

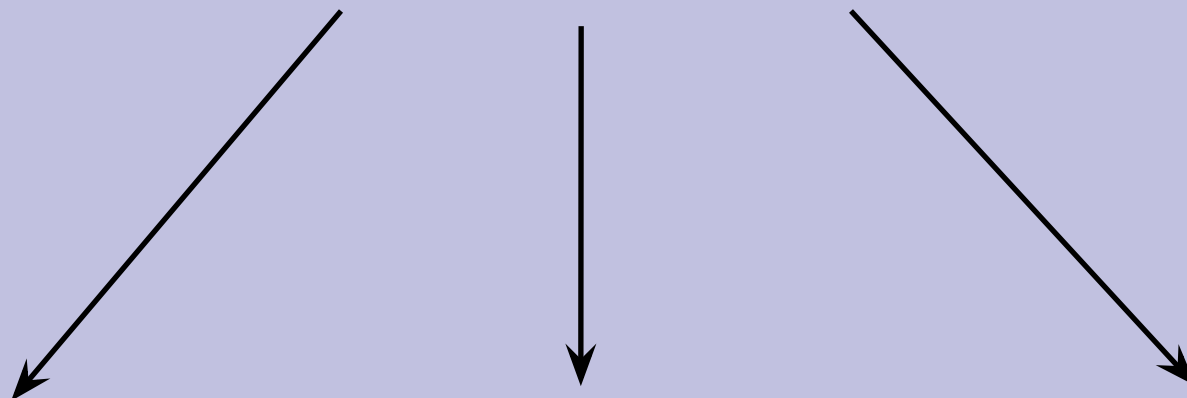
МАГИСТЕРСКАЯ  
ДИССЕРТАЦИЯ  
на тему:

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАСЧЕТ  
НАДЕЖНОСТИ В МОДЕЛЯХ  
СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

Исполнитель:  
магистр гр. КМ – 610 **Гордеев В.В.**

Научный руководитель:  
к.т.н, доцент **Бондарев В.А.**

# Методы расчета надежности электроснабжения



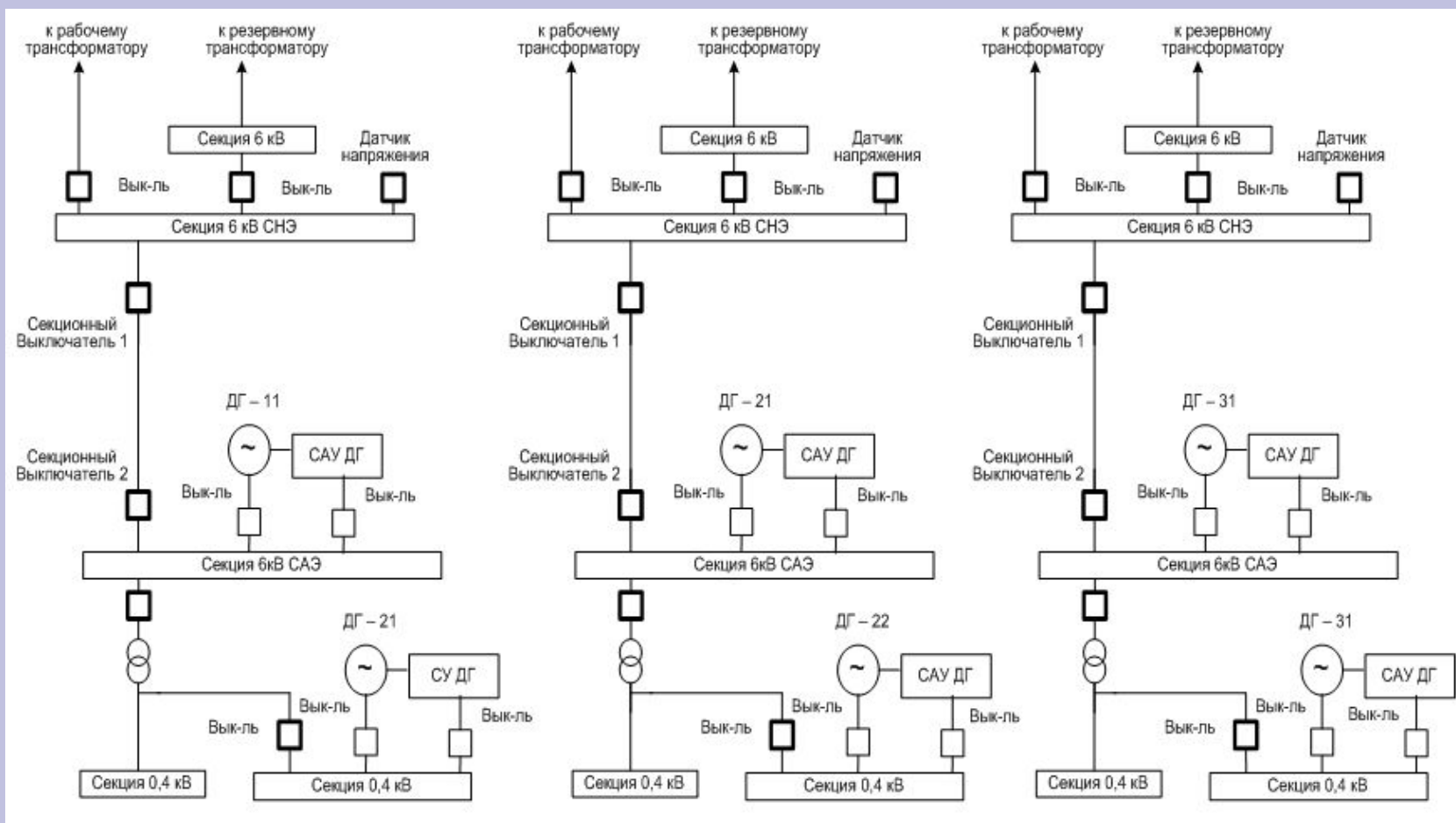
АНАЛИТИЧЕСКИЙ

ЛОГИКО –  
ВЕРОЯТНОСТНЫЙ

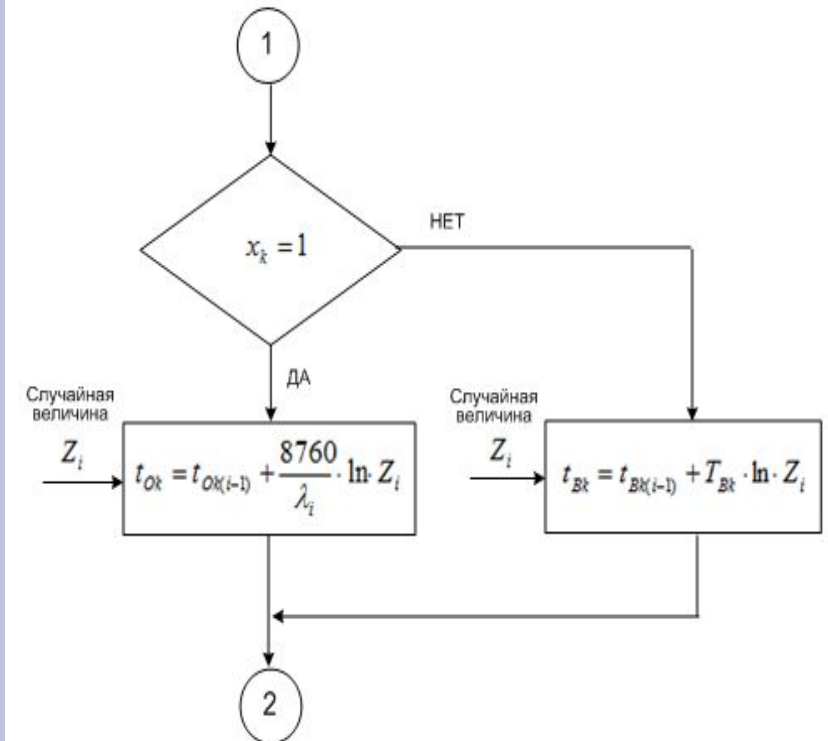
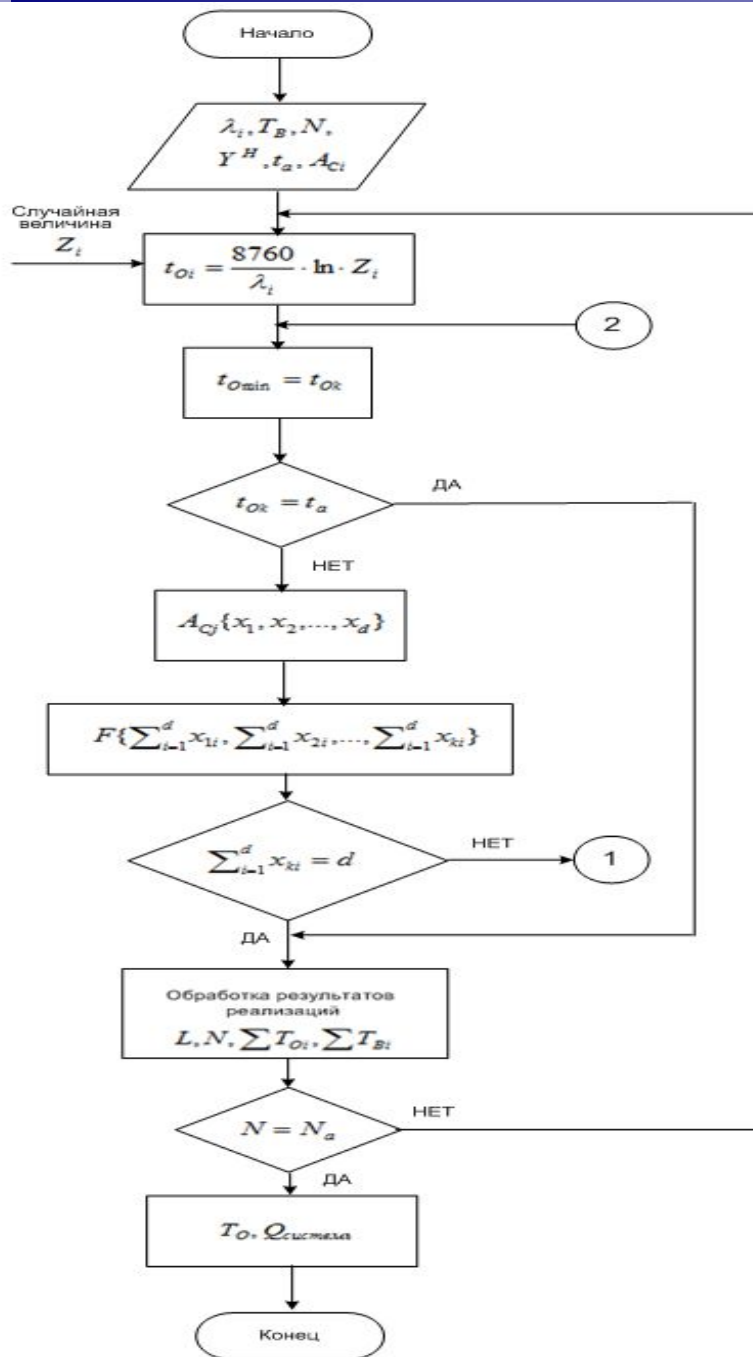
ТАБЛИЧНО –  
ЛОГИЧЕСКИЙ

# Рассматриваемая система

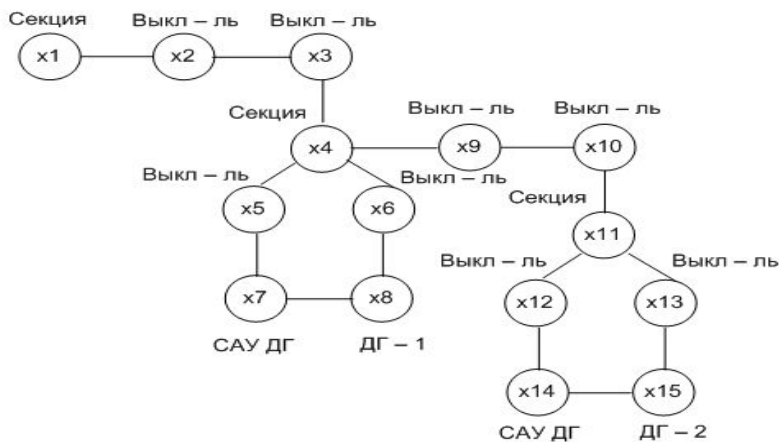
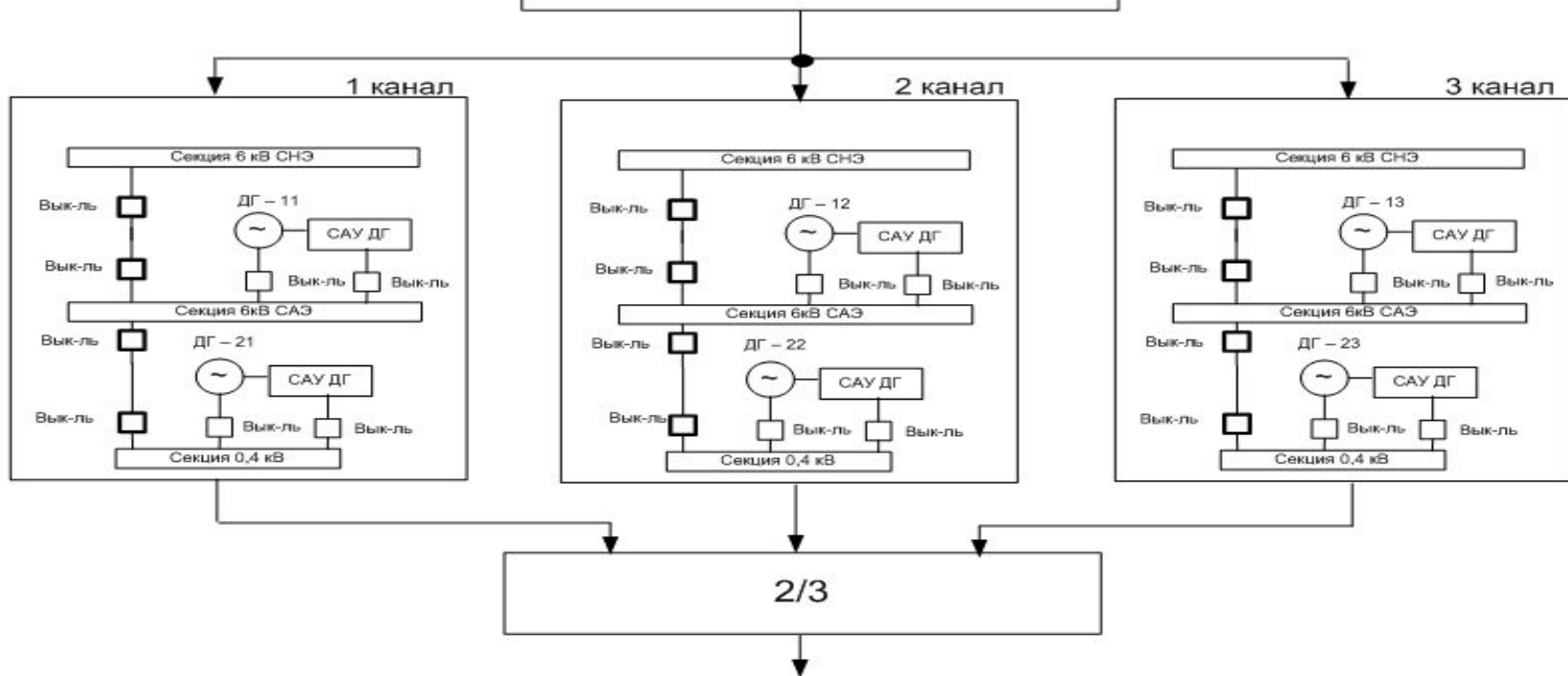
Рассматривается типовая система аварийного электроснабжения (САЭ) энергоблока атомной электростанции (АЭС) с реактором на быстрых нейтронах



# Алгоритм моделирования расчета надежности



ПИТАНИЕ ОТ РАБОЧЕГО И РЕЗЕРВНОГО  
ТРАНСФОРМАТОРОВ



**Исходная структурная схема рассматриваемой системы электроснабжения**

Согласно существующей типовой структуре.

# Расчет надежности исходной схемы

Негативная матрица путей успешного функционирования:

$$A_{C1} = [111100011110001]$$

Полная логическая матрица работоспособности:

$$Y = \begin{bmatrix} 111100011110001 \\ 000111110011111 \\ 000111111110001 \\ 111100010011111 \end{bmatrix}$$

Негативная матрица путей успешного функционирования:

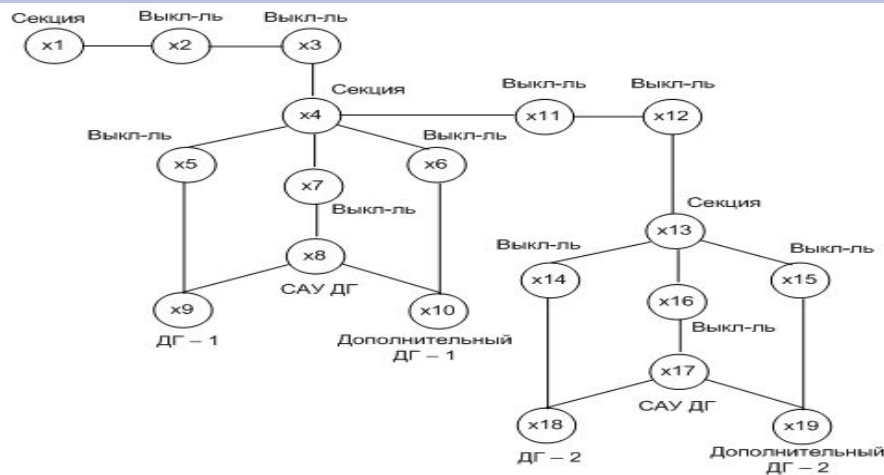
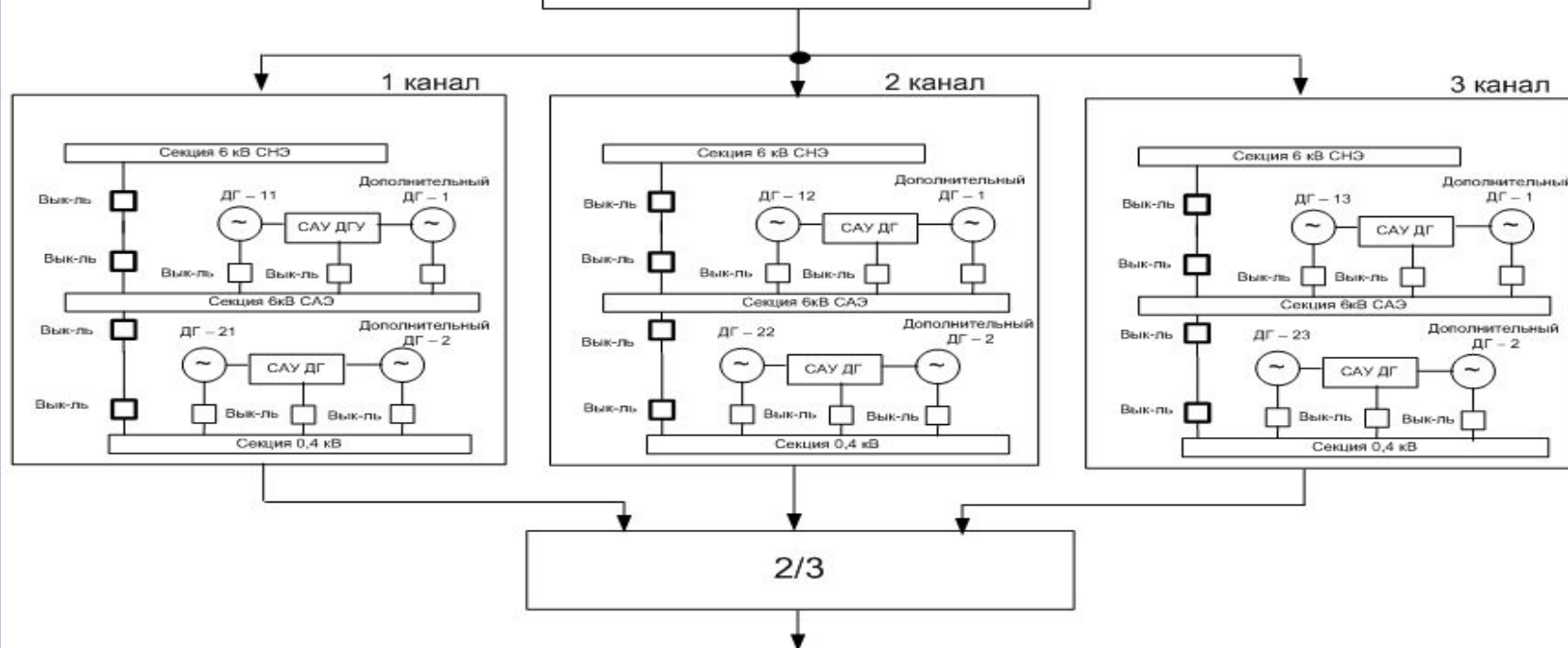
$$Y^H = \begin{bmatrix} 000011100001110 \\ 111000001100000 \\ 111000000001110 \\ 000011101100000 \end{bmatrix}$$

## РЕЗУЛЬТАТ

$$T_{Ocp} = 105,443 \text{ (лет)},$$

$$Q_{системы} = 0,00079 = 0,79 \cdot 10^{-3} .$$

ПИТАНИЕ ОТ РАБОЧЕГО И РЕЗЕРВНОГО  
ТРАНСФОРМАТОРОВ



**Альтернативная схема №1**  
**рассматриваемой системы**  
**электропитания**

В каждый канал добавлены резервные ДГ, как для первой, так и для второй подсистемы.

# Расчет надежности альтернативной схемы №1

Негативная матрица  
путей успешного  
функционирования:

$$A_{C1} = [1111000000111000000]$$

Полная логическая  
матрица  
работоспособности:

$$Y = \begin{bmatrix} 1111000000 & 111000000 \\ 0001101110 & 111000000 \\ 1111000000 & 001101111 \\ 0001011101 & 111000000 \\ 1111000000 & 001011101 \\ 0001101110 & 001101110 \\ 0001101110 & 001011101 \\ 0001011101 & 001101110 \\ 0001011101 & 001011101 \end{bmatrix}$$

Негативная матрица  
путей успешного  
функционирования:

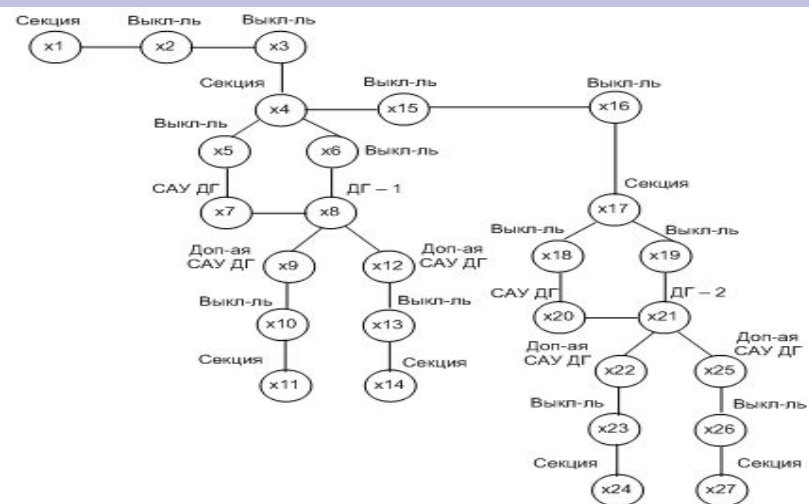
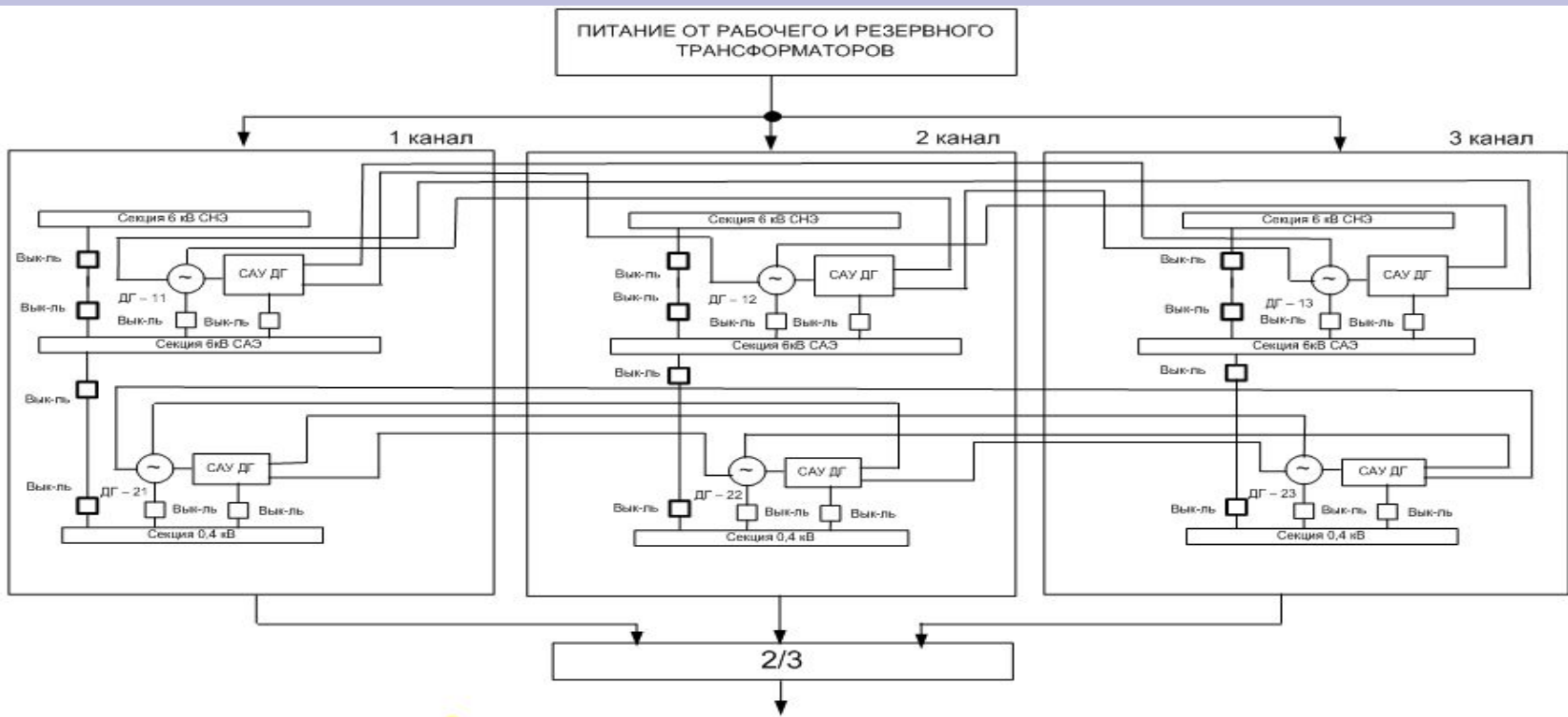
$$Y^H = \begin{bmatrix} 0000111111 & 000111111 \\ 1110010001 & 000111111 \\ 0000111111 & 110010000 \\ 1110100010 & 000111111 \\ 0000111111 & 110100010 \\ 1110010001 & 110010001 \\ 1110010001 & 110100010 \\ 1110100010 & 110010001 \\ 1110100010 & 110100010 \end{bmatrix}$$

## РЕЗУЛЬТАТ

$$T_{Ocp} = 312,068 \text{ (лет)},$$

$$Q_{системы} = 0,000267 = 0,267 \cdot 10^{-3}.$$





**Альтернативная схема №2**  
**рассматриваемой системы**  
**электропитания**

Осуществлено взаимное резервирование САУ ДГ между каналами.

# Расчет надежности альтернативной схемы №2

Негативная матрица путей успешного функционирования:

$$A_{C1} = [1111000000 \ 1001111000 \ 0001001]$$

Полная логическая матрица работоспособности:

$$Y = \begin{bmatrix} 1111000000 & 1001111000 & 0001001 \\ 0001111100 & 1001111000 & 0001001 \\ 0001010111 & 1001111000 & 0001001 \\ 0001010100 & 1111111000 & 0001001 \\ 1111000000 & 1001001111 & 1001001 \\ 1111000000 & 1001001010 & 1111001 \\ 1111000000 & 1001001010 & 1001111 \\ 0001111100 & 1001001111 & 1001001 \\ 0001010111 & 1001001111 & 1001001 \\ 0001010100 & 1111001111 & 1001001 \\ 0001111100 & 1001001010 & 1111001 \\ 0001111100 & 1001001010 & 1001111 \\ 0001010111 & 1001001010 & 1111001 \\ 0001010111 & 1001001010 & 1001111 \\ 0001010100 & 1111001010 & 1111001 \\ 0001010100 & 1111001010 & 1001111 \end{bmatrix}$$

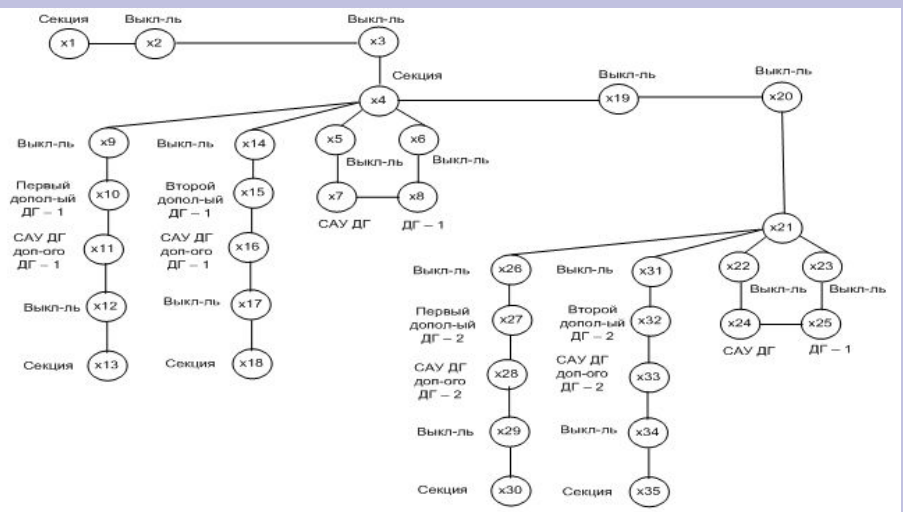
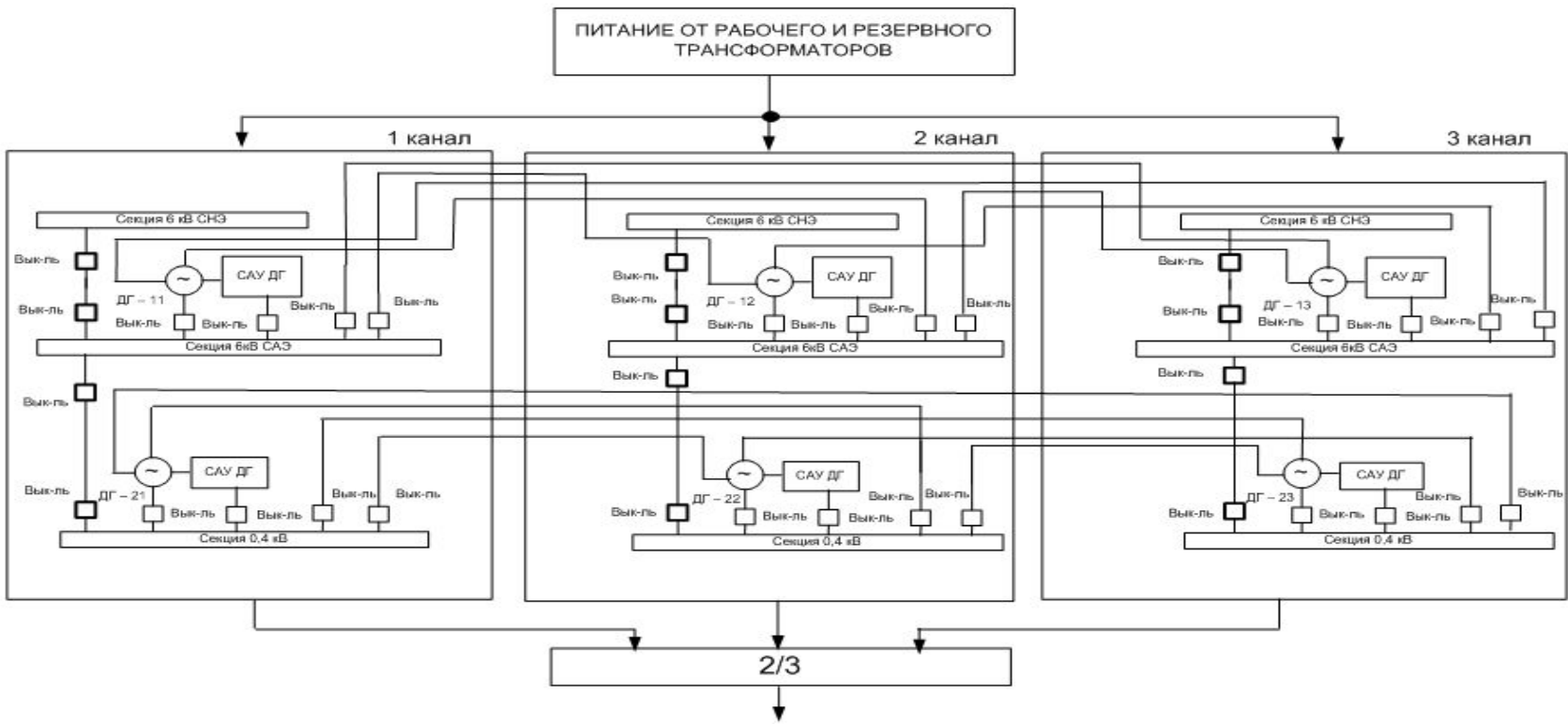
Негативная матрица путей успешного функционирования:

$$Y^H = \begin{bmatrix} 0000111111 & 0110000111 & 1110110 \\ 1110000011 & 0110000111 & 1110110 \\ 1110101000 & 0110000111 & 1110110 \\ 1110101011 & 0000000111 & 1110110 \\ 0000111111 & 0110110000 & 0110110 \\ 0000111111 & 0110110101 & 0000110 \\ 0000111111 & 0110110101 & 0110000 \\ 1110000011 & 0110110000 & 0110110 \\ 1110101000 & 0110110000 & 0110110 \\ 1110101011 & 0000110000 & 0110110 \\ 1110000011 & 0110110101 & 0000110 \\ 1110000011 & 0110110101 & 0110000 \\ 1110101000 & 0110110101 & 0000110 \\ 1110101000 & 0110110101 & 0110000 \\ 1110101011 & 0000110101 & 0000110 \\ 1110101011 & 0000110101 & 0110000 \end{bmatrix}$$

## РЕЗУЛЬТАТ

$$T_{Ocp} = 933,142 \text{ (лет)},$$

$$Q_{системы} = 0,0000893 = 0,0893 \cdot 10^{-3}.$$



**Альтернативная схема №3**  
**рассматриваемой системы**  
**электропитания**

Осуществлено взаимное резервирование ДГ между каналами.

# Расчет надежности альтернативной схемы №3

Негативная матрица путей успешного функционирования:

$$A_{Cl} = [1111000000 \ 0010000111 \ 1000000001 \ 00001]$$

Полная логическая матрица работоспособности:

$$Y = \begin{bmatrix} 1111000000 & 0010000111 & 1000000001 & 00001 \\ 0001111100 & 0010000111 & 1000000001 & 00001 \\ 0001000011 & 1110000111 & 1000000001 & 00001 \\ 0001000000 & 0011111111 & 1000000001 & 00001 \\ 1111000000 & 0010000100 & 1111100001 & 00001 \\ 1111000000 & 0010000100 & 1000011111 & 00001 \\ 1111000000 & 0010000100 & 1000000001 & 11111 \\ 0001111100 & 0010000100 & 1111100001 & 00001 \\ 0001000011 & 1110000100 & 1111100001 & 00001 \\ 0001000000 & 0011111100 & 1111100001 & 00001 \\ 0001111100 & 0010000100 & 1000011111 & 00001 \\ 0001111100 & 0010000100 & 1000000001 & 11111 \\ 0001000011 & 1110000100 & 1000011111 & 00001 \\ 0001000011 & 1110000100 & 1000000001 & 11111 \\ 0001000000 & 0011111100 & 1000011111 & 00001 \\ 0001000000 & 0011111100 & 1000000001 & 11111 \end{bmatrix}$$

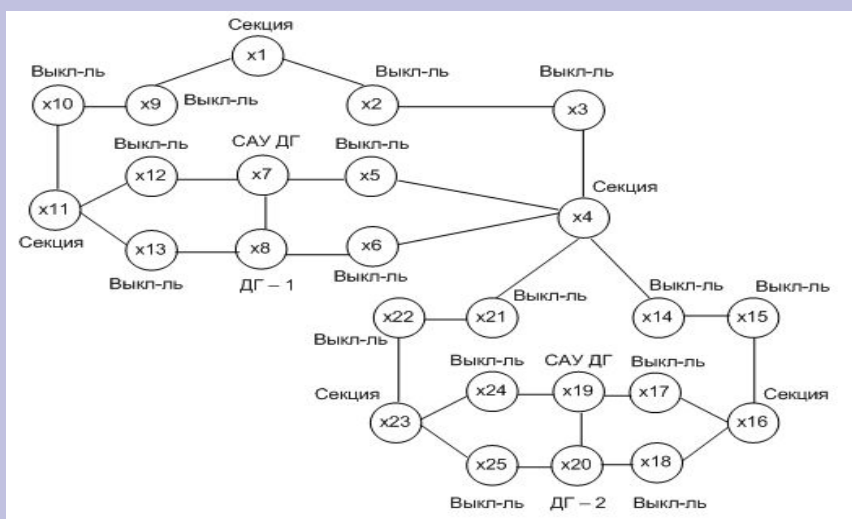
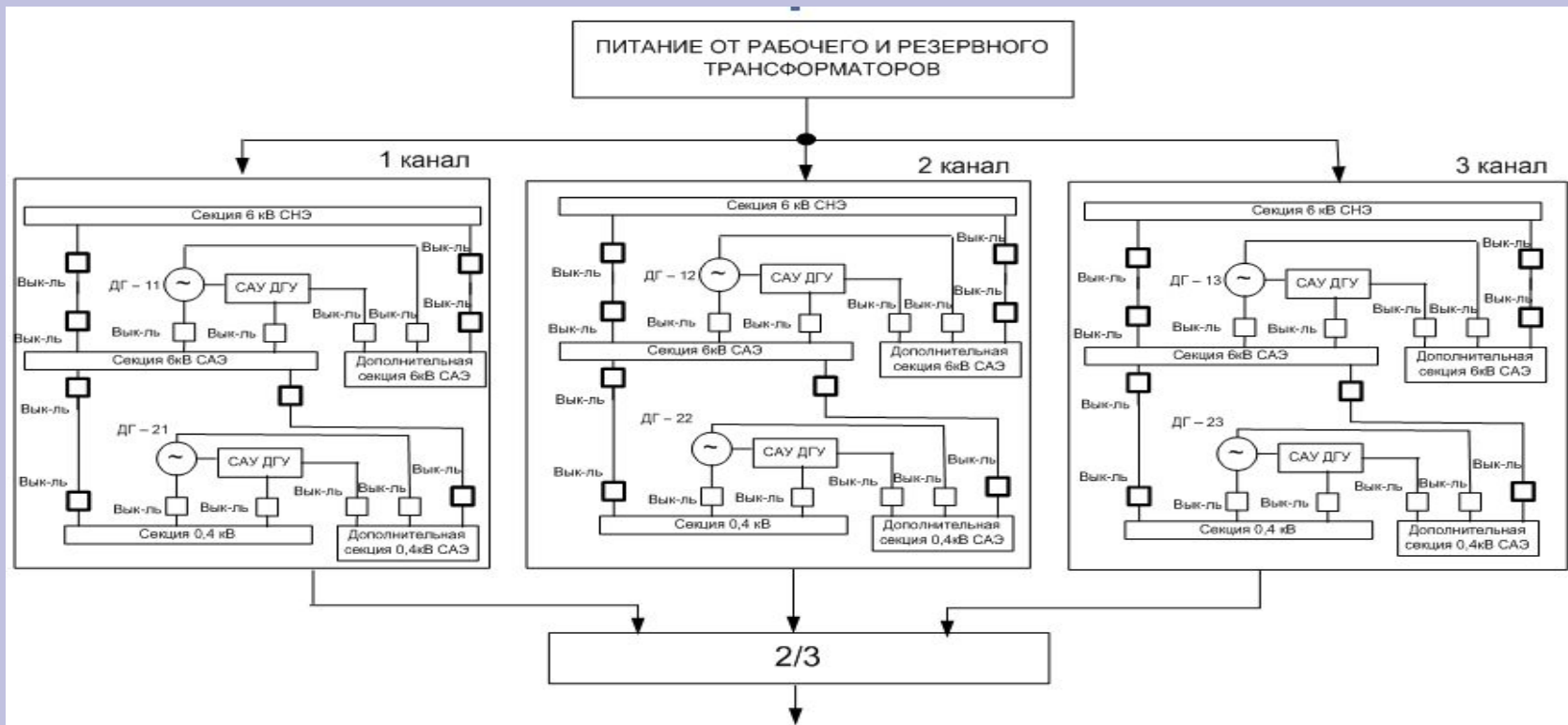
Негативная матрица путей успешного функционирования:

$$Y^H = \begin{bmatrix} 0000111111 & 1101111000 & 0111111110 & 11110 \\ 1110000011 & 1101111000 & 0111111110 & 11110 \\ 1110111100 & 0001111000 & 0111111110 & 11110 \\ 1110111111 & 1100000000 & 0111111110 & 11110 \\ 0000111111 & 1101111011 & 0000011110 & 11110 \\ 0000111111 & 1101111011 & 0111100000 & 11110 \\ 0000111111 & 1101111011 & 0111111110 & 00000 \\ 1110000011 & 1101111011 & 0000011110 & 11110 \\ 1110111100 & 0001111011 & 0000011110 & 11110 \\ 1110111111 & 1100000011 & 0000011110 & 11110 \\ 1110000011 & 1101111011 & 0111100000 & 11110 \\ 1110000011 & 1101111011 & 0111111110 & 00000 \\ 1110111100 & 0001111011 & 0111100000 & 11110 \\ 1110111100 & 0001111011 & 0111111110 & 00000 \\ 1110111111 & 1100000011 & 0111100000 & 11110 \\ 1110111111 & 1100000011 & 0111111110 & 00000 \end{bmatrix}$$

## РЕЗУЛЬТАТ

$$T_{Ocp} = 1225,448 \text{ (лет)},$$

$$Q_{система} = 0,000068 = 0,068 \cdot 10^{-3}.$$



**Альтернативная схема №4**  
**рассматриваемой системы**  
**электроснабжения**

В каждом канале резервируются секции аварийного электроснабжения для обеих подсистем



# Расчет надежности альтернативной схемы №4

Негативная матрица путей успешного функционирования:

$$A_{C1} = [1111000011 \ 1001110000 \ 11100]$$

Полная логическая матрица работоспособности:

$$Y = \begin{bmatrix} 1111000011 & 1001110000 & 11100 \\ 0001111100 & 1001110000 & 11100 \\ 1111000011 & 1000011111 & 00100 \\ 0001111100 & 1000011111 & 00100 \\ 0001001100 & 1111110000 & 11100 \\ 1111000011 & 1000010011 & 00111 \\ 0001111100 & 1000010011 & 11111 \\ 0001001100 & 1110011111 & 00100 \\ 0001001100 & 1110010011 & 00111 \end{bmatrix}$$

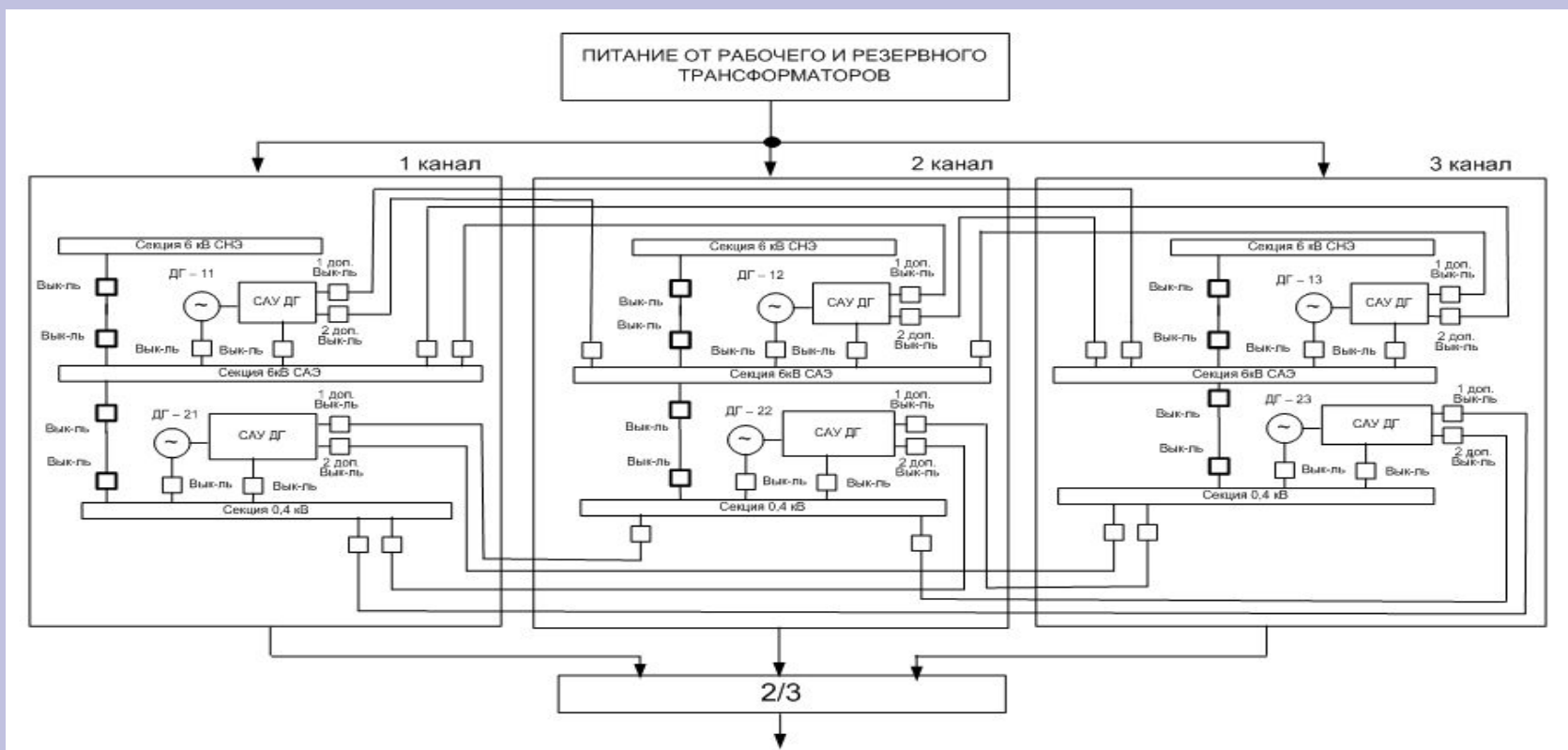
Негативная матрица путей успешного функционирования:

$$Y^H = \begin{bmatrix} 0000111100 & 0110001111 & 00011 \\ 1110000011 & 0110001111 & 00011 \\ 0000111100 & 0111100000 & 11011 \\ 1110000011 & 0111100000 & 11011 \\ 1110110011 & 0000001111 & 00011 \\ 0000111100 & 0111101100 & 11000 \\ 1110000011 & 0111101100 & 00000 \\ 1110110011 & 0001100000 & 11011 \\ 1110110011 & 0001101100 & 11000 \end{bmatrix}$$

## РЕЗУЛЬТАТ

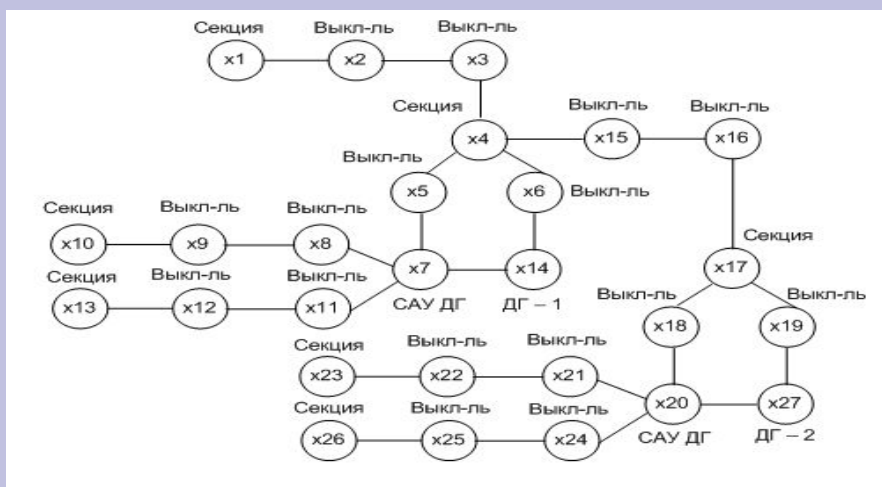
$$T_{Ocp} = 578,662 \text{ (лет)},$$

$$Q_{системы} = 0,0000144 = 0,0144 \cdot 10^{-3}.$$



**Альтернативная схема №5**  
**рассматриваемой системы**  
**электропитания**

Осуществлено взаимное резервирование выключателей САУ ДГ между каналами.



# Расчет надежности альтернативной схемы №5

Негативная матрица путей успешного функционирования:

$$A_{C1} = [1111000001 \ 0010111000 \ 0010010]$$

Полная логическая матрица работоспособности:

$$Y = \begin{bmatrix} 1111000001 & 0010111000 & 0010010 \\ 1111000001 & 0010001111 & 0010011 \\ 1111000001 & 0010001011 & 1110011 \\ 1111000001 & 0010001011 & 0011111 \\ 0001111001 & 0011111000 & 0010010 \\ 0001011111 & 0011111000 & 0010010 \\ 0001011001 & 1111111000 & 0010010 \\ 0001111001 & 0011001111 & 0010011 \\ 0001111001 & 0011001011 & 1110011 \\ 0001111001 & 0011001011 & 0011111 \\ 0000011111 & 0011001111 & 0010011 \\ 0000011111 & 0011001011 & 1110011 \\ 0000011111 & 0011001011 & 0011111 \\ 0000011001 & 1111001111 & 0010011 \\ 0000011001 & 1111001011 & 1110011 \\ 0000011001 & 1111001011 & 0011111 \end{bmatrix}$$

Негативная матрица путей успешного функционирования:

$$Y^H = \begin{bmatrix} 0000111110 & 1101000111 & 1101101 \\ 0000111110 & 1101110000 & 1101100 \\ 0000111110 & 1101110100 & 0001100 \\ 0000111110 & 1101110100 & 1100000 \\ 1110000110 & 1100000111 & 1101101 \\ 1110100000 & 1100000111 & 1101101 \\ 1110100110 & 0000000111 & 1101101 \\ 1110000110 & 1100110100 & 0001100 \\ 1110000110 & 1100110100 & 0001100 \\ 1110000110 & 1100110100 & 1100000 \\ 1111100000 & 1100110000 & 1101100 \\ 1111100000 & 1100110100 & 0001100 \\ 1111100000 & 1100110100 & 1100000 \\ 1111100110 & 0000110000 & 1101100 \\ 1111100110 & 0000110100 & 0001100 \\ 1111100110 & 0000110100 & 1100000 \end{bmatrix}$$


## РЕЗУЛЬТАТ

$$T_{Ocp} = 1064,241 \text{ (лет)},$$

$$Q_{системы} = 0,0000783 = 0,0783 \cdot 10^{-3}.$$







Вы слушали доклад бакалаврской работы на тему:  
*«Разработка верхнего уровня системы управления радиоактивных  
отходов Калининской АЭС»*

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**