотказной работы системы и значениям интенсивностей отказов ее элементов (табл.6.1) требуется:



1. Построить график изменения вероятности безотказной работы системы от времени наработки в диапазоне снижения вероятности до уровня 0.1 - 0.2.

2. Определить - процентную наработку технической системы.



3. Обеспечить увеличение - процентной наработки не менее, чем в 1.5 раза за счет:



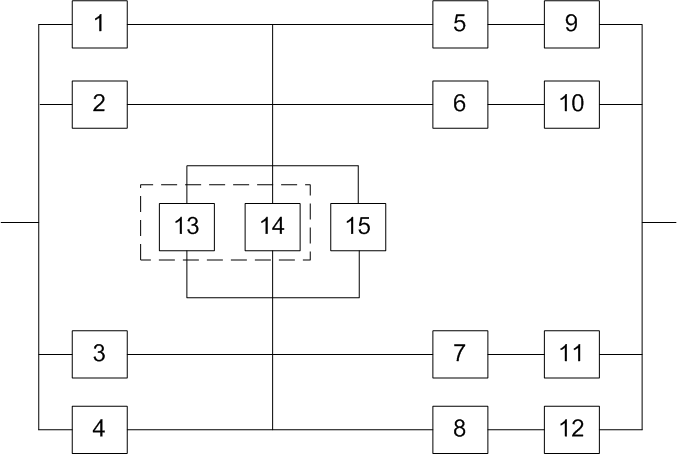
а) повышения надежности элементов;

б) структурного резервирования элементов системы.

Все элементы системы работают в режиме нормальной эксплуатации (простейший поток отказов). Резервирование отдельных элементов или групп элементов осуществляется идентичными по надежности резервными элементами или группами элементов. Переключатели при резервировании считаются идеальными.

На схемах обведенные пунктиром m элементов являются функционально необходимыми из n параллельных ветвей.

Вариант 39



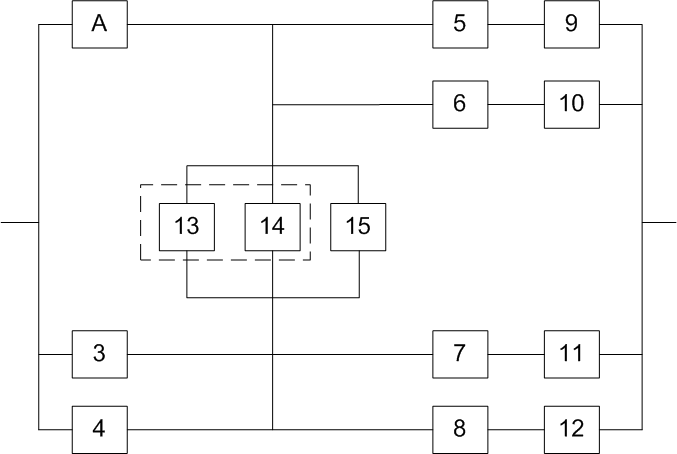
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | , | Интенсивности отказов элементов, , x10-6 1/ч | | | | | | | | | | | | | | |
| вар. | % | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 39 | 90 | 8.0 | | | | 3.0 | | | | 5.0 | | | | 2.0 | | |

Выполнение

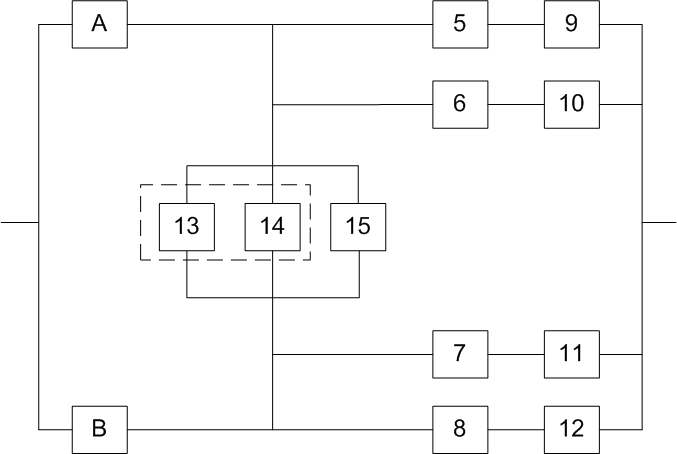
1. В исходной схеме элементы 2 и 3 образуют параллельное соединение. Заменяем их квазиэлементом А. Учитывая, что , получим



.



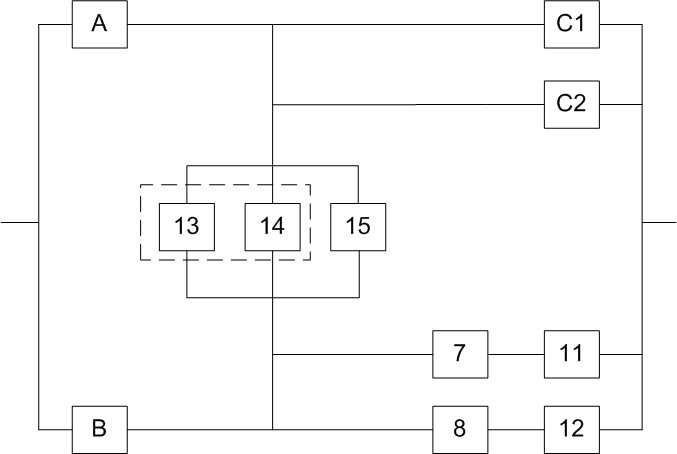
2. Элементы 3 и 4 также образуют параллельное соединение, заменив которое элементом В и учитывая, что, получим



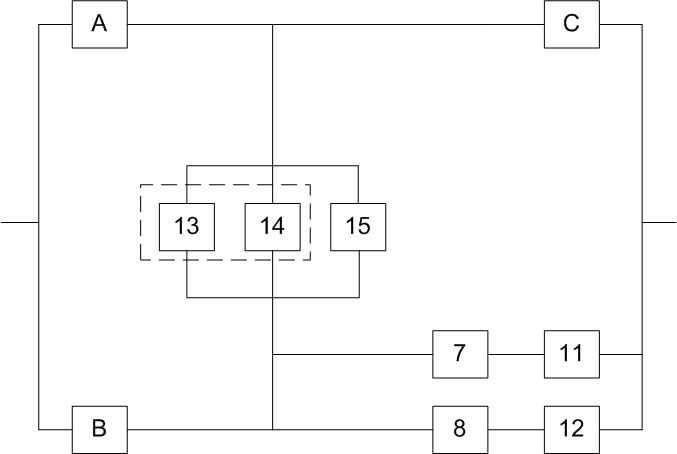
3. Элементы 5 и 9 исходной схеме соединены последовательно. Заменяем их элементом С1 .



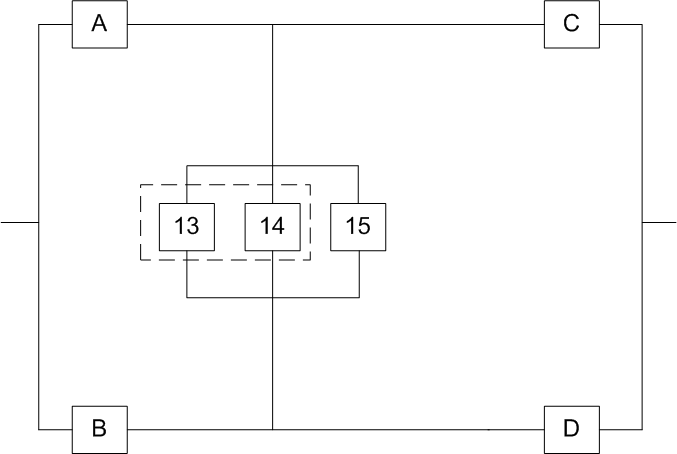
4. Элементы 6 и 10 исходной схеме соединены последовательно. Заменяем их элементом С2 .



5. Элементы С1 и С2 с параллельным соединением заменяем элементом С, причем, так как , то



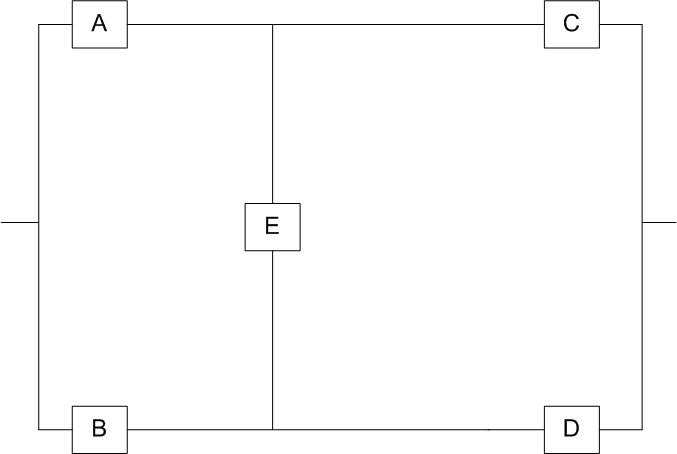
6. Так как, то заменяем элементы 7, 8, 11, 12 элементом D, равным элементу С.



7. Элементы 13, 14 и 15 образуют соединение “2 из 3”, которое заменяем элементом E. Так как, то для определения вероятности безотказной работы элемента E можно воспользоваться методом прямого перебора:



|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № состояния | Состояние элемента | | | Состояние  системы | Вероят. состояния системы |
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | + | + | + | + |  |
| 2 | + | + | - | + |  |
| 3 | + | - | + |
| 4 | - | + | + |
| 5 | + | - | - |  |  |
| 6 | - | + | - |
| 7 | - | - | + |
| 8 | - | - | - | - |  |

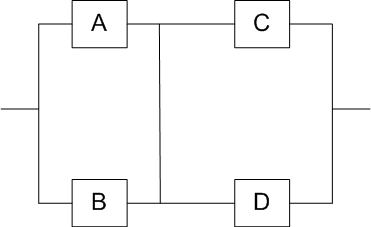


8. Элементы A, B, C, D и Е образуют мостиковую систему, которую можно заменить квазиэлементом G. Для расчета вероятности безотказной работы воспользуемся методом разложения относительно особого элемента, в качестве которого выберем элемент E. Тогда

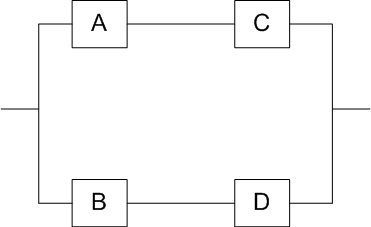
(7.7)



где - вероятность безотказной работы мостиковой схемы при абсолютно надежном элементе E:



- вероятность безотказной работы мостиковой схемы при отказавшем элементе E:.



9. Таблица 1.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Элемент | i, | Наработка t, x 106 ч |  |  |  |  |  |  |
|  | x10-6 ч-1 | 0,01 | 0,03 | 0,05 | 0,07 | 0,09 | 0,11 | 0,13 |
| 1,2,3,4 | 8 | 0,923116347 | 0,78662786 | 0,67032 | 0,57121 | 0,48675 | 0,41478 | 0,35345 |
| 5,6,7,8 | 3 | 0,970445534 | 0,91393119 | 0,86071 | 0,81058 | 0,76338 | 0,71892 | 0,67706 |
| 9,10,11,12 | 5 | 0,951229425 | 0,86070798 | 0,7788 | 0,70469 | 0,63763 | 0,57695 | 0,52205 |
| 13,14,15 | 2 | 0,980198674 | 0,94176453 | 0,90484 | 0,86936 | 0,83527 | 0,80252 | 0,77105 |
| A, B | - | 0,994088904 | 0,95447233 | 0,89131 | 0,81614 | 0,73658 | 0,65752 | 0,58198 |
| C1, С2 | - | 0,923116347 | 0,78662786 | 0,67032 | 0,57121 | 0,48675 | 0,41478 | 0,35345 |
| C,D | - | 0,994088904 | 0,95447233 | 0,89131 | 0,81614 | 0,73658 | 0,65752 | 0,58198 |
| E | - | 0,99883925 | 0,99022089 | 0,97456 | 0,95326 | 0,92753 | 0,89841 | 0,86675 |
| P | - | 0,999930039 | 0,99582183 | 0,97604 | 0,93143 | 0,86058 | 0,76887 | 0,66528 |
| 1-4` | 5,267 | 0,94869303 | 0,85384124 | 0,76847 | 0,69164 | 0,62249 | 0,56025 | 0,50424 |
| 5-12` | 2,634 | 0,974003872 | 0,92402144 | 0,8766 | 0,83162 | 0,78894 | 0,74846 | 0,71005 |
| P` | - | 0,999986125 | 0,99907896 | 0,99413 | 0,98131 | 0,95763 | 0,92166 | 0,87367 |
| A``,B``,C``,D`` |  | 0,999965059 | 0,99792723 | 0,98819 | 0,96619 | 0,93061 | 0,88271 | 0,82526 |
| P`` |  | 0,999999792 | 0,99990038 | 0,99854 | 0,99234 | 0,97561 | 0,94263 | 0,89007 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Элемент |  |  |  |  |  |  |  | T и P | T, P`, P`` |
|  | 0,15 | 0,17 | 0, 19 | 0,21 | 0,23 | 0,25 | 0,27 | 0,07973804 | 0,11960706 |
| 1,2,3,4 | 0,30119 | 0,25666 | 0,21871189 | 0,18637 | 0,15881743 | 0,135335286 | 0,115325124 | 0,528398622 | 0,384098415 |
| 5,6,7,8 | 0,63763 | 0,6005 | 0,565525442 | 0,53259 | 0,50157607 | 0,472366556 | 0,44485807 | 0,787246301 | 0,698499248 |
| 9,10,11,12 | 0,47237 | 0,42741 | 0,386741027 | 0,34994 | 0,31663677 | 0,286504801 | 0,259240264 | 0,671198609 | 0,54989095 |
| 13,14,15 | 0,74082 | 0,71177 | 0,683861412 | 0,65705 | 0,63128365 | 0,606530663 | 0,582748256 | 0,852590363 | 0,787246301 |
| A, B | 0,51167 | 0,44745 | 0,38958889 | 0,33801 | 0,29241188 | 0,252354932 | 0,217350363 | 0,777592141 | 0,620665238 |
| C1, С2 | 0,30119 | 0,25666 | 0,21871189 | 0,18637 | 0,15881743 | 0,135335286 | 0,115325124 | 0,528398622 | 0,384098415 |
| C,D | 0,51167 | 0,44745 | 0,38958889 | 0,33801 | 0,29241188 | 0,252354932 | 0,217350363 | 0,777592141 | 0,620665238 |
| E | 0,8333 | 0,79866 | 0,763361241 | 0,72782 | 0,69240002 | 0,657378008 | 0,622989184 | 0,941217502 | 0,883467816 |
| P | 0,55912 | 0,45797 | 0,36686319 | 0,28833 | 0,22298245 | 0,170111991 | 0,128305675 | 0,900000031 | 0,719996796 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1-4` | 0,45382 | 0,40845 | 0,367610991 | 0,33086 | 0,29777712 | 0,268004908 | 0,241209366 | 0,657059795 | 0,532607577 |
| 5-12` | 0,67361 | 0,63905 | 0,606251723 | 0,57514 | 0,54562683 | 0,517627197 | 0,491064403 | 0,810559933 | 0,72975604 |
| P` | 0,81533 | 0,74925 | 0,678456118 | 0,60595 | 0,53436478 | 0,46583755 | 0,401900718 | 0,971261919 | 0,900037955 |
| A``,B``,C``,D`` | 0,76153 | 0,69468 | 0,627398277 | 0,56177 | 0,49931906 | 0,441026853 | 0,387459546 | 0,950534744 | 0,856105138 |
| P`` | 0,81835 | 0,73158 | 0,636087979 | 0,53872 | 0,4454249 | 0,360448125 | 0,286218627 | 0,985888039 | 0,919896102 |



10. График 1

P-вероятность безотказной работы исходной системы

P` - вероятность безотказной работы системы с повышенной надежностью

P`` - вероятность безотказной работы системы со структурным резервированием

По графику находим время, где вероятность безотказной работы исходной системы равна 90%, это 79738,04 ч.

11. Расчет показывает (таблица 1), что наименьшее значение вероятности безотказной работы имеют элементы A,B,C,D. Поэтому увеличение надежности работы этих элементов даст наибольшие увеличение надежности всей системы в целом.

Для того чтобы система при ч система в целом имела вероятность безотказной работы , необходимо, чтобы элементы A,B,C,D имели вероятность безотказной работы найденную из формулы.



Т. к. ,



то , решив данное уравнение в Excel получим.



= 0,781502



A,B,C,D являются квазиэлементами, найдем вероятности элементов:



Т. к. в уравнении появились 2 неизвестные, и будем считать равными.



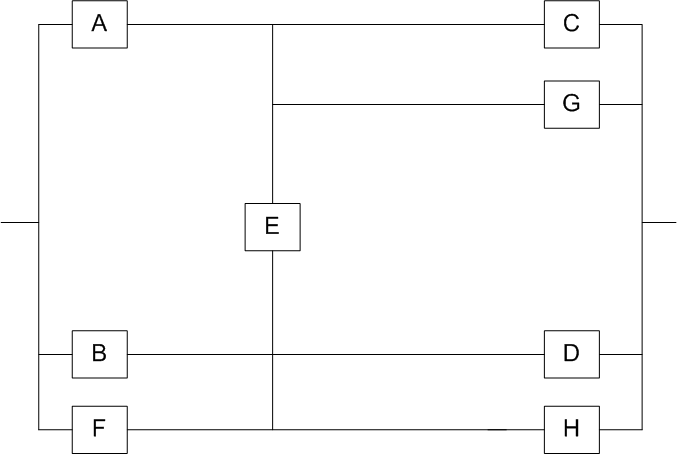
Т. к. по условию все элементы работают в периоде нормальной эксплуатации и подчиняются экспотенциальному закону, то

λ1-4=5,267

λ5-12=2,634

Для увеличения γ-% наработки, необходимо снизить интенсивность отказов элементов 1, 2, 3, 4 в 1,519 раза, элементов 5,6,7,8 в 1,139 раза, элементов 9, 10, 11, 12 в 1,898 раза.

12. Увелим вероятность безотказа исходной системы методом структурного резервирования, выбирая те же элементы, что и в предыдущем случае. Для повышения надежности, добавляем следующие элементы:



Где элементы A,B,C,D,F,G,H равны.

Вновь упростив схему до мостиковой, и подставив в формулу



новые значения, посчитаем с помощью Excel γ-% наработку, при заданном времени.

Из Таблицы 1 видно, что при 119607,06 часах работы, вероятость безотказной работы будет равна ≈ 92%, что нас устраивает.

Таким образом образом для увеличения надежности системы, нужно ввести следующие элементы:



1=2=3=4=20=21

5=6=16=18=7=8=22=24

9=10=17=19=11=12=23=25

13=14=15

Анализ зависимостей вероятностей безотказной работы показал, что способ структурного резервирования предпочтительнее, т.к в период наработки до 119607,06 часов вероятность безотказной работы системы при структурном резервировании выше, чем при увеличении надежности элементов. С точки зрения технической реализации системы, метод структурного резервирования также предпочтительнее, т.к не всегда технически возможно увеличить надежность элемента.