

## Практическое занятие 7

### Расчет вероятности аварии

#### Задача 8

Схема электроснабжения промышленного предприятия показана на рис. 22. Для заданного варианта (табл. 23, столбец 1) рассчитать вероятность отключения нагрузки (табл. 23, столбец 2) при ремонте элемента (табл. 21, столбец 3).

Таблица 23

Вариант	Рисунок	Нагрузка	Элемент СЭС
1	рис. 22	Ж (двигатели)	1 (секция шин ГПП)
2	рис. 22	К (выпрямители)	2 (секция шин ГПП)
3	рис. 22	А (нагрузка ТП1)	3 (трансформатор ГПП)
4	рис. 22	Б (нагрузка ТП2)	4 (трансформатор ГПП)
5	рис. 22	А (нагрузка ТП1)	5 (секция шин РП2)
6	рис. 22	Б (нагрузка ТП2)	6 (секция шин РП2)
7	рис. 22	И (нагрузка ТП3)	7 (секция шин РП1)
8	рис. 22	Е (нагрузка ТП1)	8 (секция шин РП1)
9	рис. 22	Е (нагрузка ТП1)	9 (кабель к РП2)
10	рис. 22	З (нагрузка ТП2)	10 (кабель к РП2)
11	рис. 22	И (нагрузка ТП3)	11 (кабель к РП1)
12	рис. 22	К (выпрямители)	12 (кабель к РП1)
13	рис. 22	Л (конденсаторы)	13 (кабель к РП3)
14	рис. 22	М(конденсаторы)	14 (кабель к РП3)
15	рис. 22	Н (нагрузка ТП)	15 (секция шин РП2)
16	рис. 22	О (нагрузка)	16 (секция шин РП2)
17	рис. 23	А (нагрузка РП1)	1 (трансформатор ПГВ)
18	рис. 23	Б (нагрузка РП1)	2 (трансформатор ПГВ)
19	рис. 23	С (нагрузка РП2)	3 (секция шин ПГВ)
20	рис. 23	Д (нагрузка РП2)	4 (секция шин ПГВ)
21	рис. 23	А (нагрузка РП1)	5 (кабель к РП1)
22	рис. 23	Б (нагрузка РП1)	6 (кабель к РП1)
23	рис. 23	С (нагрузка РП2)	7 (кабель к РП1)
24	рис. 23	Д (нагрузка РП2)	8 (кабель к РП1)
25	рис. 23	Б (нагрузка РП1)	9(секция шин РП2)
26	рис. 23	А (нагрузка РП1)	10(секция шин РП2)
27	рис. 23	Д (нагрузка РП2)	11(секция шин РП2)
28	рис. 23	С (нагрузка РП2)	12(секция шин РП2)
29	рис. 23	Д (нагрузка РП2)	13 (генератор)
30	рис. 23	С (нагрузка РП2)	14 (кабель к генератору)

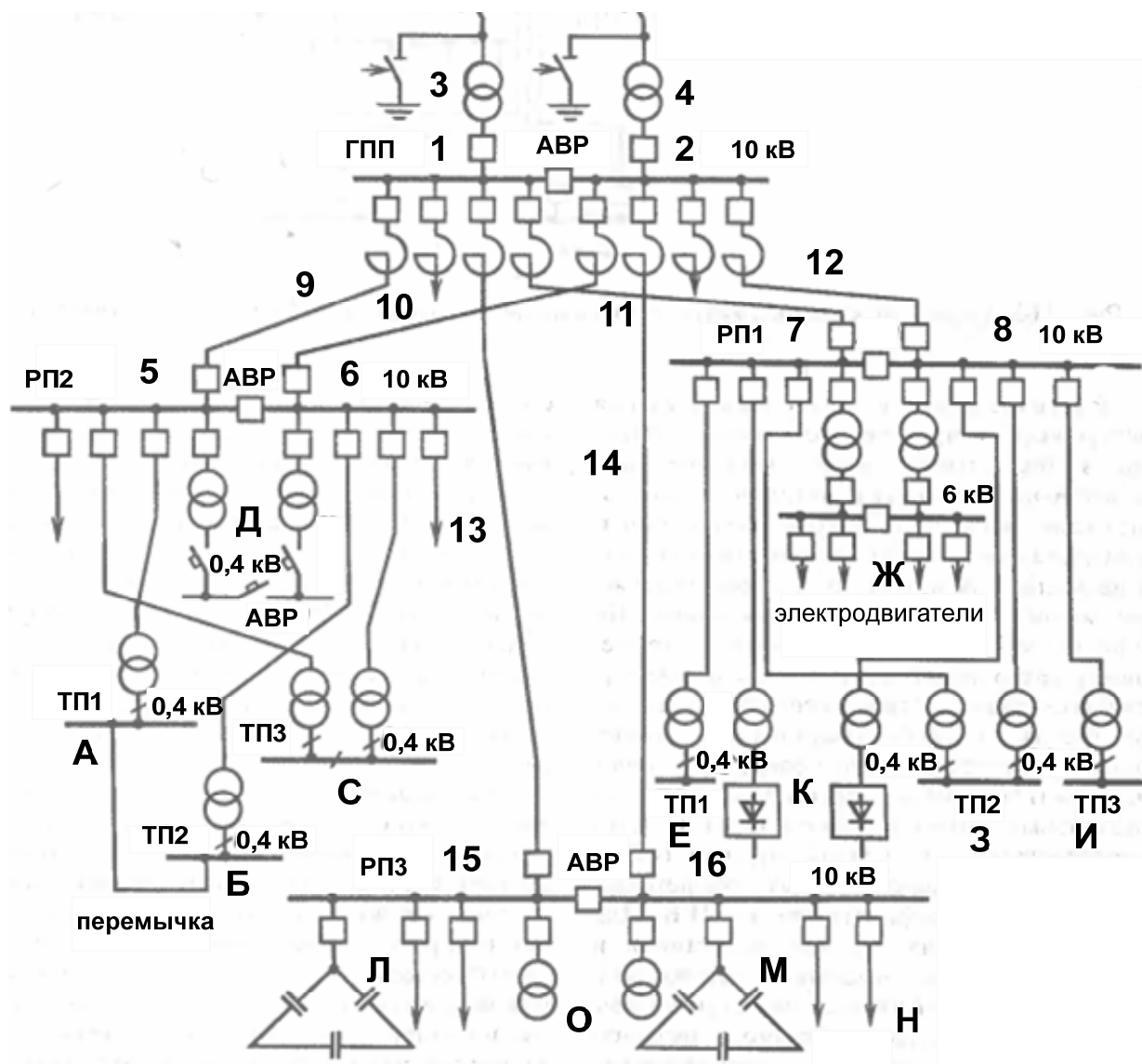


Рис. 22

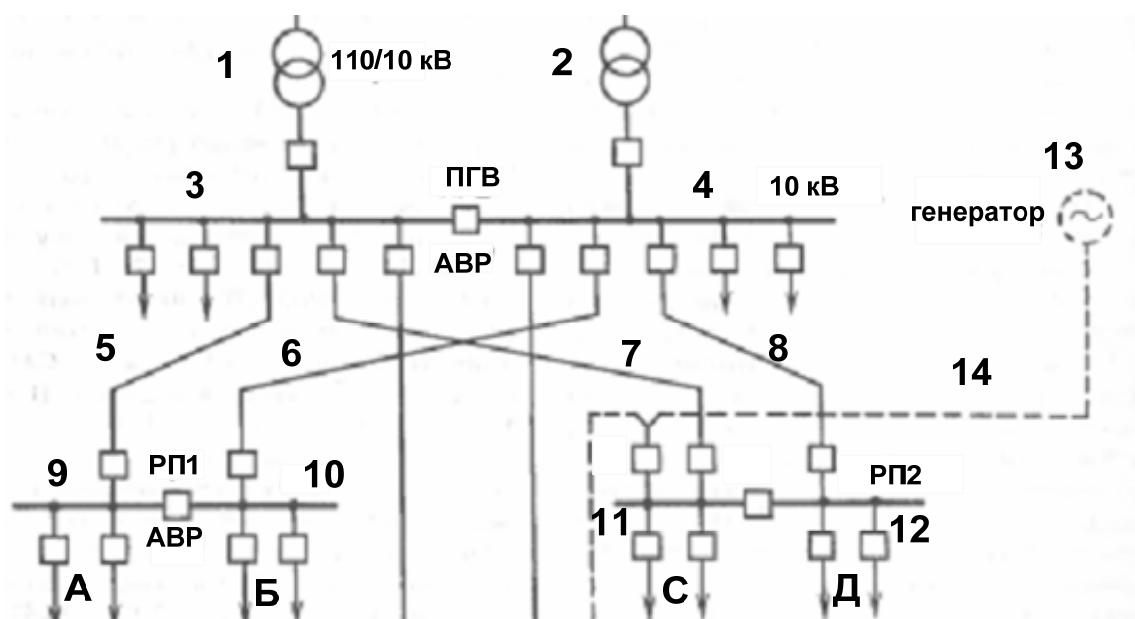


Рис. 23

### Пример к задаче 8

Схема электроснабжения промышленного предприятия показана на рис. 24. Рассчитать вероятность отключения нагрузки при ремонте трансформатора Т1 ГПП.

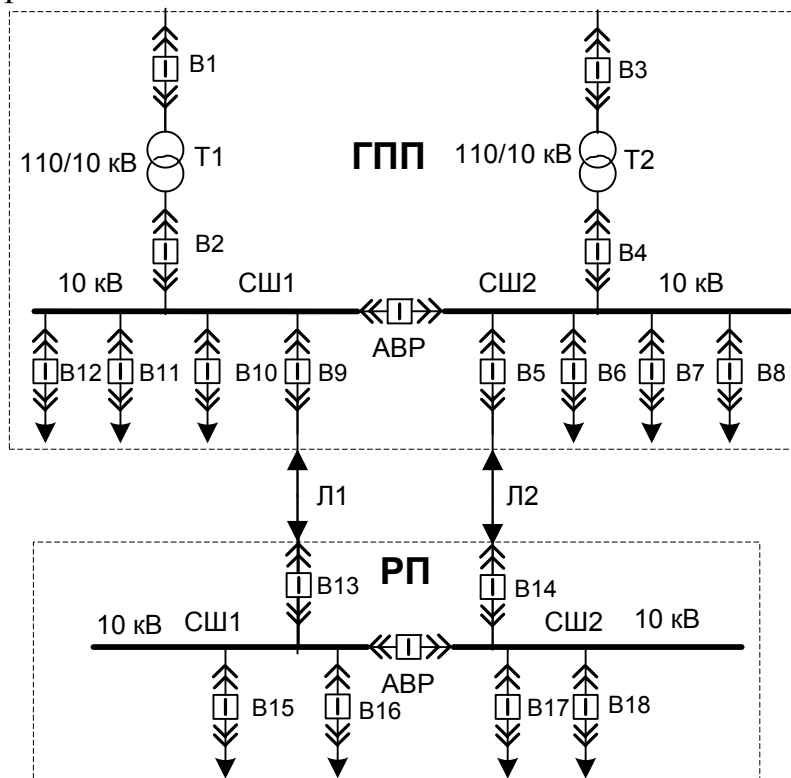


Рис. 24

### Решение

#### 1. Организация планового и капитального ремонта

Работа СЭС предприятия при ремонте трансформатора Т1 ГПП показана на рис. 25. Знаком «рем» на рис. 25 показаны элементы, находящиеся в ремонте. Знаком «рез» — элементы, выполняющие функции элементов, находящихся в ремонте. Резервирующие элементы работают с перегрузками. Восклицательным знаком на рис. 25 показаны элементы, функции которых не дублированы в рассматриваемом режиме. Для выключателей В1-В2 аварией может быть обрыв, а для выключателей В1-В6 и АВР — короткое замыкание.

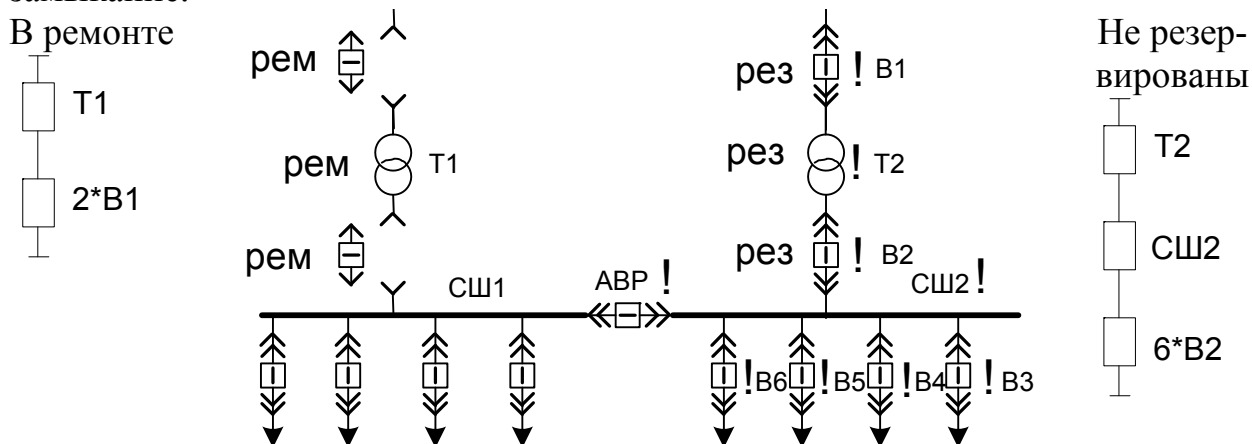


Рис. 25

Выход из строя любого из этих элементов приводит к погашению нагрузки и в структурной схеме надежности элементы соединены последовательно.

## 2. Сбор справочных данных

Показатели плановых ремонтов взяты из [1]:

- трансформатор: частота  $\mu_{п(т)} = 0,75$  1/год, время  $T_{п(т)} = 26$  ч;
- выключатель: частота  $\mu_{п(в)} = 0,861$  /год, время  $T_{п(в)} = 8$  ч.

Частоты ремонтов трансформаторов и выключателей приблизительно совпадают. Эти ремонты можно совместить и проводить с частотой  $\mu_{п(в)} = 0,861$  1/год. Продолжительность ремонта определяется временем ремонта трансформатора  $T_{п(т)} = 26$  ч. Коэффициент плановых ремонтов

$$K_{п} = \frac{\mu_{п(в)} T_{п(т)}}{8760} = 2,6 \cdot 10^{-3}.$$

Показатели капитальных ремонтов взяты [1]:

- трансформатор: частота  $\mu_{к(т)} = 0,166$  1/год, время  $T_{к(т)} = 200$  ч;
- выключатель: частота  $\mu_{к(в)} = 0,14$ , время  $T_{к(в)} = 9$  ч.

Частоты ремонтов трансформаторов и выключателей приблизительно совпадают. Эти ремонты можно совместить и проводить с частотой  $\mu_{к(т)} = 0,166$  1/год. Продолжительность ремонта определяется временем ремонта трансформатора  $T_{к(т)} = 200$  ч. Коэффициент капитальных ремонтов

$$K_{к} = \frac{\mu_{к(т)} T_{к(т)}}{8760} = 3,8 \cdot 10^{-3}.$$

Во время плановых и капитальных ремонтов могут возникнуть различные аварийные ситуации. Наибольший вклад в увеличение аварийности вносит оборудование, не резервированное при ремонте (см. рис. 25).

Показатели аварийных ремонтов этого оборудования взяты из [1]:

- трансформатор частота  $\omega_{(т)} = 0,012$  1/год, время  $T_{к(т)} = 70$  ч;
- выключатель (обрыв В1-В2): частота  $\omega_{(в1)} = 0,003$ , время  $T_{(в1)} = 20$  ч;
- выключатель (КЗ для В1-В6, АВР): частота  $\omega_{(в2)} = 0,007$ , время  $T_{(в2)} = 20$  ч;
- секция шин (на одно присоединение):  $\omega_{(ш)} = 0,03$  1/год, время  $T_{(ш)} = 5$  ч (для шин старой конструкции).

Коэффициенты вынужденного простоя элементов:

$$K_{(т)} = \frac{\omega_{(т)} T_{(т)}}{8760} = 10^{-4}, \quad K_{(в1)} = \frac{\omega_{(в1)} T_{(в1)}}{8760} = 0,7 \cdot 10^{-5},$$

$$K_{(в2)} = \frac{\omega_{(в1)} T_{(в1)}}{8760} = 1,6 \cdot 10^{-5}, \quad K_{(ш)} = \frac{\omega_{(ш)} T_{(ш)}}{8760} = 1,7 \cdot 10^{-5}.$$

Функционально элементы соединены последовательно:

$$\omega = \omega_{(т)} + 2\omega_{(в1)} + 7\omega_{(в2)} + 4\omega_{(ш)} = 0,187 \text{ 1/год};$$

$$K = K_{(т)} + 2K_{(в1)} + 7K_{(в2)} + 4K_{(ш)} = 2,9 \cdot 10^{-4}.$$

$$T = \frac{8760K}{\omega} = 13,6 \text{ ч.}$$

### 3. Относительные показатели надежности трансформатора

Частота аварийных отключений нагрузки:

при плановых ремонтах  $\omega_{(п)} = \omega(1 - \exp(-T_n / T))K_n = 4,1 \cdot 10^{-4} \text{ 1/год};$

при капитальных ремонтах  $\omega_{(к)} = \omega(1 - \exp(-T_k / T))K_k = 7,1 \cdot 10^{-4} \text{ 1/год};$

при аварийных ремонтах трансформатора:  $\omega_{(а)} = \omega_{(т)}K = 3,5 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.}$

Коэффициент аварийных отключений нагрузки:

при плановых ремонтах  $K_{(п)} = K(1 - \exp(-T_n / T))K_n = 6,4 \cdot 10^{-7};$

при капитальных ремонтах  $K_{(к)} = K(1 - \exp(-T_k / T))K_k = 1,1 \cdot 10^{-6};$

при аварийных ремонтах трансформатора:  $K_{(а)} = K_{(т)}K = 2,8 \cdot 10^{-8}.$

Из расчетов видно, что капитальные и плановые ремонты трансформатора влияют на надежность системы значительно сильнее, чем аварийные ремонты.