

Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Факультет комп'ютерних наук та кібернетики
Кафедра моделювання складних систем

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня магістра
за спеціальністю 113 «Прикладна математика»

на тему:

**Розробка ймовірнісної моделі складної системи безпеки
торговельно-розважального комплексу (ТРЦ)**

студента 2 курсу
Білана Максима Олександровича

Науковий керівник:
д.т.н., доцент
Бегун. В.В.

Робота заслухана на засіданні кафедри моделювання складних систем та
рекомендована до захисту, протокол № 10 від 08 травня 2020 р.

Завідувач кафедри МСС
канд. фіз.-мат. наук, доцент

Дмитро ЧЕРНІЙ

Київ – 2021

Вступ.....	3
Розділ 1. Дослідження об'єкту	4
1.1 Постановка задачі.....	6
1.2 Обґрунтування вибору й побудови моделі для об'єкта дослідження.	6
1.3 Аналіз проектних систем захисту	9
1.4 Аналіз впливу людського фактору.....	10
1.5 Визначення базисних, складних та небажаної події відмов системи безпеки торговельно-розважального центру.....	11
1.6 Визначення критеріїв значимості. Чутливість	22
Розділ 2. Практична частина	23
2.1 Програмна реалізація побудови дерева відмов.....	23
2.2 Визначення числових значень ймовірностей базисних подій в дереві відмов.....	27
2.3 Таблиця мінімальних перерізів та значимості	28
2.4 Результати чисельного експерименту.....	31
2.5 Рекомендації	32
Висновки	33
Література	34
Додаток 1. Таблиця мінімальних перерізів	35

Вступ

У сучасному світі є чимало новітніх розробок й сама інфраструктура не стоїть на місці також. Кожного дня винаходять нові препарати в медицині, різноманітні механізми, програми і багато різноманітних речей для як повсякденного життя, так і для покращення умов робочої сфери діяльності.

Відповідно для втілення таких новинок у життя, вони насамперед мають бути безпечними для як навколишнього світу, так і для людини. Тому при втіленні їх у життя необхідно вкрай точно розрахувати всі можливі ризики, які будуть виникати при використанні таких новинок.

Таким чином, дуже важливою галуззю, яка відіграє значну роль в розробці, зміні й формуванні інфраструктури є системи безпеки.

Системи безпеки є різного плану: від охоронних систем до систем протипожежного захисту. Про останні і буде розказано в даній роботі.

Чому потрібно проводити розрахунок ризиків, а дипломна робота є актуальною?

Переглянувши новини за 2020 рік було знайдено чимало випадків порушення правил протипожежної безпеки у ТРЦ, або простого їх недотримання, а як результат – смерті людей і каліцтво невинних.

Наприклад, у Кемерівському ТЦ «Зимова вишня», 01.08.2020, через відсутність системи сповіщення про пожежу і закриті евакуаційні виходи, померли 60 людей і більше сотні поранених.

У відомому ТЦ Харкова «Барабашово», 28.11.2020, рятувальники гасили пожежу, що охопила більше 1000 кв.м. На щастя пожежа сталася вночі, коли людей не було на території, тому жертв не було, але багато людей втратили чимало прибутку, оскільки 25 зі 110 павільйонів згоріли. Але охоронна служба помітила полум'я занадто пізно: коли уже горіло близько двох десятків павільйонів.

І це лише два з багатьох випадків, котрі трапляються дуже часто, але які уже є досить вагомими для покращення систем протипожежної безпеки, тому що існує ціла низка небезпек після виникнення пожежі:

- Уламки і частини зруйнованих елементів споруд і будівель, технологічного обладнання та іншого майна;
- Хімічні, радіоактивні та отруйні речовини, що потрапили в повітря при руйнуванні промислових установок;
- Електрична напруга, передане в результаті горіння на струмопровідні елементи установок, обладнання і конструкційних елементів;
- Вибухи газоподібних і рідких речовин в результаті впливу на них відкритого вогню;
- Негативний вплив гасячих речовин;
- Чадний газ, який є невидимим для ока, але надзвичайно отруйним.
- Підвищена температура, яка залишає не тільки опіки шкіри, але і загрожує очам, дихальним шляхам.

Перелічені вище чинники становлять загрозу не тільки для здоров'я людини, але також і її життя.

Тому актуальність роботи є досить великою і на сьогоднішній день, оскільки кожна система протипожежного захисту не ідеальна, а значить може бути оптимізована або покращена, щоб сприяти суттєвому зниженню можливості виникнення катастрофи.

За основу даної роботи взята побудова моделі складної системи протипожежного захисту для торговельно-розважального комплексу та її аналіз, використовуючи програму SAPHIRE.

Об'єктом дослідження є модель системи протипожежної безпеки торговельно-розважального комплексу.

При дослідженні і вивченні об'єкта було розглянуто базові й складні небезпечні події, поява яких може призвести до небажаного результату, тобто пожежі.

Алгоритм дослідження об'єкту наступний:

- Визначити та коротко характеризувати небажану подію, яка можлива як підсумок дії чинника;
- Визначити та коротко характеризувати початкову подію, яка обумовлює дію шкідливого чинника;
- Визначити базисні (незалежні) події, які можуть впливати на процес дії чинника за час від початкової події до небажаної події;
- Визначити чинники та обставини, які можуть впливати на хід подій за час від початкової до небажаної події;
- Оцінити зв'язок подій, чинників та обставин за час від початкової події до небажаної події;
- Визначити можливі заходи та засоби запобігання дії шкідливого або небезпечного чинника;
- Визначити можливе втручання людини в процес та можливі помилки при цьому;
- Зробити оцінку імовірностей наведених подій;
- Побудувати дерево відмов (подій) та визначити ступінь ризику під час дії чинника та можливі шляхи запобігання небажаній події.

Розділ 1

Вибір типу моделі алгоритму аналізу

1.1 Постановка задачі

- Дослідження складної системи (об'єкт) – торговельно-розважального комплексу:
 - Обґрунтування вибору моделі дерева відмов;
 - Аналіз проектних систем захисту;
 - Аналіз впливу людського фактору на систему;
 - Визначення базисних, складних та небажаних подій моделі (дерева відмов) системи безпеки торговельно-розважального центру.
Дослідити вплив базисних подій на небажану.
- Побудова дерева відмов з усіма логічними зв'язками на основі вивчення об'єкту моделювання.
- Розрахунок ймовірності складних та небажаної подій, мінімальних перерізів, чутливості, а також побудова графіків логічної залежності подій на основі використання програми SAPHIRE.
- Зробити висновки з побудованої моделі і згенерувати поради щодо усунення можливих проблем зв'язаних з виникненням і можливим запобіганням пожежі в торговельно-розважальних комплексах.

1.2 Обґрунтування вибору й побудови моделі для об'єкта дослідження.

За основу роботи було взято модель дерева відмов, тому спочатку потрібно визначити чим саме є таке дерево відмов.

Дерево відмов (або сукупність ДВ та дерев подій) являє собою графічну структуру, яка називається імовірнісною структурно-логічною моделлю об'єкта (ІСЛМ).

Будь-який елемент класу \check{R} (модельна реалізація ризику) є результатом комбінації подій – деякою булевою функцією $F(x_i)$ елементів множин базисних подій: M_1, M_2, M_3 , де M_1 - множина можливих відмов обладнання, M_2 -

множина можливих помилок персоналу, M_3 - множина інших несприятливих факторів та обставин.

Для кожної системи безпеки S_{ij} будується дерево відмов (ДВ) (з врахуванням ЛЧ формується булевий вираз, отримання множини мінімальних перерізів (МП), проводиться аналіз важливості).

Проводиться попередня підготовка на основі визначення ймовірнісних характеристик базисних подій - даних відмов обладнання і помилок персоналу, врахування ресурсу й ін.

Методом побудови дерева відмов є подання умов, що існують в системі і які, у свою чергу, можуть призвести до поломки всієї системи в цілому. Дерево дозволяє в явному вигляді виявляти слабкі місця системи. Саме для моделювання і представлення ситуації воно є наочним засобом і обґрунтуванням прийнятих рішень для запобігання небезпек. Також, безумовно, дерево відмов є корисним засобом для дослідження і пошуку можливих розумних, часто компромісних, співвідношень в досліджуваному об'єкті та (або) для аналізу і встановлення ступеня відповідності конструкції об'єкта (пристрою, системи) по заданим представленим вимогам.

Дерево відмов складається з:

- 1) небажана подія – результат відмови системи;
- 2) складні події – результат комбінації базисних подій;
- 3) базисні події – локальні відмови, які можуть призвести до складних подій;
- 4) відповідні операції логічного об'єднання випадкових подій (типу АБО);
- 5) відповідні операції логічного множення випадкових подій (типу І).

До істотних переваг дерева відмов можна віднести ті обставини, аналіз яких обмежується виявленням тільки тих елементів систем і подій, які призводять до відмов або аварій. Щоб визначити, чи відбудеться відмова (врахувати ймовірність відмови), необхідно знайти аварійні поєднання (мінімальні перерізи). А для цього треба провести якісний і кількісний аналіз дерева відмов.

Отже, в структурі дерева відмов є одна небажана подія (аварія, якийсь інцидент і т.п.), яка з'єднується з рядом інших подій(складних, базисних), що призведуть систему до її появи, тобто відмов, помилок, несприятливих зовнішніх впливів.

Нижчі події утворюють причинні (причинно-наслідкові) зв'язки, тобто вони служать елементами в сценаріях аварій.

Для зв'язку між подіями у вузлах дерев використовують знаки І і АБО. Оскільки логічний знак І означає, що подія, яка стоїть вище, виникає при одночасному настанні нижчих подій, то це відповідає перемноженню їх ймовірностей для оцінки ймовірності вищої події. А якщо в дереві використаний знак АБО, то це означає, що вища подія може відбутися внаслідок виникнення навіть одного з нижчих подій.

Перш ніж приступити до побудови дерева відмов, необхідно ретельно вивчити об'єкт (пристрій, систему). Опис об'єкта має бути частиною складеної в ході такого вивчення документації. Якщо передбачаються конкретні цілі аналізу дерева відмов, то в залежності від змісту цих цілей для його побудови використовуються різні методи.

Дерево відмов будується у наступній відповідності зверху вниз:

Спочатку визначається небажана подія, потім проводиться аналіз чинників, які можуть призвести до її появи і знаходяться складні події, після проведення аналізу яких, знаходяться базисні події, які в принципі і є початковими чинниками виникнення тої чи іншої проблеми, що призведе до поломки і виникнення складних подій, яка(або комбінація яких) посприє настанню небажаної події в системі.

Для побудови дерева відмов використовується програма SAPHIRE – програмне забезпечення, створене для побудови і розрахунків даних в моделях шляхом співставлення всіх можливих подій, пошуку всіх доступних сценаріїв і підрахунку мінімальних перерізів за-для знаходження ймовірності настання небажаної події.

1.3 Аналіз проектних систем захисту.

Торговельно-розважальний комплекс – це досить складна структура, якій пов'язано дуже багато чинників для можливого розростання пожежі. В торговельно-розважальних комплексах зазвичай згруповані чимало різних структур, орієнтованих як для покупців, так і для людей, які прийшли просто провести час.

Розглянемо базові складові таких комплексів. У ТРЦ зазвичай присутні: ряд різносторонніх магазинів, наприклад, спорт товари, одяг, аптеки, продуктові магазини, техніка і таке інше. Також часто є розважальна інфраструктура, а саме: фуд корти, кінотеатри, виставки, тощо.

Кожна з цих структур несе певну загрозу для пожежної безпеки всього торговельно-розважального комплексу.

Якщо включати в обіг всі можливі варіанти виникнення пожежі, то майже очевидно, що на кожному кроці дослідження будуть знаходитись багато варіантів її виникнення. Але зазвичай ймовірності настання таких подій є в межах допустимої норми, тобто нівелюються стандартними системами протипожежної безпеки, які за державними стандартами мають бути встановлені в кожній структурі торговельно-розважального комплексу.

Для досконального аналізу об'єкта торговельно-розважального комплексу, потрібно розглянути його систему протипожежної безпеки і її складові, щоб потім побудувати причино-наслідкові зв'язки і як результат устаткувати ієрархію подій при побудові моделі дерева відмов для ТРЦ.

Зазвичай система протипожежної безпеки є комплексною, комбінація включень визначається в залежності від типу будівлі, в яку монтується система захисту. Комплекс системи може включати в себе наступні різновиди:

- Система пожежної сигналізації
- Автоматична / автономна система пожежогасіння
- Система оповіщення про пожежу та управління евакуацією
- Система протидимного захисту

- Система централізованого пожежного спостереження
- Система диспетчеризації СПБ

Саме моделі цих систем безпеки й будуть одними зі складних подій при побудові дерева відмов, оскільки відмова будь-якої із цих складових являє собою можливість появи пожежі.

1.4 Аналіз впливу людського фактору на систему.

Оскільки системи безпеки ще не повністю автоматизовані в нашому суспільстві, то зрозуміло, що одним з факторів виникнення небажаних подій і відмов правильного функціонування систем безпеки є вплив людини на них. Точніше сказати: наявність людського чинника в системах безпеки є однією з подій, що може призвести до виходу з ладу всієї системи.

Дана логіка підкріплюється низкою факторів належності людської причетності до системи безпеки:

- Діагностику системи проводить людина
- Деякі функції в системі виконує людина
- Змінювати як частину, так і повністю систему може людина
- Зв'язок при відмові системи може проводити людина
- Ремонт і використання обладнання може проводити людина
- Персонал зобов'язаний вміти скористатися ручними системами захисту (вогнегасниками) та сповіщення.

Ось чому в кожній системі безпеки потрібно ретельно підбирати кваліфіковані кадри на роботу і постійно проводити навчання співробітників, щоб максимально знизити ймовірність негативного впливу людського фактору на систему й настання небажаної події.

1.5 Визначення базисних, складних та небажаної подій відмов системи безпеки торговельно-розважального центру.

Визначення небажаної події

Тема роботи базується на моделі системи протипожежної безпеки, тому логічно стверджувати, що небажаною подією для моделі буде саме пожежа.

Визначення складних подій

Для знаходження складних подій потрібно проаналізувати систему протипожежної безпеки торговельно-розважального комплексу, щоб знайти всі можливі фактори відмов, що призведуть систему до небажаної події, якщо вийдуть з ладу.

Як уже було сказано вище, одними зі складних подій при побудові дерева відмов будуть події відмови складових компонентів системи протипожежного захисту.

Пожежа просто так не з'являється, тому однією зі складних подій моделі має бути подія «займання».

Також необхідно не забувати про наявність засобів для ручного гасіння полум'я, які за державними стандартами безпеки мають бути в кожній будівлі. Їх застарілість, брак або відсутність також являтиме собою одну зі складних подій, названу «Відмова ручних засобів гасіння».

Таким чином, був отриманий список складних подій відмов для можливого спричинення пожежі у торговельно-розважальному комплексі. Підсумовуючи такий список подій отримаємо наступне:

1. Несправність системи пожежної сигналізації
2. Помилка автоматичної системи пожежогасіння
3. Несправність системи оповіщення про пожежу та управління евакуацією
4. Відмова системи протидимного захисту
5. Відмова системи централізованого пожежного спостереження

6. Відмова системи диспетчеризації СПБ
7. Займання
8. Відмова ручних засобів гасіння

Розглянувши кожен із цих компонент ближче і проаналізувавши їх було отримано наступні висновки.

Несправність системи пожежної сигналізації може бути викликана наступними факторами:

- Несправність локального сповіщення
- Несправність голосового/текстового сповіщення

Помилка автоматичної системи пожежогасіння може бути викликана наступними факторами:

- Несправність пристрою виявлення пожежі
- Відмова системи автоматичного гасіння

Несправність системи оповіщення про пожежу та управління евакуацією може бути викликана наступними факторами:

- Помилка оператора
- Відмова системи оповіщення

Відмова системи протидимного захисту може бути викликана наступними факторами:

- Несправність детекторів диму
- Відмова енергопостачання
- Відмова системи сповіщення

Відмова системи централізованого пожежного спостереження може бути викликана наступними факторами:

- Відмова пульта централізованого спостереження
- Відмова приймально-контрольних приладів
- Неможливість передачі сигналу до пожежної охорони

Відмова системи диспетчеризації системи протипожежної безпеки може бути викликана наступними факторами:

- Помилка диспетчера
- Неможливість зв'язку між диспетчерами

Займання може бути викликане наступними факторами:

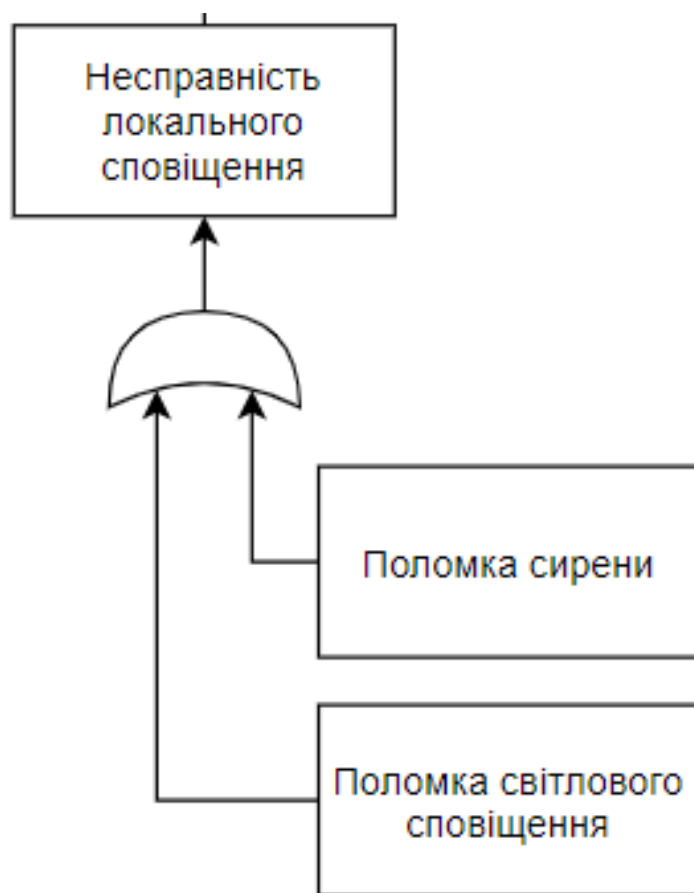
- Наявність джерел займання
- Наявність горючих матеріалів

Визначення базисних подій

Оскільки базисні події – це чинники ймовірності того, що складна подія настане, тому для повного аналізу побудови моделі дерева відмов було розглянуто кожен з вище наведених комплексних складних подій.

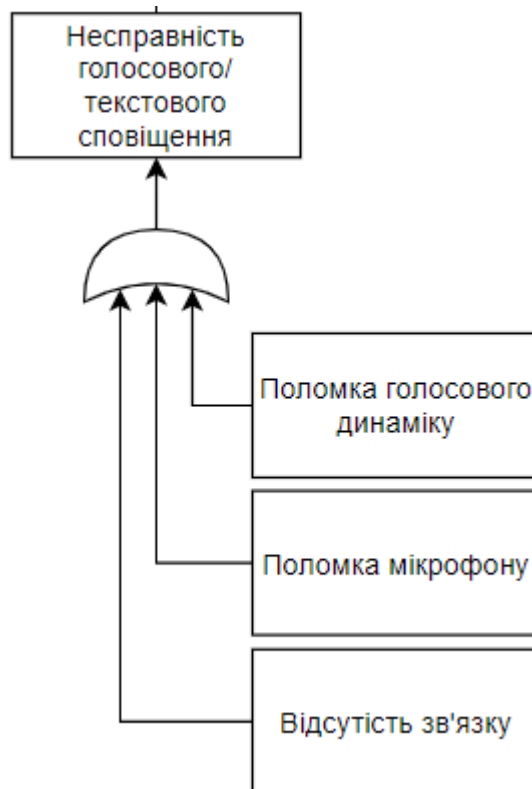
Таким чином, несправність локального сповіщення буде обумовлена наступними локальними чинниками:

- Поломка сирени
- Поломка світлового сповіщення



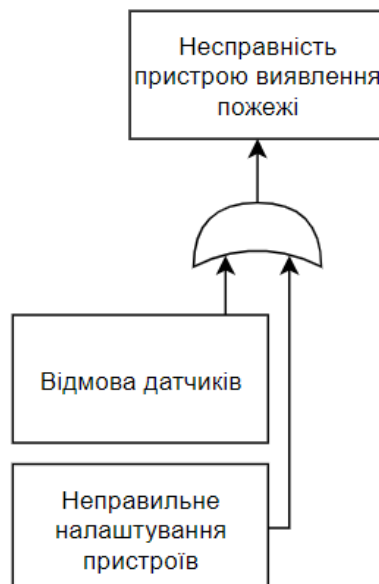
Несправність голосового/текстового сповіщення буде обумовлена наступними локальними чинниками:

- Поломка голосового динаміку
- Поломка мікрофону
- Відсутність зв'язку



Несправність пристрою виявлення пожежі буде обумовлена наступними локальними чинниками:

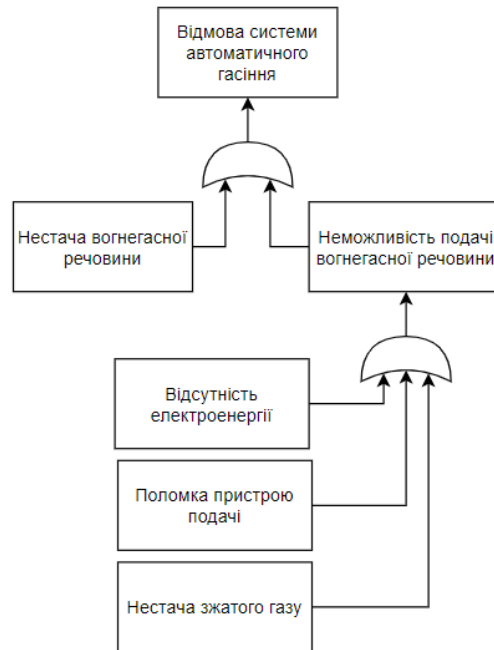
- Відмова датчиків



- Неправильне налаштування пристроїв

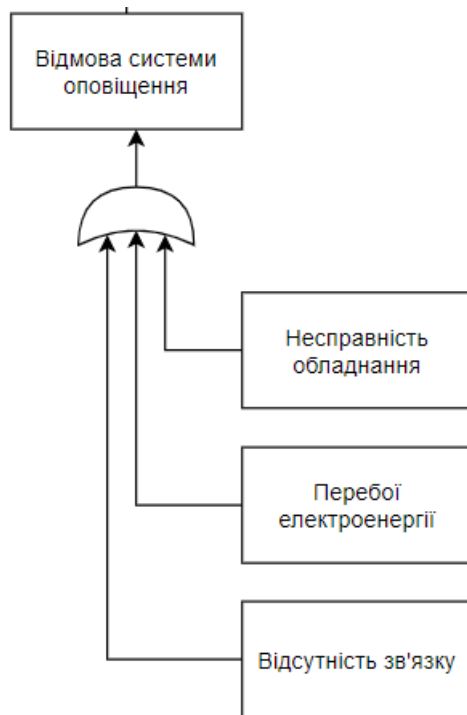
Відмова системи автоматичного гасіння буде обумовлена наступними локальними чинниками:

- Нестача вогнегасної речовини
- Неможливість подачі вогнегасної речовини:
 - Нестача зжатого газу
 - Поломка пристрою подачі
 - Відсутність електроенергії



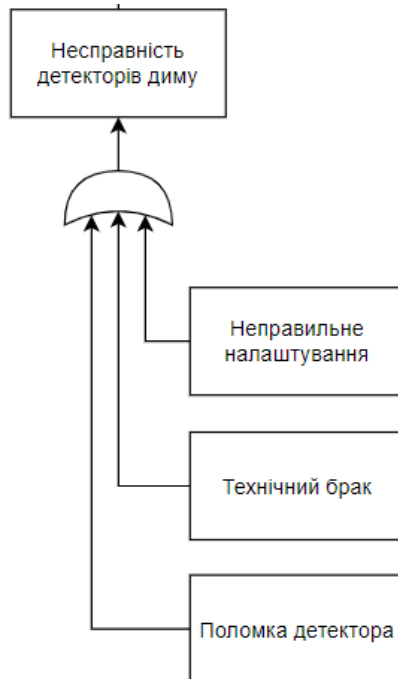
Відмова системи оповіщення буде обумовлена наступними локальними чинниками:

- Несправність обладнання
- Перебої електроенергії
- Відсутність зв'язку



Несправність детекторів диму буде обумовлена наступними локальними чинниками:

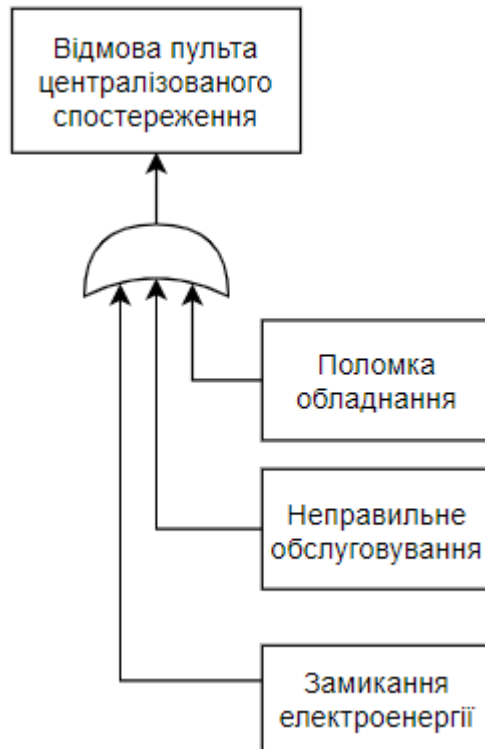
- Поломка детектора
- Неправильне налаштування



- Технічний брак

Відмова пульта централізованого спостереження буде обумовлена наступними локальними чинниками:

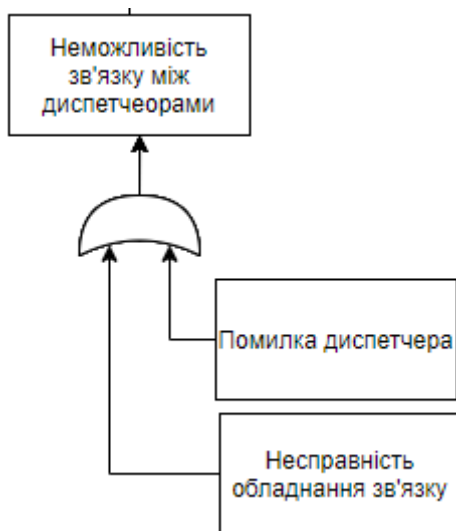
- Поломка обладнання
- Неправильне обслуговування



- Замикання електроенергії

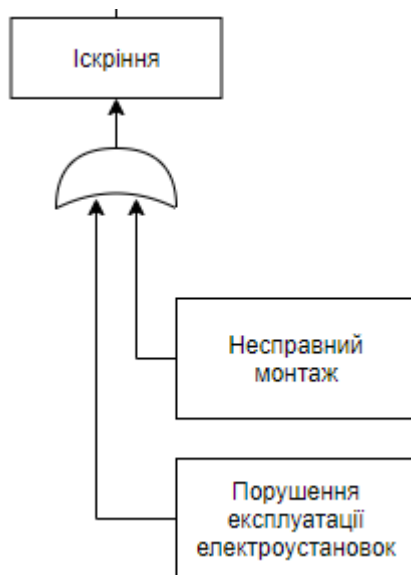
Неможливість зв'язку між диспетчерами буде обумовлена наступними локальними чинниками:

- Помилка диспетчера
- Несправність обладнання зв'язку

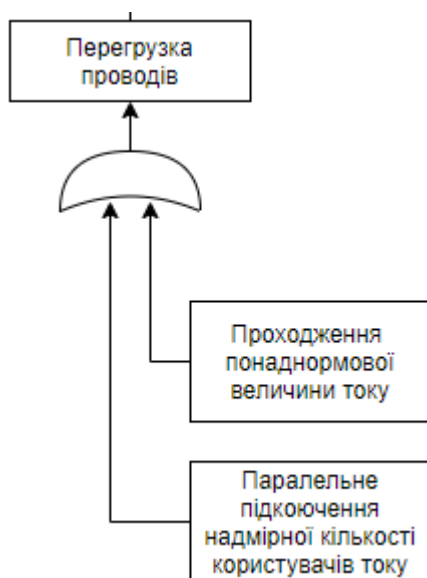


Наявність джерел займання буде обумовлена наступними локальними чинниками:

- Іскріння:
 - Несправний монтаж
 - Порушення правил експлуатації електроустановок

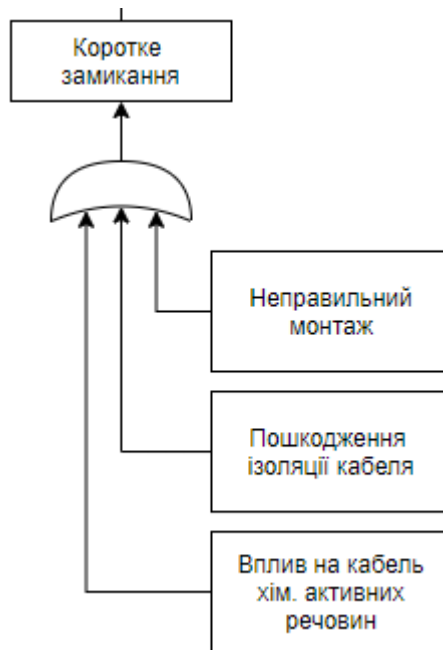


- Перегрузка проводів:
 - Проходження понаднормової величини току
 - Паралельне підключення надмірної кількості користувачів току



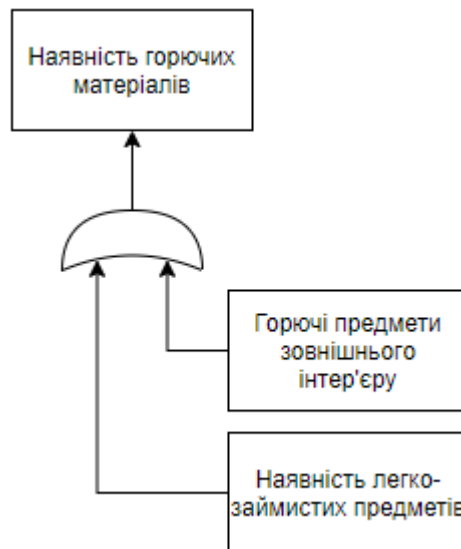
Використання джерел відкритого вогню – це локальна подія.

- Коротке замикання:
 - Неправильний монтаж
 - Пошкодження ізоляції кабелю
 - Вплив на кабель хімічно-активних речовин



Наявність горючих матеріалів буде обумовлена наступними локальними чинниками:

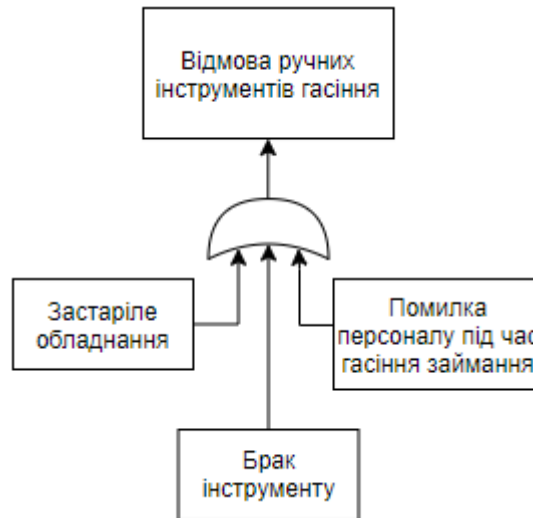
- Горючі предмети зовнішнього інтер'єру



- Наявність легко-займистих предметів

Відмова ручних інструментів гасіння буде обумовлена наступними локальними чинниками:

- Застаріле обладнання
- Брак інструменту
- Помилка персоналу під час гасіння займання



1.6 Визначення критеріїв значимості. Розрахункові процедури, а саме визначення критеріїв значимості надають можливість визначення адаптивного управління:

Критерій значимості Фуссела-Весели (Fussell-Vesely Importance (FV)):

$$FV = \frac{F(x) - F(0)}{F(x)}$$

Показник значимості по Бірнбауму (Birnbaum Importance (B)):

$$B(X) = \frac{dF(x)}{dx} \quad B(X) = F(x = 1) - F(x = 0,)$$

коефіцієнт збільшення ризику (Risk Increase Ratio (RIR)):

$$RIR = \frac{F(1)}{F(x)}$$

Алгоритм управління безпекою на основі ІСЛМ (визначення подій, що найбільше впливають на ризик):

- 1) Вибрати найбільш важливі події на площині важливості:

$$x_{ij} \in [A];$$

- 2) Перевірити чутливість та відібрати найбільш чутливі:

$$x'_{ij} = \{maxSensitivity x_{ij}\}$$

- 3) Обрати події X_{ij}'' за умови: $P(X_{ij}'') < P(X'_{ij})$
- 4) $\checkmark \rightarrow O (B_j)$ (B_j елементи, які найбільше впливають на ризик)
- 5) Перевірити затрати і ресурси заміни $B_j : Q (X'_{ij}) \rightarrow min Q: dR < 0$.
- 6) Перевірити інші варіанти зменшення R, Q.

Розділ 2

Практична частина

2.1 Програмна реалізація побудови дерева відмов.

Побудова дерева відмов

Проаналізувавши об'єкт і знайшовши всі логічні причинно-наслідкові зв'язки, було побудоване дерево відмов для моделі системи протипожежної безпеки торговельно-розважального центру. (Рис.1)

Аналіз дерева і нумерація вершин

За-для можливості повного аналізу і підрахунку ймовірностей відмов первинної та вторинних подій і подальшого визначення результату роботи і прийняття рішення по необхідній і правильній консультації ситуації відмов

подій було пронумеровано всі події дерева відмов, починаючи з базисних і завершуючи небажаною подією.

Нижче можна побачити побудоване завдяки програмі SAPHIRE дерево відмов. На першому рисунку показано все дерево, другий і третій є збільшеними версіями його лівої та правої частин, відповідно.

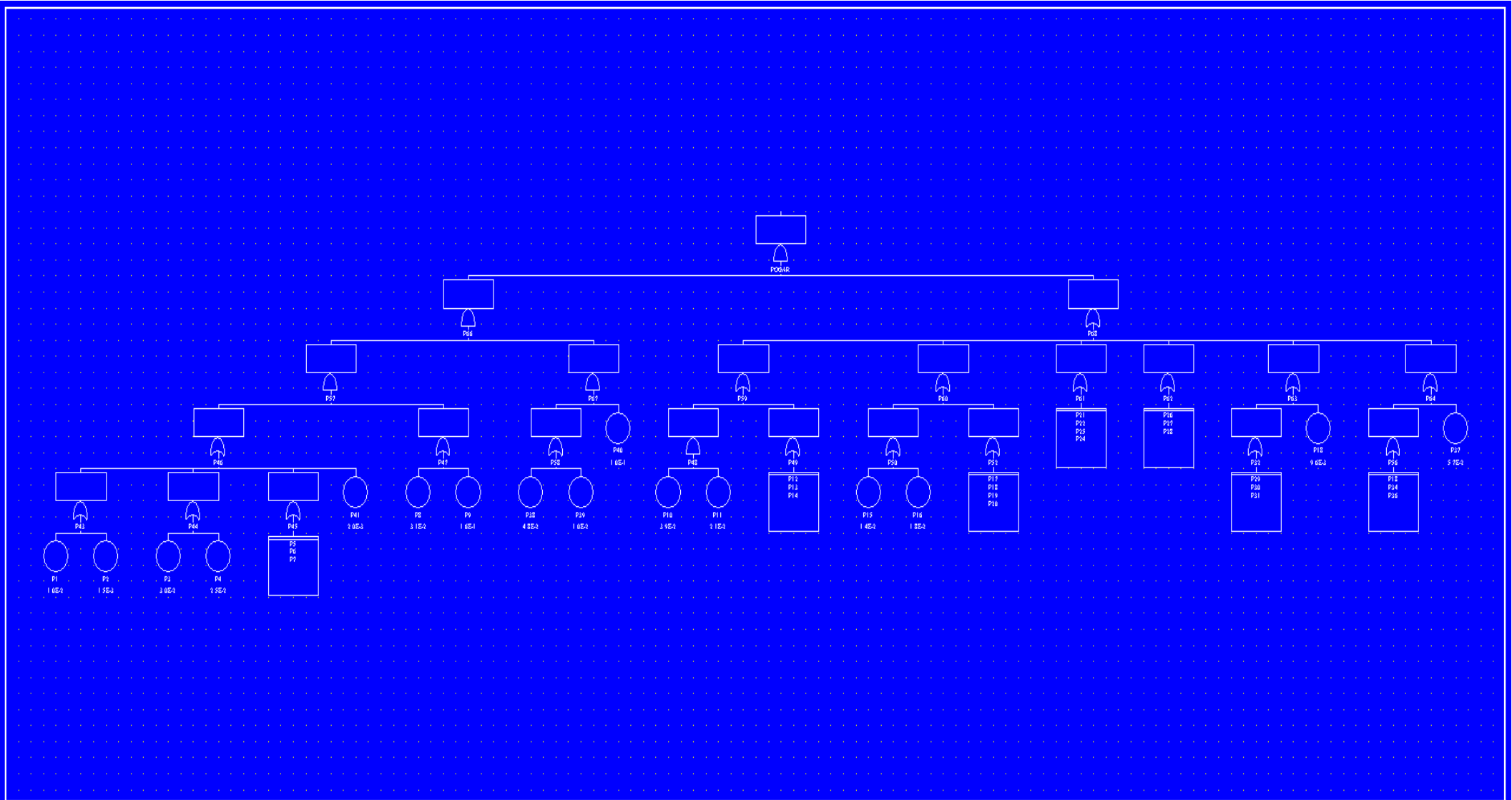
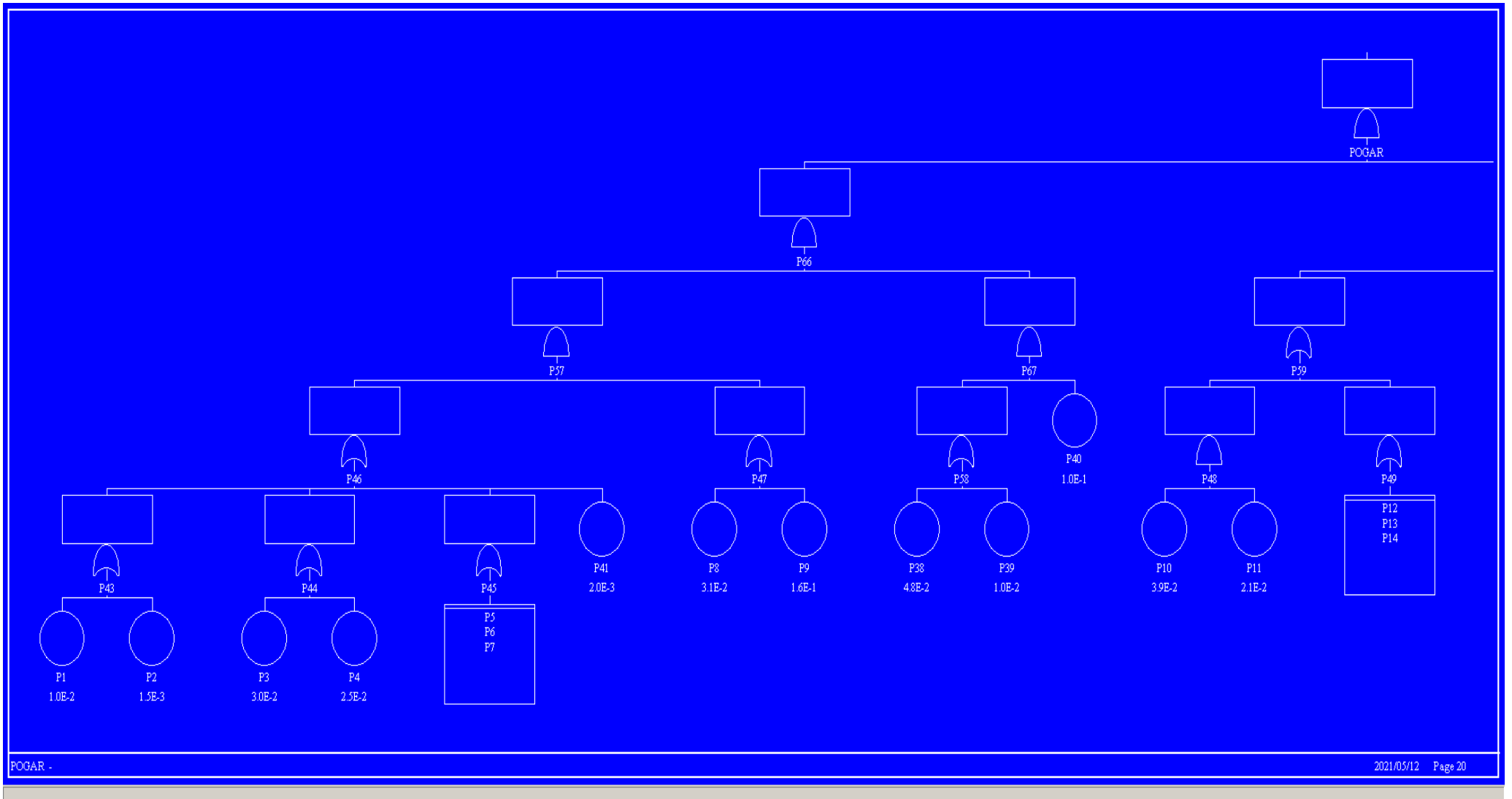
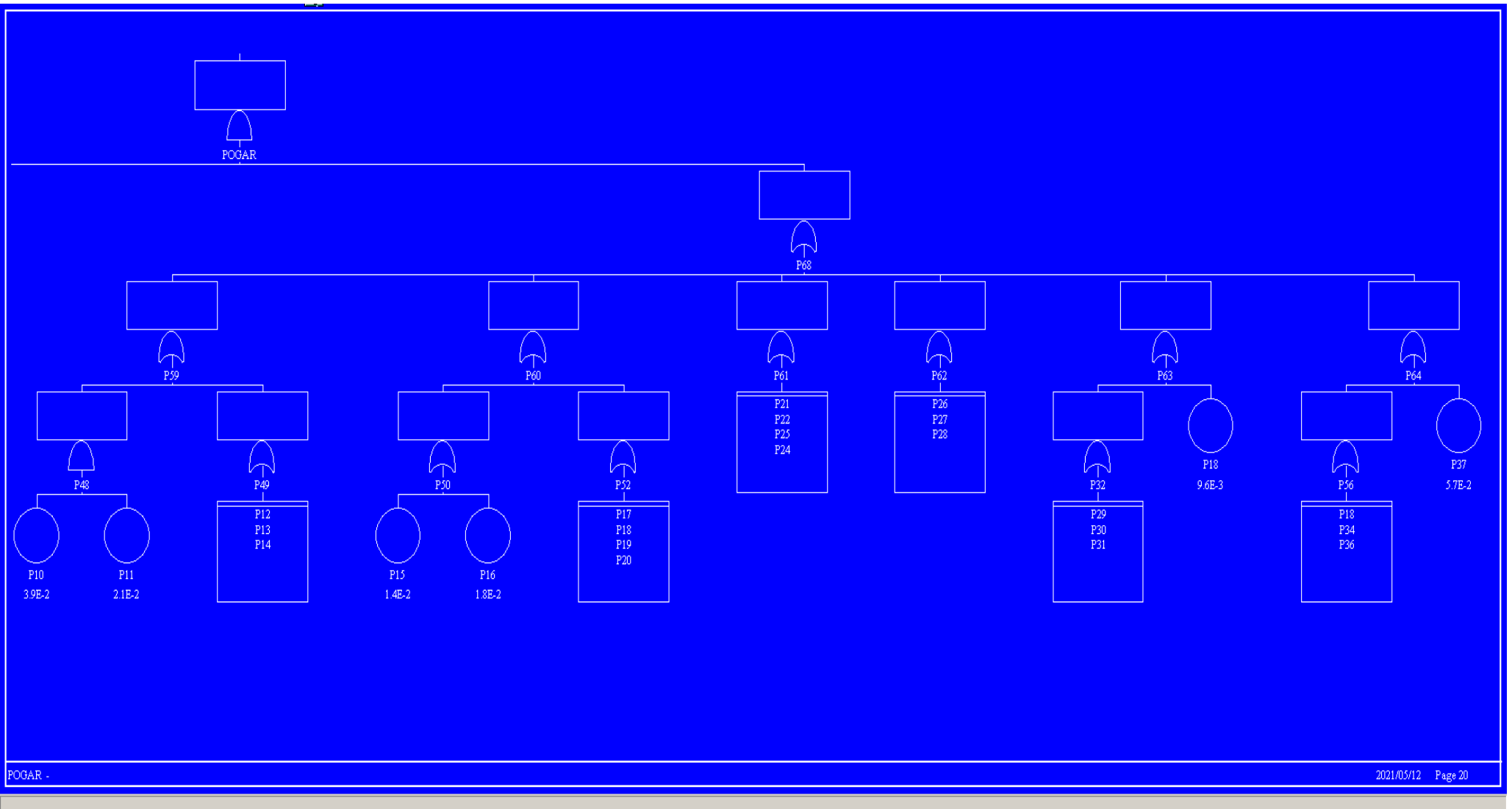


Рисунок 1 – Модель можливого процесу пожежі в ТРЦ





2.2 Визначення числових значень ймовірностей базисних подій в дереві відмов.

Розглянувши кожну з базисних подій, можна визначити відповідні числові ймовірнісні значення.

$$P1 = 0.01$$

$$P16 = 0.018$$

$$P2 = 0.0015$$

$$P17 = 0.019$$

$$P3 = 0.03$$

$$P18 = 0.0096$$

$$P4 = 0.025$$

$$P19 = 0.0136$$

$$P5 = 0.001$$

$$P20 = 0.0075$$

$$P6 = 0.0011$$

$$P21 = 0.031$$

$$P7 = 0.013$$

$$P22 = 0.014$$

$$P8 = 0.31$$

$$P23 = 0.008$$

$$P9 = 0.16$$

$$P24 = 0.07$$

$$P10 = 0.039$$

$$P25 = 0.017$$

$$P11 = 0.021$$

$$P26 = 0.034$$

$$P12 = 0.017$$

$$P27 = 0.064$$

$$P13 = 0.011$$

$$P28 = 0.053$$

$$P14 = 0.009$$

$$P29 = 0.016$$

$$P15 = 0.014$$

$$P30 = 0.0083$$

$$P31 = 0.02$$

$$P32 = 0.0031$$

$$P33 = 0.012$$

$$P34 = 0.011$$

$$P35 = 0.0098$$

$$P36 = 0.0105$$

$$P37 = 0.057$$

$$P38 = 0.048$$

$$P39 = 0.01$$

$$P40 = 0.1$$

$$P41 = 0.07$$

$$P42 = 0.105$$

2.2 Таблица мінімальних перерізів та значимості

Після отримання значень базисних подій, а також побудованої моделі дерева відмов, було отримано і підраховано 736 мінімальних перерізів завдяки програмі SAPHIRE. (Див Додаток 1. Таблица мінімальних перерізів)

Sort/Slice Cut Set Report

Family-> TEC

Fault Tree-> POGAR

Mincut Upper Bound -> 1.872E-004 This Partition -> 1.872E-004

Результуючим значенням мінімальних перерізів є величина 1.872E-004, яка і показує ймовірність настання небажаної події.

Також побудована таблиця значимості:

IMPORTANCE MEASURES REPORT (Alternate Cut Sets)

Family : TEC Analysis : RANDOM

Fault Tree : POGAR Case : ALTERNATE

(Sorted by Fussell-Vesely Importance)

Event Name	Num. of Occ.	Probability of Failure	Fussell-Vesely Importance	Risk Reduction Ratio	Risk Increase Ratio
P40	736	1.000E-001	1.000E+000	-----	9.992E+000
P9	368	3.000E-001	9.063E-001	1.068E+001	3.114E+000
P38	368	4.800E-002	8.276E-001	5.800E+000	1.739E+001
P3	92	8.000E-002	5.988E-001	2.492E+000	7.881E+000
P24	32	2.000E-001	2.739E-001	1.377E+000	2.096E+000
P4	92	2.500E-002	1.871E-001	1.230E+000	8.293E+000
P39	368	1.000E-002	1.724E-001	1.208E+000	1.804E+001
P18	32	9.600E-002	1.315E-001	1.151E+000	2.238E+000
P7	92	1.300E-002	9.730E-002	1.108E+000	8.382E+000
P8	368	3.100E-002	9.365E-002	1.103E+000	3.926E+000
P27	32	6.400E-002	8.765E-002	1.096E+000	2.282E+000
P37	32	5.700E-002	7.806E-002	1.085E+000	2.291E+000
P1	92	1.000E-002	7.484E-002	1.081E+000	8.405E+000
P28	32	5.300E-002	7.258E-002	1.078E+000	2.297E+000
P26	32	3.400E-002	4.656E-002	1.049E+000	2.323E+000
P21	32	3.100E-002	4.245E-002	1.044E+000	2.327E+000
P31	32	2.000E-002	2.739E-002	1.028E+000	2.342E+000
P17	32	1.900E-002	2.602E-002	1.027E+000	2.343E+000
P16	32	1.800E-002	2.465E-002	1.025E+000	2.345E+000
P25	32	1.700E-002	2.328E-002	1.024E+000	2.346E+000
P12	32	1.700E-002	2.328E-002	1.024E+000	2.346E+000
P29	32	1.600E-002	2.191E-002	1.022E+000	2.347E+000

P22	32	1.400E-002	1.917E-002	1.020E+000	2.350E+000
P15	32	1.400E-002	1.917E-002	1.020E+000	2.350E+000
P34	32	1.100E-002	1.506E-002	1.015E+000	2.354E+000
P13	32	1.100E-002	1.506E-002	1.015E+000	2.354E+000
P41	92	2.000E-003	1.497E-002	1.015E+000	8.464E+000
P36	32	1.050E-002	1.438E-002	1.015E+000	2.355E+000
P14	32	9.000E-003	1.233E-002	1.012E+000	2.357E+000
P30	32	8.300E-003	1.137E-002	1.011E+000	2.358E+000
P2	92	1.500E-003	1.123E-002	1.011E+000	8.468E+000
P20	32	7.500E-003	1.027E-002	1.010E+000	2.359E+000
P6	92	1.100E-003	8.233E-003	1.008E+000	8.471E+000
P5	92	1.000E-003	7.484E-003	1.008E+000	8.472E+000
P19	32	2.000E-003	2.739E-003	1.003E+000	2.367E+000
P10	32	3.900E-002	1.122E-003	1.001E+000	1.028E+000
P11	32	2.100E-002	1.122E-003	1.001E+000	1.052E+000

Як бачимо, найбільш важливими є сполучення подій (мінімальні перерізи):

- 1) 12.3 12.3 2.304E-005 P24, P3, P38, P40, P9
- 2) 18.2 5.9 1.106E-005 P18, P3, P38, P40, P9
- 3) 22.2 3.9 7.373E-006 P27, P3, P38, P40, P9

Найбільш значимими подіями є:

- 1) P40 – помилка персоналу
- 2) P9 – наявність горючих предметів зовнішнього інтер'єру
- 3) P38 – помилка персоналу під час гасіння займання

2.4 Результати чисельного експерименту

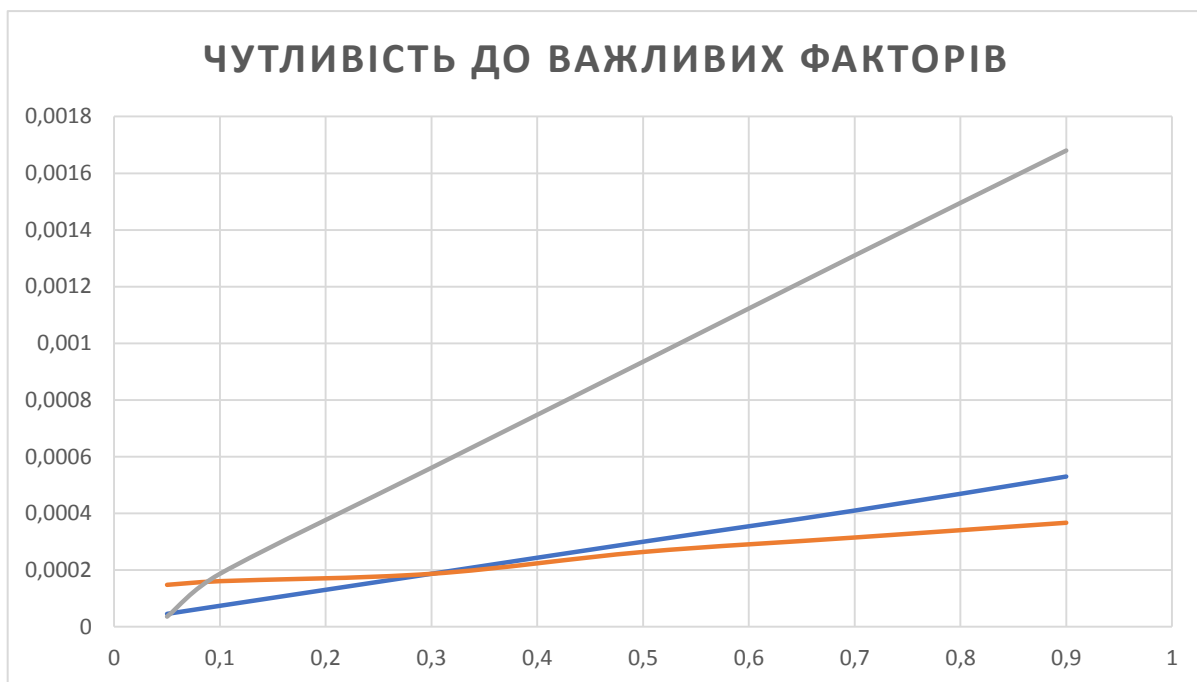


Рисунок 2. Чутливість до важливих факторів

Таблиця чутливостей

0,05	0,0000456	0,000148	0,000036
0,1	0,0000741	0,000161	0,000187
0,3	0,000187	0,000187	0,000561
0,5	0,0003	0,000264	0,000935
0,7	0,00041	0,000315	0,00131
0,9	0,00053	0,000367	0,00168
			F(P40) -
P_i	F(P9)	F(24)	ЛЧ

З наведених розрахунків минулого розділу зроблено висновок, що можливість настання події «пожежа» становить $1.872E-004$, що є досить хорошим результатом як для роботи самої протипожежної системи безпеки, так і для будівлі, а також людей, що там знаходяться.

Проте, подивившись на таблицю чутливості до важливих факторів, наглядним стає те, що людський фактор відіграє надто велику роль у збільшенні ймовірності ризику виникнення небажаної події, оскільки ймовірність збільшується в 10 разів і становить уже не $1.872E-004$, а $1.872E-003$.

2.5 Рекомендації

За-для зменшення виникнення ймовірності небажаної події потрібно проводити технічне обслуговування правильно і вчасно, щоб система завжди вчасно могла помітити початок пожежі й подати сигнал, а також вкрай важливо постійно підтримувати кваліфікацію персоналу на високому рівні: проводити навчання, давати семінари та лекції на тему систем протипожежної безпеки, адже як видно з аналізу чутливості: людський фактор відіграє надзвичайно потужну роль у збільшенні можливості настання небажаного результату, тобто виникненні пожежі.

Також потрібно звернути увагу на наявність горючих та легкозаймистих матеріалів і посилити рівень спостереження та виявлення ознак пожежі у місцях такого типу.

Проводити своєчасні обслуговування обладнання виключно згідно зі стандартами безпеки та технічних інструкцій для забезпечення правильності і довготривалої служби обладнання.

Висновки

В ході роботи було проаналізовано структуру досліджуваного об'єкту, його проектні системи захисту, вплив людського фактору, обґрунтовано вибір типу методології та моделі, визначено всі можливі події: небажану, складні та базисні, для останніх двох типів подій пораховані ймовірності, визначено критерії значимості, розроблено алгоритм й побудовано модель системи протипожежної безпеки та дерево відмов, використовуючи при цьому програмне забезпечення SAPHIRE, розроблене спеціально для вирішення ситуацій такого роду і співставлення сценаріїв всіх можливих ситуацій, поррахувавши ймовірності всіх подій, які б призвели торговельно-розважальний комплекс до пожежі й підрахована ймовірність настання небажаної події шляхом врахування мінімальних перерізів. Також проведено детальний аналіз чутливості подій, щоб дізнатись, які з них саме мають найбільший рівень впливу на збільшення ймовірності настання небажаного сценарію розвитку подій. Дані рекомендації щодо покращення системи протипожежної безпеки на основі детального аналізу чутливості подій.

Література

1. Бегун В.В., Бегун С.В. Методичні вказівки до виконання комп'ютерного практикуму «Аналіз надійності АЕС за досвідом експлуатації» з дисципліни «Основи управління безпекою на ядерних об'єктах»: К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 17с.
2. Документація по використанню програмного забезпечення SAPHIRE.
3. Бегун В.В., Гречанінов В.Ф., Клименко В.П. Науковий журнал «Математичні машини і системи», 2013, №4
4. А.П. Зарубіна «Захист будівель, споруд та конструкцій від вогню і шуму. Матеріали, технології, інструменти та обладнання»
5. В.В. Бегун, С.В. Широков, С.В. Бегун, Є.М. Письменний, В.В. Литвинов, І.В. Казачков «Культура безпеки в ядерній енергетиці» – К., 2012.
6. Методика визначення розрахункових значень пожежних ризиків для об'єктів громадського призначення(перша редакція)

Додаток 1. Таблиця мінімальних перерізів

Sort/Slice Cut Set Report

Family-> TEC

Fault Tree-> POGAR

Mincut Upper Bound -> 1.872E-004 This Partition -> 1.872E-004

Cut No.	% Total	% Set	Cut Frequency	Cut Sets
1	12.3	12.3	2.304E-005	P24, P3, P38, P40, P9
2	18.2	5.9	1.106E-005	P18, P3, P38, P40, P9
3	22.2	3.9	7.373E-006	P27, P3, P38, P40, P9
4	26.0	3.9	7.200E-006	P24, P38, P4, P40, P9
5	29.5	3.5	6.566E-006	P3, P37, P38, P40, P9
6	32.8	3.3	6.106E-006	P28, P3, P38, P40, P9
7	35.4	2.6	4.800E-006	P24, P3, P39, P40, P9
8	37.5	2.1	3.917E-006	P26, P3, P38, P40, P9
9	39.5	2.0	3.744E-006	P24, P38, P40, P7, P9
10	41.4	1.9	3.571E-006	P21, P3, P38, P40, P9
11	43.2	1.9	3.456E-006	P18, P38, P4, P40, P9
12	44.8	1.5	2.880E-006	P1, P24, P38, P40, P9
13	46.0	1.3	2.381E-006	P24, P3, P38, P40, P8
14	47.3	1.2	2.304E-006	P27, P38, P4, P40, P9
15	48.5	1.2	2.304E-006	P18, P3, P39, P40, P9
16	49.8	1.2	2.304E-006	P3, P31, P38, P40, P9
17	50.9	1.2	2.189E-006	P17, P3, P38, P40, P9
18	52.0	1.1	2.074E-006	P16, P3, P38, P40, P9
19	53.1	1.1	2.052E-006	P37, P38, P4, P40, P9
20	54.2	1.1	1.958E-006	P25, P3, P38, P40, P9
21	55.2	1.1	1.958E-006	P12, P3, P38, P40, P9
22	56.3	1.0	1.908E-006	P28, P38, P4, P40, P9
23	57.3	1.0	1.843E-006	P29, P3, P38, P40, P9
24	58.2	1.0	1.797E-006	P18, P38, P40, P7, P9
25	59.1	0.9	1.613E-006	P22, P3, P38, P40, P9
26	60.0	0.9	1.613E-006	P15, P3, P38, P40, P9
27	60.8	0.8	1.536E-006	P27, P3, P39, P40, P9
28	61.6	0.8	1.500E-006	P24, P39, P4, P40, P9
29	62.3	0.7	1.382E-006	P1, P18, P38, P40, P9
30	63.1	0.7	1.368E-006	P3, P37, P39, P40, P9
31	63.7	0.7	1.272E-006	P28, P3, P39, P40, P9
32	64.4	0.7	1.267E-006	P3, P34, P38, P40, P9
33	65.1	0.7	1.267E-006	P13, P3, P38, P40, P9
34	65.8	0.7	1.224E-006	P26, P38, P4, P40, P9
35	66.4	0.7	1.210E-006	P3, P36, P38, P40, P9
36	67.1	0.6	1.198E-006	P27, P38, P40, P7, P9
37	67.7	0.6	1.143E-006	P18, P3, P38, P40, P8
38	68.3	0.6	1.116E-006	P21, P38, P4, P40, P9
39	68.9	0.6	1.067E-006	P37, P38, P40, P7, P9
40	69.4	0.6	1.037E-006	P14, P3, P38, P40, P9
41	70.0	0.5	9.922E-007	P28, P38, P40, P7, P9
42	70.5	0.5	9.562E-007	P3, P30, P38, P40, P9
43	71.0	0.5	9.216E-007	P1, P27, P38, P40, P9
44	71.4	0.5	8.640E-007	P20, P3, P38, P40, P9
45	71.9	0.4	8.208E-007	P1, P37, P38, P40, P9
46	72.3	0.4	8.160E-007	P26, P3, P39, P40, P9
47	72.7	0.4	7.800E-007	P24, P39, P40, P7, P9
48	73.1	0.4	7.632E-007	P1, P28, P38, P40, P9

49	73.6	0.4	7.619E-007	P27, P3, P38, P40, P8
50	74.0	0.4	7.440E-007	P24, P38, P4, P40, P8
51	74.4	0.4	7.440E-007	P21, P3, P39, P40, P9
52	74.8	0.4	7.200E-007	P18, P39, P4, P40, P9
53	75.1	0.4	7.200E-007	P31, P38, P4, P40, P9
54	75.5	0.4	6.840E-007	P17, P38, P4, P40, P9
55	75.9	0.4	6.785E-007	P3, P37, P38, P40, P8
56	76.2	0.4	6.480E-007	P16, P38, P4, P40, P9
57	76.6	0.3	6.365E-007	P26, P38, P40, P7, P9
58	76.9	0.3	6.309E-007	P28, P3, P38, P40, P8
59	77.3	0.3	6.120E-007	P12, P38, P4, P40, P9
60	77.6	0.3	6.120E-007	P25, P38, P4, P40, P9
61	77.9	0.3	6.000E-007	P1, P24, P39, P40, P9
62	78.2	0.3	5.803E-007	P21, P38, P40, P7, P9
63	78.5	0.3	5.760E-007	P29, P38, P4, P40, P9
64	78.8	0.3	5.760E-007	P24, P38, P40, P41, P9
65	79.1	0.3	5.040E-007	P22, P38, P4, P40, P9
66	79.4	0.3	5.040E-007	P15, P38, P4, P40, P9
67	79.7	0.3	4.960E-007	P24, P3, P39, P40, P8
68	79.9	0.3	4.896E-007	P1, P26, P38, P40, P9
69	80.2	0.3	4.800E-007	P27, P39, P4, P40, P9
70	80.5	0.3	4.800E-007	P3, P31, P39, P40, P9
71	80.7	0.3	4.560E-007	P17, P3, P39, P40, P9
72	80.9	0.2	4.464E-007	P1, P21, P38, P40, P9
73	81.2	0.2	4.320E-007	P2, P24, P38, P40, P9
74	81.4	0.2	4.320E-007	P16, P3, P39, P40, P9
75	81.7	0.2	4.275E-007	P37, P39, P4, P40, P9
76	81.9	0.2	4.080E-007	P12, P3, P39, P40, P9
77	82.1	0.2	4.080E-007	P25, P3, P39, P40, P9
78	82.3	0.2	4.047E-007	P26, P3, P38, P40, P8
79	82.5	0.2	3.975E-007	P28, P39, P4, P40, P9
80	82.8	0.2	3.960E-007	P13, P38, P4, P40, P9
81	83.0	0.2	3.960E-007	P34, P38, P4, P40, P9
82	83.2	0.2	3.869E-007	P24, P38, P40, P7, P8
83	83.4	0.2	3.840E-007	P29, P3, P39, P40, P9
84	83.6	0.2	3.780E-007	P36, P38, P4, P40, P9
85	83.8	0.2	3.744E-007	P18, P39, P40, P7, P9
86	84.0	0.2	3.744E-007	P31, P38, P40, P7, P9
87	84.2	0.2	3.690E-007	P21, P3, P38, P40, P8
88	84.4	0.2	3.571E-007	P18, P38, P4, P40, P8
89	84.6	0.2	3.557E-007	P17, P38, P40, P7, P9
90	84.8	0.2	3.370E-007	P16, P38, P40, P7, P9
91	85.0	0.2	3.360E-007	P22, P3, P39, P40, P9
92	85.2	0.2	3.360E-007	P15, P3, P39, P40, P9
93	85.3	0.2	3.240E-007	P14, P38, P4, P40, P9
94	85.5	0.2	3.182E-007	P25, P38, P40, P7, P9
95	85.7	0.2	3.182E-007	P12, P38, P40, P7, P9
96	85.9	0.2	3.168E-007	P24, P38, P40, P6, P9
97	86.0	0.2	2.995E-007	P29, P38, P40, P7, P9
98	86.2	0.2	2.988E-007	P30, P38, P4, P40, P9
99	86.4	0.2	2.976E-007	P1, P24, P38, P40, P8
100	86.5	0.2	2.880E-007	P24, P38, P40, P5, P9

101	86.7	0.2	2.880E-007	P1, P31, P38, P40, P9
102	86.8	0.2	2.880E-007	P1, P18, P39, P40, P9
103	87.0	0.2	2.765E-007	P18, P38, P40, P41, P9
104	87.1	0.2	2.736E-007	P1, P17, P38, P40, P9
105	87.3	0.2	2.700E-007	P20, P38, P4, P40, P9
106	87.4	0.2	2.640E-007	P3, P34, P39, P40, P9
107	87.6	0.2	2.640E-007	P13, P3, P39, P40, P9
108	87.7	0.1	2.621E-007	P15, P38, P40, P7, P9
109	87.9	0.1	2.621E-007	P22, P38, P40, P7, P9
110	88.0	0.1	2.592E-007	P1, P16, P38, P40, P9
111	88.1	0.1	2.550E-007	P26, P39, P4, P40, P9
112	88.3	0.1	2.520E-007	P3, P36, P39, P40, P9
113	88.4	0.1	2.496E-007	P27, P39, P40, P7, P9
114	88.6	0.1	2.448E-007	P1, P12, P38, P40, P9
115	88.7	0.1	2.448E-007	P1, P25, P38, P40, P9
116	88.8	0.1	2.381E-007	P27, P38, P4, P40, P8
117	89.0	0.1	2.381E-007	P18, P3, P39, P40, P8
118	89.1	0.1	2.381E-007	P3, P31, P38, P40, P8
119	89.2	0.1	2.325E-007	P21, P39, P4, P40, P9
120	89.4	0.1	2.304E-007	P19, P3, P38, P40, P9
121	89.5	0.1	2.304E-007	P1, P29, P38, P40, P9
122	89.6	0.1	2.262E-007	P17, P3, P38, P40, P8
123	89.7	0.1	2.223E-007	P37, P39, P40, P7, P9
124	89.8	0.1	2.160E-007	P14, P3, P39, P40, P9
125	90.0	0.1	2.143E-007	P16, P3, P38, P40, P8
126	90.1	0.1	2.120E-007	P37, P38, P4, P40, P8
127	90.2	0.1	2.074E-007	P18, P2, P38, P40, P9
128	90.3	0.1	2.067E-007	P28, P39, P40, P7, P9
129	90.4	0.1	2.059E-007	P34, P38, P40, P7, P9
130	90.5	0.1	2.059E-007	P13, P38, P40, P7, P9
131	90.7	0.1	2.024E-007	P25, P3, P38, P40, P8
132	90.8	0.1	2.024E-007	P12, P3, P38, P40, P8
133	90.9	0.1	2.016E-007	P1, P22, P38, P40, P9
134	91.0	0.1	2.016E-007	P1, P15, P38, P40, P9
135	91.1	0.1	1.992E-007	P3, P30, P39, P40, P9
136	91.2	0.1	1.972E-007	P28, P38, P4, P40, P8
137	91.3	0.1	1.966E-007	P36, P38, P40, P7, P9
138	91.4	0.1	1.920E-007	P1, P27, P39, P40, P9
139	91.5	0.1	1.905E-007	P29, P3, P38, P40, P8
140	91.6	0.1	1.857E-007	P18, P38, P40, P7, P8
141	91.8	0.1	1.843E-007	P27, P38, P40, P41, P9
142	91.9	0.1	1.800E-007	P20, P3, P39, P40, P9
143	91.9	0.1	1.710E-007	P1, P37, P39, P40, P9
144	92.0	0.1	1.685E-007	P14, P38, P40, P7, P9

2021/05/12

19:17:46

Page 3

Sort/Slice Cut Set Report

Family-> TEC

Fault Tree-> POGAR

Mincut Upper Bound -> 1.872E-004 This Partition -> 1.872E-004

Cut No.	% Total	% Cut Set	Frequency	Cut Sets
145	92.1	0.1	1.667E-007	P15, P3, P38, P40, P8
146	92.2	0.1	1.667E-007	P22, P3, P38, P40, P8
147	92.3	0.1	1.642E-007	P37, P38, P40, P41, P9
148	92.4	0.1	1.590E-007	P1, P28, P39, P40, P9
149	92.5	0.1	1.587E-007	P27, P3, P39, P40, P8
150	92.6	0.1	1.584E-007	P1, P13, P38, P40, P9
151	92.7	0.1	1.584E-007	P1, P34, P38, P40, P9
152	92.8	0.1	1.554E-007	P30, P38, P40, P7, P9
153	92.9	0.1	1.550E-007	P24, P39, P4, P40, P8
154	92.9	0.1	1.526E-007	P28, P38, P40, P41, P9
155	93.0	0.1	1.521E-007	P18, P38, P40, P6, P9
156	93.1	0.1	1.512E-007	P1, P36, P38, P40, P9
157	93.2	0.1	1.500E-007	P31, P39, P4, P40, P9
158	93.3	0.1	1.428E-007	P1, P18, P38, P40, P8
159	93.4	0.1	1.425E-007	P17, P39, P4, P40, P9
160	93.4	0.1	1.414E-007	P3, P37, P39, P40, P8
161	93.5	0.1	1.404E-007	P20, P38, P40, P7, P9
162	93.6	0.1	1.382E-007	P2, P27, P38, P40, P9
163	93.7	0.1	1.382E-007	P18, P38, P40, P5, P9
164	93.8	0.1	1.350E-007	P16, P39, P4, P40, P9
165	93.8	0.1	1.326E-007	P26, P39, P40, P7, P9
166	93.9	0.1	1.314E-007	P28, P3, P39, P40, P8
167	94.0	0.1	1.309E-007	P3, P34, P38, P40, P8
168	94.1	0.1	1.309E-007	P13, P3, P38, P40, P8
169	94.1	0.1	1.296E-007	P1, P14, P38, P40, P9
170	94.2	0.1	1.275E-007	P12, P39, P4, P40, P9
171	94.3	0.1	1.275E-007	P25, P39, P4, P40, P9
172	94.4	0.1	1.265E-007	P26, P38, P4, P40, P8
173	94.4	0.1	1.250E-007	P3, P36, P38, P40, P8
174	94.5	0.1	1.238E-007	P27, P38, P40, P7, P8
175	94.6	0.1	1.231E-007	P2, P37, P38, P40, P9
176	94.6	0.1	1.209E-007	P21, P39, P40, P7, P9
177	94.7	0.1	1.200E-007	P24, P39, P40, P41, P9
178	94.8	0.1	1.200E-007	P29, P39, P4, P40, P9
179	94.8	0.1	1.195E-007	P1, P30, P38, P40, P9
180	94.9	0.1	1.153E-007	P21, P38, P4, P40, P8
181	95.0	0.1	1.145E-007	P2, P28, P38, P40, P9
182	95.0	0.1	1.103E-007	P37, P38, P40, P7, P8
183	95.1	0.1	1.080E-007	P1, P20, P38, P40, P9
184	95.2	0.1	1.071E-007	P14, P3, P38, P40, P8
185	95.2	0.1	1.050E-007	P15, P39, P4, P40, P9
186	95.3	0.1	1.050E-007	P22, P39, P4, P40, P9

2021/05/12

19:17:46

Page 4

Sort/Slice Cut Set Report

Family-> TEC

Fault Tree-> POGAR

Mincut Upper Bound -> 1.872E-004 This Partition -> 1.872E-004

Cut No.	% Total	% Cut Set	Frequency	Cut Sets
187	95.3	0.1	1.025E-007	P28, P38, P40, P7, P8
188	95.4	0.1	1.020E-007	P1, P26, P39, P40, P9
189	95.5	0.1	1.014E-007	P27, P38, P40, P6, P9
190	95.5	0.1	9.880E-008	P3, P30, P38, P40, P8
191	95.6	0.1	9.792E-008	P26, P38, P40, P41, P9
192	95.6	0.1	9.523E-008	P1, P27, P38, P40, P8
193	95.7	0.1	9.435E-008	P10, P11, P3, P38, P40, P9
194	95.7	0.1	9.300E-008	P1, P21, P39, P40, P9
195	95.8	0.1	9.216E-008	P27, P38, P40, P5, P9
196	95.9	0.1	9.029E-008	P37, P38, P40, P6, P9
197	95.9	0.1	9.000E-008	P2, P24, P39, P40, P9
198	96.0	0.1	8.928E-008	P21, P38, P40, P41, P9
199	96.0	0.1	8.928E-008	P20, P3, P38, P40, P8
200	96.1	0.1	8.482E-008	P1, P37, P38, P40, P8
201	96.1	0.1	8.432E-008	P26, P3, P39, P40, P8
202	96.2	0.1	8.395E-008	P28, P38, P40, P6, P9
203	96.2	0.1	8.250E-008	P13, P39, P4, P40, P9
204	96.3	0.1	8.250E-008	P34, P39, P4, P40, P9
205	96.3	0.1	8.208E-008	P37, P38, P40, P5, P9
206	96.4	0.1	8.060E-008	P24, P39, P40, P7, P8
207	96.4	0.1	7.886E-008	P1, P28, P38, P40, P8
208	96.5	0.1	7.875E-008	P36, P39, P4, P40, P9
209	96.5	0.1	7.800E-008	P31, P39, P40, P7, P9
210	96.5	0.1	7.688E-008	P21, P3, P39, P40, P8
211	96.6	0.1	7.632E-008	P28, P38, P40, P5, P9
212	96.6	0.0	7.440E-008	P18, P39, P4, P40, P8
213	96.7	0.0	7.440E-008	P31, P38, P4, P40, P8
214	96.7	0.0	7.410E-008	P17, P39, P40, P7, P9
215	96.8	0.0	7.344E-008	P2, P26, P38, P40, P9
216	96.8	0.0	7.200E-008	P19, P38, P4, P40, P9
217	96.9	0.0	7.068E-008	P17, P38, P4, P40, P8
218	96.9	0.0	7.020E-008	P16, P39, P40, P7, P9
219	96.9	0.0	6.750E-008	P14, P39, P4, P40, P9
220	97.0	0.0	6.696E-008	P2, P21, P38, P40, P9
221	97.0	0.0	6.696E-008	P16, P38, P4, P40, P8
222	97.1	0.0	6.630E-008	P12, P39, P40, P7, P9
223	97.1	0.0	6.630E-008	P25, P39, P40, P7, P9
224	97.1	0.0	6.600E-008	P24, P39, P40, P6, P9
225	97.2	0.0	6.577E-008	P26, P38, P40, P7, P8
226	97.2	0.0	6.324E-008	P25, P38, P4, P40, P8
227	97.3	0.0	6.324E-008	P12, P38, P4, P40, P8
228	97.3	0.0	6.240E-008	P29, P39, P40, P7, P9
229	97.3	0.0	6.225E-008	P30, P39, P4, P40, P9
230	97.4	0.0	6.200E-008	P1, P24, P39, P40, P8
231	97.4	0.0	6.000E-008	P24, P39, P40, P5, P9
232	97.4	0.0	6.000E-008	P1, P31, P39, P40, P9
233	97.5	0.0	5.997E-008	P21, P38, P40, P7, P8
234	97.5	0.0	5.952E-008	P24, P38, P40, P41, P8

235 97.6 0.0 5.952E-008 P29, P38, P4, P40, P8
 236 97.6 0.0 5.760E-008 P31, P38, P40, P41, P9
 237 97.6 0.0 5.760E-008 P18, P39, P40, P41, P9
 238 97.7 0.0 5.700E-008 P1, P17, P39, P40, P9
 239 97.7 0.0 5.625E-008 P20, P39, P4, P40, P9
 240 97.7 0.0 5.472E-008 P17, P38, P40, P41, P9

2021/05/12

19:17:46

Page 5

Sort/Slice Cut Set Report

Family-> TEC

Fault Tree-> POGAR

Mincut Upper Bound -> 1.872E-004 This Partition -> 1.872E-004

Cut No.	% Total	% Cut Set	Frequency	Cut Sets
241	97.8	0.0	5.460E-008	P22, P39, P40, P7, P9
242	97.8	0.0	5.460E-008	P15, P39, P40, P7, P9
243	97.8	0.0	5.400E-008	P1, P16, P39, P40, P9
244	97.9	0.0	5.386E-008	P26, P38, P40, P6, P9
245	97.9	0.0	5.208E-008	P22, P38, P4, P40, P8
246	97.9	0.0	5.208E-008	P15, P38, P4, P40, P8
247	98.0	0.0	5.184E-008	P16, P38, P40, P41, P9
248	98.0	0.0	5.100E-008	P1, P12, P39, P40, P9
249	98.0	0.0	5.100E-008	P1, P25, P39, P40, P9
250	98.1	0.0	5.059E-008	P1, P26, P38, P40, P8
251	98.1	0.0	4.960E-008	P27, P39, P4, P40, P8
252	98.1	0.0	4.960E-008	P3, P31, P39, P40, P8
253	98.2	0.0	4.910E-008	P21, P38, P40, P6, P9
254	98.2	0.0	4.896E-008	P12, P38, P40, P41, P9
255	98.2	0.0	4.896E-008	P26, P38, P40, P5, P9
256	98.3	0.0	4.896E-008	P25, P38, P40, P41, P9
257	98.3	0.0	4.800E-008	P19, P3, P39, P40, P9
258	98.3	0.0	4.800E-008	P1, P29, P39, P40, P9
259	98.3	0.0	4.712E-008	P17, P3, P39, P40, P8
260	98.4	0.0	4.613E-008	P1, P21, P38, P40, P8
261	98.4	0.0	4.608E-008	P29, P38, P40, P41, P9
262	98.4	0.0	4.464E-008	P21, P38, P40, P5, P9
263	98.5	0.0	4.464E-008	P2, P24, P38, P40, P8
264	98.5	0.0	4.464E-008	P16, P3, P39, P40, P8
265	98.5	0.0	4.417E-008	P37, P39, P4, P40, P8
266	98.5	0.0	4.320E-008	P2, P31, P38, P40, P9
267	98.6	0.0	4.320E-008	P18, P2, P39, P40, P9
268	98.6	0.0	4.290E-008	P13, P39, P40, P7, P9
269	98.6	0.0	4.290E-008	P34, P39, P40, P7, P9
270	98.7	0.0	4.216E-008	P12, P3, P39, P40, P8
271	98.7	0.0	4.216E-008	P25, P3, P39, P40, P8
272	98.7	0.0	4.200E-008	P1, P22, P39, P40, P9
273	98.7	0.0	4.200E-008	P1, P15, P39, P40, P9
274	98.8	0.0	4.107E-008	P28, P39, P4, P40, P8
275	98.8	0.0	4.104E-008	P17, P2, P38, P40, P9

276	98.8	0.0	4.095E-008	P36, P39, P40, P7, P9
277	98.8	0.0	4.092E-008	P13, P38, P4, P40, P8
278	98.9	0.0	4.092E-008	P34, P38, P4, P40, P8
279	98.9	0.0	4.032E-008	P22, P38, P40, P41, P9
280	98.9	0.0	4.032E-008	P15, P38, P40, P41, P9
281	99.0	0.0	3.968E-008	P29, P3, P39, P40, P8
282	99.0	0.0	3.906E-008	P36, P38, P4, P40, P8
283	99.0	0.0	3.888E-008	P16, P2, P38, P40, P9
284	99.0	0.0	3.869E-008	P18, P39, P40, P7, P8
285	99.1	0.0	3.869E-008	P31, P38, P40, P7, P8
286	99.1	0.0	3.840E-008	P27, P39, P40, P41, P9
287	99.1	0.0	3.744E-008	P19, P38, P40, P7, P9
288	99.1	0.0	3.675E-008	P17, P38, P40, P7, P8

2021/05/12

19:17:46

Page 6

Sort/Slice Cut Set Report

Family-> TEC

Fault Tree-> POGAR

Mincut Upper Bound -> 1.872E-004 This Partition -> 1.872E-004

Cut No.	% Total	% Cut Set	Frequency	Cut Sets
289	99.2	0.0	3.672E-008	P12, P2, P38, P40, P9
290	99.2	0.0	3.672E-008	P2, P25, P38, P40, P9
291	99.2	0.0	3.510E-008	P14, P39, P40, P7, P9
292	99.2	0.0	3.482E-008	P16, P38, P40, P7, P8
293	99.3	0.0	3.472E-008	P22, P3, P39, P40, P8
294	99.3	0.0	3.472E-008	P15, P3, P39, P40, P8
295	99.3	0.0	3.456E-008	P2, P29, P38, P40, P9
296	99.3	0.0	3.420E-008	P37, P39, P40, P41, P9
297	99.3	0.0	3.348E-008	P14, P38, P4, P40, P8
298	99.4	0.0	3.300E-008	P1, P13, P39, P40, P9
299	99.4	0.0	3.300E-008	P1, P34, P39, P40, P9
300	99.4	0.0	3.288E-008	P25, P38, P40, P7, P8
301	99.4	0.0	3.288E-008	P12, P38, P40, P7, P8
302	99.5	0.0	3.274E-008	P24, P38, P40, P6, P8
303	99.5	0.0	3.237E-008	P30, P39, P40, P7, P9
304	99.5	0.0	3.180E-008	P28, P39, P40, P41, P9
305	99.5	0.0	3.168E-008	P13, P38, P40, P41, P9
306	99.5	0.0	3.168E-008	P34, P38, P40, P41, P9
307	99.6	0.0	3.168E-008	P18, P39, P40, P6, P9
308	99.6	0.0	3.168E-008	P31, P38, P40, P6, P9
309	99.6	0.0	3.150E-008	P1, P36, P39, P40, P9
310	99.6	0.0	3.095E-008	P29, P38, P40, P7, P8
311	99.7	0.0	3.088E-008	P30, P38, P4, P40, P8
312	99.7	0.0	3.024E-008	P15, P2, P38, P40, P9
313	99.7	0.0	3.024E-008	P2, P22, P38, P40, P9
314	99.7	0.0	3.024E-008	P36, P38, P40, P41, P9
315	99.7	0.0	3.010E-008	P17, P38, P40, P6, P9
316	99.8	0.0	2.976E-008	P24, P38, P40, P5, P8

317	99.8	0.0	2.976E-008	P1, P18, P39, P40, P8
318	99.8	0.0	2.976E-008	P1, P31, P38, P40, P8
319	99.8	0.0	2.948E-008	P10, P11, P38, P4, P40, P9
320	99.8	0.0	2.925E-008	P20, P39, P40, P7, P9
321	99.9	0.0	2.880E-008	P31, P38, P40, P5, P9
322	99.9	0.0	2.880E-008	P18, P39, P40, P5, P9
323	99.9	0.0	2.880E-008	P2, P27, P39, P40, P9
324	99.9	0.0	2.880E-008	P1, P19, P38, P40, P9
325	99.9	0.0	2.857E-008	P18, P38, P40, P41, P8
326	100.0	0.0	2.851E-008	P16, P38, P40, P6, P9
327	100.0	0.0	2.827E-008	P1, P17, P38, P40, P8
328	100.0	0.0	2.790E-008	P20, P38, P4, P40, P8
329	100.0	0.0	2.736E-008	P17, P38, P40, P5, P9
330	100.0	0.0	2.728E-008	P13, P3, P39, P40, P8
331	100.0	0.0	2.728E-008	P3, P34, P39, P40, P8
332	100.0	0.0	2.708E-008	P15, P38, P40, P7, P8
333	100.0	0.0	2.708E-008	P22, P38, P40, P7, P8
334	100.0	0.0	2.700E-008	P1, P14, P39, P40, P9
335	100.0	0.0	2.693E-008	P12, P38, P40, P6, P9
336	100.0	0.0	2.693E-008	P25, P38, P40, P6, P9

2021/05/12

19:17:46

Page 7

Sort/Slice Cut Set Report

Family-> TEC

Fault Tree-> POGAR

Mincut Upper Bound -> 1.872E-004 This Partition -> 1.872E-004

Cut No.	% Total	% Cut Set	Frequency	Cut Sets
337	100.0	0.0	2.678E-008	P1, P16, P38, P40, P8
338	100.0	0.0	2.635E-008	P26, P39, P4, P40, P8
339	100.0	0.0	2.604E-008	P3, P36, P39, P40, P8
340	100.0	0.0	2.592E-008	P16, P38, P40, P5, P9
341	100.0	0.0	2.592E-008	P14, P38, P40, P41, P9
342	100.0	0.0	2.579E-008	P27, P39, P40, P7, P8
343	100.0	0.0	2.565E-008	P2, P37, P39, P40, P9
344	100.0	0.0	2.534E-008	P29, P38, P40, P6, P9
345	100.0	0.0	2.530E-008	P1, P12, P38, P40, P8
346	100.0	0.0	2.530E-008	P1, P25, P38, P40, P8
347	100.0	0.0	2.490E-008	P1, P30, P39, P40, P9
348	100.0	0.0	2.448E-008	P12, P38, P40, P5, P9
349	100.0	0.0	2.448E-008	P25, P38, P40, P5, P9
350	100.0	0.0	2.402E-008	P21, P39, P4, P40, P8
351	100.0	0.0	2.390E-008	P30, P38, P40, P41, P9
352	100.0	0.0	2.385E-008	P2, P28, P39, P40, P9
353	100.0	0.0	2.381E-008	P19, P3, P38, P40, P8
354	100.0	0.0	2.381E-008	P1, P29, P38, P40, P8
355	100.0	0.0	2.376E-008	P13, P2, P38, P40, P9
356	100.0	0.0	2.376E-008	P2, P34, P38, P40, P9
357	100.0	0.0	2.304E-008	P29, P38, P40, P5, P9

358	100.0	0.0	2.297E-008	P37, P39, P40, P7, P8
359	100.0	0.0	2.268E-008	P2, P36, P38, P40, P9
360	100.0	0.0	2.250E-008	P1, P20, P39, P40, P9
361	100.0	0.0	2.232E-008	P14, P3, P39, P40, P8
362	100.0	0.0	2.218E-008	P15, P38, P40, P6, P9
363	100.0	0.0	2.218E-008	P22, P38, P40, P6, P9
364	100.0	0.0	2.160E-008	P20, P38, P40, P41, P9
365	100.0	0.0	2.143E-008	P18, P2, P38, P40, P8
366	100.0	0.0	2.136E-008	P28, P39, P40, P7, P8
367	100.0	0.0	2.128E-008	P13, P38, P40, P7, P8
368	100.0	0.0	2.128E-008	P34, P38, P40, P7, P8
369	100.0	0.0	2.112E-008	P27, P39, P40, P6, P9
370	100.0	0.0	2.083E-008	P1, P22, P38, P40, P8
371	100.0	0.0	2.083E-008	P1, P15, P38, P40, P8
372	100.0	0.0	2.058E-008	P3, P30, P39, P40, P8
373	100.0	0.0	2.040E-008	P26, P39, P40, P41, P9
374	100.0	0.0	2.031E-008	P36, P38, P40, P7, P8
375	100.0	0.0	2.016E-008	P22, P38, P40, P5, P9
376	100.0	0.0	2.016E-008	P15, P38, P40, P5, P9
377	100.0	0.0	1.984E-008	P1, P27, P39, P40, P8
378	100.0	0.0	1.966E-008	P10, P11, P3, P39, P40, P9
379	100.0	0.0	1.944E-008	P14, P2, P38, P40, P9
380	100.0	0.0	1.920E-008	P27, P39, P40, P5, P9
381	100.0	0.0	1.905E-008	P27, P38, P40, P41, P8
382	100.0	0.0	1.881E-008	P37, P39, P40, P6, P9
383	100.0	0.0	1.860E-008	P21, P39, P40, P41, P9
384	100.0	0.0	1.860E-008	P20, P3, P39, P40, P8

2021/05/12

19:17:46

Page 8

Sort/Slice Cut Set Report

Family-> TEC

Fault Tree-> POGAR

Mincut Upper Bound -> 1.872E-004 This Partition -> 1.872E-004

Cut No.	% Total	% Cut Set	Frequency	Cut Sets
385	100.0	0.0	1.793E-008	P2, P30, P38, P40, P9
386	100.0	0.0	1.767E-008	P1, P37, P39, P40, P8
387	100.0	0.0	1.749E-008	P28, P39, P40, P6, P9
388	100.0	0.0	1.742E-008	P13, P38, P40, P6, P9
389	100.0	0.0	1.742E-008	P34, P38, P40, P6, P9
390	100.0	0.0	1.741E-008	P14, P38, P40, P7, P8
391	100.0	0.0	1.710E-008	P37, P39, P40, P5, P9
392	100.0	0.0	1.696E-008	P37, P38, P40, P41, P8
393	100.0	0.0	1.663E-008	P36, P38, P40, P6, P9
394	100.0	0.0	1.643E-008	P1, P28, P39, P40, P8
395	100.0	0.0	1.637E-008	P1, P13, P38, P40, P8
396	100.0	0.0	1.637E-008	P1, P34, P38, P40, P8
397	100.0	0.0	1.620E-008	P2, P20, P38, P40, P9
398	100.0	0.0	1.606E-008	P30, P38, P40, P7, P8

399	100.0	0.0	1.590E-008	P28, P39, P40, P5, P9
400	100.0	0.0	1.584E-008	P34, P38, P40, P5, P9
401	100.0	0.0	1.584E-008	P13, P38, P40, P5, P9
402	100.0	0.0	1.577E-008	P28, P38, P40, P41, P8
403	100.0	0.0	1.571E-008	P18, P38, P40, P6, P8
404	100.0	0.0	1.562E-008	P1, P36, P38, P40, P8
405	100.0	0.0	1.550E-008	P31, P39, P4, P40, P8
406	100.0	0.0	1.533E-008	P10, P11, P38, P40, P7, P9
407	100.0	0.0	1.530E-008	P2, P26, P39, P40, P9
408	100.0	0.0	1.512E-008	P36, P38, P40, P5, P9
409	100.0	0.0	1.500E-008	P19, P39, P4, P40, P9
410	100.0	0.0	1.472E-008	P17, P39, P4, P40, P8
411	100.0	0.0	1.451E-008	P20, P38, P40, P7, P8
412	100.0	0.0	1.428E-008	P18, P38, P40, P5, P8
413	100.0	0.0	1.428E-008	P2, P27, P38, P40, P8
414	100.0	0.0	1.426E-008	P14, P38, P40, P6, P9
415	100.0	0.0	1.395E-008	P2, P21, P39, P40, P9
416	100.0	0.0	1.395E-008	P16, P39, P4, P40, P8
417	100.0	0.0	1.370E-008	P26, P39, P40, P7, P8
418	100.0	0.0	1.339E-008	P1, P14, P38, P40, P8
419	100.0	0.0	1.318E-008	P12, P39, P4, P40, P8
420	100.0	0.0	1.318E-008	P25, P39, P4, P40, P8
421	100.0	0.0	1.315E-008	P30, P38, P40, P6, P9
422	100.0	0.0	1.296E-008	P14, P38, P40, P5, P9
423	100.0	0.0	1.272E-008	P2, P37, P38, P40, P8
424	100.0	0.0	1.249E-008	P21, P39, P40, P7, P8
425	100.0	0.0	1.240E-008	P24, P39, P40, P41, P8
426	100.0	0.0	1.240E-008	P29, P39, P4, P40, P8
427	100.0	0.0	1.235E-008	P1, P30, P38, P40, P8
428	100.0	0.0	1.200E-008	P31, P39, P40, P41, P9
429	100.0	0.0	1.195E-008	P30, P38, P40, P5, P9
430	100.0	0.0	1.188E-008	P20, P38, P40, P6, P9
431	100.0	0.0	1.183E-008	P2, P28, P38, P40, P8
432	100.0	0.0	1.179E-008	P1, P10, P11, P38, P40, P9

2021/05/12

19:17:46

Page 9

Sort/Slice Cut Set Report

Family-> TEC

Fault Tree-> POGAR

Mincut Upper Bound -> 1.872E-004 This Partition -> 1.872E-004

Cut No.	% Total	% Cut Set	Frequency	Cut Sets
433	100.0	0.0	1.140E-008	P17, P39, P40, P41, P9
434	100.0	0.0	1.122E-008	P26, P39, P40, P6, P9
435	100.0	0.0	1.116E-008	P1, P20, P38, P40, P8
436	100.0	0.0	1.085E-008	P22, P39, P4, P40, P8
437	100.0	0.0	1.085E-008	P15, P39, P4, P40, P8
438	100.0	0.0	1.080E-008	P20, P38, P40, P5, P9
439	100.0	0.0	1.080E-008	P16, P39, P40, P41, P9

440 100.0 0.0 1.054E-008 P1, P26, P39, P40, P8
441 100.0 0.0 1.048E-008 P27, P38, P40, P6, P8
442 100.0 0.0 1.023E-008 P21, P39, P40, P6, P9
443 100.0 0.0 1.020E-008 P25, P39, P40, P41, P9
444 100.0 0.0 1.020E-008 P26, P39, P40, P5, P9
445 100.0 0.0 1.020E-008 P12, P39, P40, P41, P9
446 100.0 0.0 1.012E-008 P26, P38, P40, P41, P8
447 100.0 0.0 9.749E-009 P10, P11, P3, P38, P40, P8
448 100.0 0.0 9.610E-009 P1, P21, P39, P40, P8
449 100.0 0.0 9.600E-009 P29, P39, P40, P41, P9
450 100.0 0.0 9.523E-009 P27, P38, P40, P5, P8
451 100.0 0.0 9.330E-009 P37, P38, P40, P6, P8
452 100.0 0.0 9.300E-009 P21, P39, P40, P5, P9
453 100.0 0.0 9.300E-009 P2, P24, P39, P40, P8
454 100.0 0.0 9.226E-009 P21, P38, P40, P41, P8
455 100.0 0.0 9.000E-009 P2, P31, P39, P40, P9
456 100.0 0.0 8.675E-009 P28, P38, P40, P6, P8
457 100.0 0.0 8.550E-009 P17, P2, P39, P40, P9
458 100.0 0.0 8.525E-009 P34, P39, P4, P40, P8
459 100.0 0.0 8.525E-009 P13, P39, P4, P40, P8
460 100.0 0.0 8.482E-009 P37, P38, P40, P5, P8
461 100.0 0.0 8.400E-009 P22, P39, P40, P41, P9
462 100.0 0.0 8.400E-009 P15, P39, P40, P41, P9
463 100.0 0.0 8.137E-009 P36, P39, P4, P40, P8
464 100.0 0.0 8.100E-009 P16, P2, P39, P40, P9
465 100.0 0.0 8.060E-009 P31, P39, P40, P7, P8
466 100.0 0.0 7.886E-009 P28, P38, P40, P5, P8
467 100.0 0.0 7.800E-009 P19, P39, P40, P7, P9
468 100.0 0.0 7.657E-009 P17, P39, P40, P7, P8
469 100.0 0.0 7.650E-009 P2, P25, P39, P40, P9
470 100.0 0.0 7.650E-009 P12, P2, P39, P40, P9
471 100.0 0.0 7.589E-009 P2, P26, P38, P40, P8
472 100.0 0.0 7.440E-009 P19, P38, P4, P40, P8
473 100.0 0.0 7.254E-009 P16, P39, P40, P7, P8
474 100.0 0.0 7.200E-009 P2, P29, P39, P40, P9
475 100.0 0.0 6.975E-009 P14, P39, P4, P40, P8
476 100.0 0.0 6.919E-009 P2, P21, P38, P40, P8
477 100.0 0.0 6.851E-009 P25, P39, P40, P7, P8
478 100.0 0.0 6.851E-009 P12, P39, P40, P7, P8
479 100.0 0.0 6.820E-009 P24, P39, P40, P6, P8
480 100.0 0.0 6.600E-009 P34, P39, P40, P41, P9

2021/05/12

19:17:46

Page 10

Sort/Slice Cut Set Report

Family-> TEC

Fault Tree-> POGAR

Mincut Upper Bound -> 1.872E-004 This Partition -> 1.872E-004

Cut % % Cut

No. Total Set Frequency

Cut Sets

481	100.0	0.0	6.600E-009	P13, P39, P40, P41, P9
482	100.0	0.0	6.600E-009	P31, P39, P40, P6, P9
483	100.0	0.0	6.448E-009	P29, P39, P40, P7, P8
484	100.0	0.0	6.432E-009	P30, P39, P4, P40, P8
485	100.0	0.0	6.300E-009	P15, P2, P39, P40, P9
486	100.0	0.0	6.300E-009	P36, P39, P40, P41, P9
487	100.0	0.0	6.300E-009	P2, P22, P39, P40, P9
488	100.0	0.0	6.270E-009	P17, P39, P40, P6, P9
489	100.0	0.0	6.200E-009	P24, P39, P40, P5, P8
490	100.0	0.0	6.200E-009	P1, P31, P39, P40, P8
491	100.0	0.0	6.143E-009	P10, P11, P39, P4, P40, P9
492	100.0	0.0	6.000E-009	P1, P19, P39, P40, P9
493	100.0	0.0	6.000E-009	P31, P39, P40, P5, P9
494	100.0	0.0	5.952E-009	P31, P38, P40, P41, P8
495	100.0	0.0	5.952E-009	P18, P39, P40, P41, P8
496	100.0	0.0	5.940E-009	P16, P39, P40, P6, P9
497	100.0	0.0	5.890E-009	P1, P17, P39, P40, P8
498	100.0	0.0	5.812E-009	P20, P39, P4, P40, P8
499	100.0	0.0	5.760E-009	P19, P38, P40, P41, P9
500	100.0	0.0	5.700E-009	P17, P39, P40, P5, P9
501	100.0	0.0	5.654E-009	P17, P38, P40, P41, P8
502	100.0	0.0	5.642E-009	P22, P39, P40, P7, P8
503	100.0	0.0	5.642E-009	P15, P39, P40, P7, P8
504	100.0	0.0	5.610E-009	P25, P39, P40, P6, P9
505	100.0	0.0	5.610E-009	P12, P39, P40, P6, P9
506	100.0	0.0	5.580E-009	P1, P16, P39, P40, P8
507	100.0	0.0	5.565E-009	P26, P38, P40, P6, P8
508	100.0	0.0	5.400E-009	P16, P39, P40, P5, P9
509	100.0	0.0	5.400E-009	P14, P39, P40, P41, P9
510	100.0	0.0	5.357E-009	P16, P38, P40, P41, P8
511	100.0	0.0	5.280E-009	P29, P39, P40, P6, P9
512	100.0	0.0	5.270E-009	P1, P12, P39, P40, P8
513	100.0	0.0	5.270E-009	P1, P25, P39, P40, P8
514	100.0	0.0	5.100E-009	P12, P39, P40, P5, P9
515	100.0	0.0	5.100E-009	P25, P39, P40, P5, P9
516	100.0	0.0	5.074E-009	P21, P38, P40, P6, P8
517	100.0	0.0	5.059E-009	P25, P38, P40, P41, P8
518	100.0	0.0	5.059E-009	P26, P38, P40, P5, P8
519	100.0	0.0	5.059E-009	P12, P38, P40, P41, P8
520	100.0	0.0	4.980E-009	P30, P39, P40, P41, P9
521	100.0	0.0	4.960E-009	P19, P3, P39, P40, P8
522	100.0	0.0	4.960E-009	P1, P29, P39, P40, P8
523	100.0	0.0	4.950E-009	P2, P34, P39, P40, P9
524	100.0	0.0	4.950E-009	P13, P2, P39, P40, P9
525	100.0	0.0	4.800E-009	P29, P39, P40, P5, P9
526	100.0	0.0	4.762E-009	P29, P38, P40, P41, P8
527	100.0	0.0	4.725E-009	P2, P36, P39, P40, P9
528	100.0	0.0	4.620E-009	P15, P39, P40, P6, P9

Family-> TEC

Fault Tree-> POGAR

Mincut Upper Bound -> 1.872E-004 This Partition -> 1.872E-004

Cut No.	% Total	% Cut Set	Frequency	Cut Sets
529	100.0	0.0	4.620E-009	P22, P39, P40, P6, P9
530	100.0	0.0	4.613E-009	P21, P38, P40, P5, P8
531	100.0	0.0	4.500E-009	P20, P39, P40, P41, P9
532	100.0	0.0	4.464E-009	P2, P31, P38, P40, P8
533	100.0	0.0	4.464E-009	P18, P2, P39, P40, P8
534	100.0	0.0	4.433E-009	P13, P39, P40, P7, P8
535	100.0	0.0	4.433E-009	P34, P39, P40, P7, P8
536	100.0	0.0	4.340E-009	P1, P22, P39, P40, P8
537	100.0	0.0	4.340E-009	P1, P15, P39, P40, P8
538	100.0	0.0	4.320E-009	P19, P2, P38, P40, P9
539	100.0	0.0	4.241E-009	P17, P2, P38, P40, P8
540	100.0	0.0	4.232E-009	P36, P39, P40, P7, P8
541	100.0	0.0	4.200E-009	P15, P39, P40, P5, P9
542	100.0	0.0	4.200E-009	P22, P39, P40, P5, P9
543	100.0	0.0	4.166E-009	P22, P38, P40, P41, P8
544	100.0	0.0	4.166E-009	P15, P38, P40, P41, P8
545	100.0	0.0	4.050E-009	P14, P2, P39, P40, P9
546	100.0	0.0	4.018E-009	P16, P2, P38, P40, P8
547	100.0	0.0	3.968E-009	P27, P39, P40, P41, P8
548	100.0	0.0	3.869E-009	P19, P38, P40, P7, P8
549	100.0	0.0	3.794E-009	P12, P2, P38, P40, P8
550	100.0	0.0	3.794E-009	P2, P25, P38, P40, P8
551	100.0	0.0	3.735E-009	P2, P30, P39, P40, P9
552	100.0	0.0	3.630E-009	P34, P39, P40, P6, P9
553	100.0	0.0	3.630E-009	P13, P39, P40, P6, P9
554	100.0	0.0	3.627E-009	P14, P39, P40, P7, P8
555	100.0	0.0	3.571E-009	P2, P29, P38, P40, P8
556	100.0	0.0	3.534E-009	P37, P39, P40, P41, P8
557	100.0	0.0	3.465E-009	P36, P39, P40, P6, P9
558	100.0	0.0	3.410E-009	P1, P13, P39, P40, P8
559	100.0	0.0	3.410E-009	P1, P34, P39, P40, P8
560	100.0	0.0	3.375E-009	P2, P20, P39, P40, P9
561	100.0	0.0	3.345E-009	P30, P39, P40, P7, P8
562	100.0	0.0	3.300E-009	P13, P39, P40, P5, P9
563	100.0	0.0	3.300E-009	P34, P39, P40, P5, P9
564	100.0	0.0	3.286E-009	P28, P39, P40, P41, P8
565	100.0	0.0	3.274E-009	P34, P38, P40, P41, P8
566	100.0	0.0	3.274E-009	P13, P38, P40, P41, P8
567	100.0	0.0	3.274E-009	P31, P38, P40, P6, P8
568	100.0	0.0	3.274E-009	P18, P39, P40, P6, P8
569	100.0	0.0	3.255E-009	P1, P36, P39, P40, P8
570	100.0	0.0	3.194E-009	P10, P11, P39, P40, P7, P9
571	100.0	0.0	3.168E-009	P19, P38, P40, P6, P9
572	100.0	0.0	3.150E-009	P36, P39, P40, P5, P9
573	100.0	0.0	3.125E-009	P2, P22, P38, P40, P8

574 100.0 0.0 3.125E-009 P15, P2, P38, P40, P8
 575 100.0 0.0 3.125E-009 P36, P38, P40, P41, P8
 576 100.0 0.0 3.110E-009 P17, P38, P40, P6, P8

2021/05/12 19:17:46 Page 12

Sort/Slice Cut Set Report

Family-> TEC Fault Tree-> POGAR
 Mincut Upper Bound -> 1.872E-004 This Partition -> 1.872E-004

Cut No.	% Total	% Cut Set	Frequency	Cut Sets
577	100.0	0.0	3.047E-009	P10, P11, P38, P4, P40, P8
578	100.0	0.0	3.023E-009	P20, P39, P40, P7, P8
579	100.0	0.0	2.976E-009	P31, P38, P40, P5, P8
580	100.0	0.0	2.976E-009	P18, P39, P40, P5, P8
581	100.0	0.0	2.976E-009	P2, P27, P39, P40, P8
582	100.0	0.0	2.976E-009	P1, P19, P38, P40, P8
583	100.0	0.0	2.970E-009	P14, P39, P40, P6, P9
584	100.0	0.0	2.946E-009	P16, P38, P40, P6, P8
585	100.0	0.0	2.880E-009	P19, P38, P40, P5, P9
586	100.0	0.0	2.827E-009	P17, P38, P40, P5, P8
587	100.0	0.0	2.790E-009	P1, P14, P39, P40, P8
588	100.0	0.0	2.783E-009	P12, P38, P40, P6, P8
589	100.0	0.0	2.783E-009	P25, P38, P40, P6, P8
590	100.0	0.0	2.739E-009	P30, P39, P40, P6, P9
591	100.0	0.0	2.700E-009	P14, P39, P40, P5, P9
592	100.0	0.0	2.678E-009	P16, P38, P40, P5, P8
593	100.0	0.0	2.678E-009	P14, P38, P40, P41, P8
594	100.0	0.0	2.651E-009	P2, P37, P39, P40, P8
595	100.0	0.0	2.619E-009	P29, P38, P40, P6, P8
596	100.0	0.0	2.573E-009	P1, P30, P39, P40, P8
597	100.0	0.0	2.530E-009	P25, P38, P40, P5, P8
598	100.0	0.0	2.530E-009	P12, P38, P40, P5, P8
599	100.0	0.0	2.490E-009	P30, P39, P40, P5, P9
600	100.0	0.0	2.475E-009	P20, P39, P40, P6, P9
601	100.0	0.0	2.470E-009	P30, P38, P40, P41, P8
602	100.0	0.0	2.464E-009	P2, P28, P39, P40, P8
603	100.0	0.0	2.457E-009	P1, P10, P11, P39, P40, P9
604	100.0	0.0	2.455E-009	P2, P34, P38, P40, P8
605	100.0	0.0	2.455E-009	P13, P2, P38, P40, P8
606	100.0	0.0	2.381E-009	P29, P38, P40, P5, P8
607	100.0	0.0	2.359E-009	P10, P11, P38, P40, P41, P9
608	100.0	0.0	2.344E-009	P2, P36, P38, P40, P8
609	100.0	0.0	2.325E-009	P1, P20, P39, P40, P8
610	100.0	0.0	2.292E-009	P22, P38, P40, P6, P8
611	100.0	0.0	2.292E-009	P15, P38, P40, P6, P8
612	100.0	0.0	2.250E-009	P20, P39, P40, P5, P9
613	100.0	0.0	2.232E-009	P20, P38, P40, P41, P8
614	100.0	0.0	2.182E-009	P27, P39, P40, P6, P8

615	100.0	0.0	2.108E-009	P26, P39, P40, P41, P8
616	100.0	0.0	2.083E-009	P22, P38, P40, P5, P8
617	100.0	0.0	2.083E-009	P15, P38, P40, P5, P8
618	100.0	0.0	2.031E-009	P10, P11, P3, P39, P40, P8
619	100.0	0.0	2.009E-009	P14, P2, P38, P40, P8
620	100.0	0.0	1.984E-009	P27, P39, P40, P5, P8
621	100.0	0.0	1.944E-009	P37, P39, P40, P6, P8
622	100.0	0.0	1.922E-009	P21, P39, P40, P41, P8
623	100.0	0.0	1.853E-009	P2, P30, P38, P40, P8
624	100.0	0.0	1.807E-009	P28, P39, P40, P6, P8

2021/05/12

19:17:46

Page 13

Sort/Slice Cut Set Report

Family-> TEC

Fault Tree-> POGAR

Mincut Upper Bound -> 1.872E-004 This Partition -> 1.872E-004

Cut No.	% Total	% Cut Set	Frequency	Cut Sets
625	100.0	0.0	1.800E-009	P34, P38, P40, P6, P8
626	100.0	0.0	1.800E-009	P13, P38, P40, P6, P8
627	100.0	0.0	1.769E-009	P10, P11, P2, P38, P40, P9
628	100.0	0.0	1.767E-009	P37, P39, P40, P5, P8
629	100.0	0.0	1.719E-009	P36, P38, P40, P6, P8
630	100.0	0.0	1.674E-009	P2, P20, P38, P40, P8
631	100.0	0.0	1.643E-009	P28, P39, P40, P5, P8
632	100.0	0.0	1.637E-009	P13, P38, P40, P5, P8
633	100.0	0.0	1.637E-009	P34, P38, P40, P5, P8
634	100.0	0.0	1.584E-009	P10, P11, P38, P40, P7, P8
635	100.0	0.0	1.581E-009	P2, P26, P39, P40, P8
636	100.0	0.0	1.562E-009	P36, P38, P40, P5, P8
637	100.0	0.0	1.550E-009	P19, P39, P4, P40, P8
638	100.0	0.0	1.473E-009	P14, P38, P40, P6, P8
639	100.0	0.0	1.441E-009	P2, P21, P39, P40, P8
640	100.0	0.0	1.359E-009	P30, P38, P40, P6, P8
641	100.0	0.0	1.339E-009	P14, P38, P40, P5, P8
642	100.0	0.0	1.297E-009	P10, P11, P38, P40, P6, P9
643	100.0	0.0	1.240E-009	P31, P39, P40, P41, P8
644	100.0	0.0	1.235E-009	P30, P38, P40, P5, P8
645	100.0	0.0	1.228E-009	P20, P38, P40, P6, P8
646	100.0	0.0	1.219E-009	P1, P10, P11, P38, P40, P8
647	100.0	0.0	1.200E-009	P19, P39, P40, P41, P9
648	100.0	0.0	1.179E-009	P10, P11, P38, P40, P5, P9
649	100.0	0.0	1.178E-009	P17, P39, P40, P41, P8
650	100.0	0.0	1.159E-009	P26, P39, P40, P6, P8
651	100.0	0.0	1.116E-009	P20, P38, P40, P5, P8
652	100.0	0.0	1.116E-009	P16, P39, P40, P41, P8
653	100.0	0.0	1.057E-009	P21, P39, P40, P6, P8
654	100.0	0.0	1.054E-009	P26, P39, P40, P5, P8
655	100.0	0.0	1.054E-009	P25, P39, P40, P41, P8

656	100.0	0.0	1.054E-009	P12, P39, P40, P41, P8
657	100.0	0.0	9.920E-010	P29, P39, P40, P41, P8
658	100.0	0.0	9.610E-010	P21, P39, P40, P5, P8
659	100.0	0.0	9.300E-010	P2, P31, P39, P40, P8
660	100.0	0.0	9.000E-010	P19, P2, P39, P40, P9
661	100.0	0.0	8.835E-010	P17, P2, P39, P40, P8
662	100.0	0.0	8.680E-010	P15, P39, P40, P41, P8
663	100.0	0.0	8.680E-010	P22, P39, P40, P41, P8
664	100.0	0.0	8.370E-010	P16, P2, P39, P40, P8
665	100.0	0.0	8.060E-010	P19, P39, P40, P7, P8
666	100.0	0.0	7.905E-010	P2, P25, P39, P40, P8
667	100.0	0.0	7.905E-010	P12, P2, P39, P40, P8
668	100.0	0.0	7.440E-010	P2, P29, P39, P40, P8
669	100.0	0.0	6.820E-010	P13, P39, P40, P41, P8
670	100.0	0.0	6.820E-010	P34, P39, P40, P41, P8
671	100.0	0.0	6.820E-010	P31, P39, P40, P6, P8
672	100.0	0.0	6.600E-010	P19, P39, P40, P6, P9

2021/05/12

19:17:46

Page 14

Sort/Slice Cut Set Report

Family-> TEC

Fault Tree-> POGAR

Mincut Upper Bound -> 1.872E-004

This Partition -> 1.872E-004

Cut % % Cut

No. Total Set Frequency Cut Sets

Cut No.	% Total	% Cut Set	Frequency	Cut Sets
673	100.0	0.0	6.510E-010	P36, P39, P40, P41, P8
674	100.0	0.0	6.510E-010	P15, P2, P39, P40, P8
675	100.0	0.0	6.510E-010	P2, P22, P39, P40, P8
676	100.0	0.0	6.479E-010	P17, P39, P40, P6, P8
677	100.0	0.0	6.347E-010	P10, P11, P39, P4, P40, P8
678	100.0	0.0	6.200E-010	P31, P39, P40, P5, P8
679	100.0	0.0	6.200E-010	P1, P19, P39, P40, P8
680	100.0	0.0	6.138E-010	P16, P39, P40, P6, P8
681	100.0	0.0	6.000E-010	P19, P39, P40, P5, P9
682	100.0	0.0	5.952E-010	P19, P38, P40, P41, P8
683	100.0	0.0	5.890E-010	P17, P39, P40, P5, P8
684	100.0	0.0	5.797E-010	P25, P39, P40, P6, P8
685	100.0	0.0	5.797E-010	P12, P39, P40, P6, P8
686	100.0	0.0	5.580E-010	P14, P39, P40, P41, P8
687	100.0	0.0	5.580E-010	P16, P39, P40, P5, P8
688	100.0	0.0	5.456E-010	P29, P39, P40, P6, P8
689	100.0	0.0	5.270E-010	P12, P39, P40, P5, P8
690	100.0	0.0	5.270E-010	P25, P39, P40, P5, P8
691	100.0	0.0	5.146E-010	P30, P39, P40, P41, P8
692	100.0	0.0	5.115E-010	P2, P34, P39, P40, P8
693	100.0	0.0	5.115E-010	P13, P2, P39, P40, P8
694	100.0	0.0	4.960E-010	P29, P39, P40, P5, P8
695	100.0	0.0	4.914E-010	P10, P11, P39, P40, P41, P9
696	100.0	0.0	4.882E-010	P2, P36, P39, P40, P8

697	100.0	0.0	4.774E-010	P22, P39, P40, P6, P8
698	100.0	0.0	4.774E-010	P15, P39, P40, P6, P8
699	100.0	0.0	4.650E-010	P20, P39, P40, P41, P8
700	100.0	0.0	4.464E-010	P19, P2, P38, P40, P8
701	100.0	0.0	4.340E-010	P15, P39, P40, P5, P8
702	100.0	0.0	4.340E-010	P22, P39, P40, P5, P8
703	100.0	0.0	4.185E-010	P14, P2, P39, P40, P8
704	100.0	0.0	3.859E-010	P2, P30, P39, P40, P8
705	100.0	0.0	3.751E-010	P13, P39, P40, P6, P8
706	100.0	0.0	3.751E-010	P34, P39, P40, P6, P8
707	100.0	0.0	3.686E-010	P10, P11, P2, P39, P40, P9
708	100.0	0.0	3.580E-010	P36, P39, P40, P6, P8
709	100.0	0.0	3.487E-010	P2, P20, P39, P40, P8
710	100.0	0.0	3.410E-010	P13, P39, P40, P5, P8
711	100.0	0.0	3.410E-010	P34, P39, P40, P5, P8
712	100.0	0.0	3.301E-010	P10, P11, P39, P40, P7, P8
713	100.0	0.0	3.274E-010	P19, P38, P40, P6, P8
714	100.0	0.0	3.255E-010	P36, P39, P40, P5, P8
715	100.0	0.0	3.069E-010	P14, P39, P40, P6, P8
716	100.0	0.0	2.976E-010	P19, P38, P40, P5, P8
717	100.0	0.0	2.830E-010	P30, P39, P40, P6, P8
718	100.0	0.0	2.790E-010	P14, P39, P40, P5, P8
719	100.0	0.0	2.703E-010	P10, P11, P39, P40, P6, P9
720	100.0	0.0	2.573E-010	P30, P39, P40, P5, P8

2021/05/12

19:17:46

Page 15

Sort/Slice Cut Set Report

Family-> TEC

Fault Tree-> POGAR

Mincut Upper Bound -> 1.872E-004

This Partition -> 1.872E-004

Cut % % Cut

No. Total Set Frequency Cut Sets

721	100.0	0.0	2.557E-010	P20, P39, P40, P6, P8
722	100.0	0.0	2.539E-010	P1, P10, P11, P39, P40, P8
723	100.0	0.0	2.457E-010	P10, P11, P39, P40, P5, P9
724	100.0	0.0	2.437E-010	P10, P11, P38, P40, P41, P8
725	100.0	0.0	2.325E-010	P20, P39, P40, P5, P8
726	100.0	0.0	1.828E-010	P10, P11, P2, P38, P40, P8
727	100.0	0.0	1.341E-010	P10, P11, P38, P40, P6, P8
728	100.0	0.0	1.240E-010	P19, P39, P40, P41, P8
729	100.0	0.0	1.219E-010	P10, P11, P38, P40, P5, P8
730	100.0	0.0	9.300E-011	P19, P2, P39, P40, P8
731	100.0	0.0	6.820E-011	P19, P39, P40, P6, P8
732	100.0	0.0	6.200E-011	P19, P39, P40, P5, P8
733	100.0	0.0	5.078E-011	P10, P11, P39, P40, P41, P8
734	100.0	0.0	3.808E-011	P10, P11, P2, P39, P40, P8
735	100.0	0.0	2.793E-011	P10, P11, P39, P40, P6, P8
736	100.0	0.0	2.539E-011	P10, P11, P39, P40, P5, P8

