

Надежность электроснабжения

Самостоятельная работа

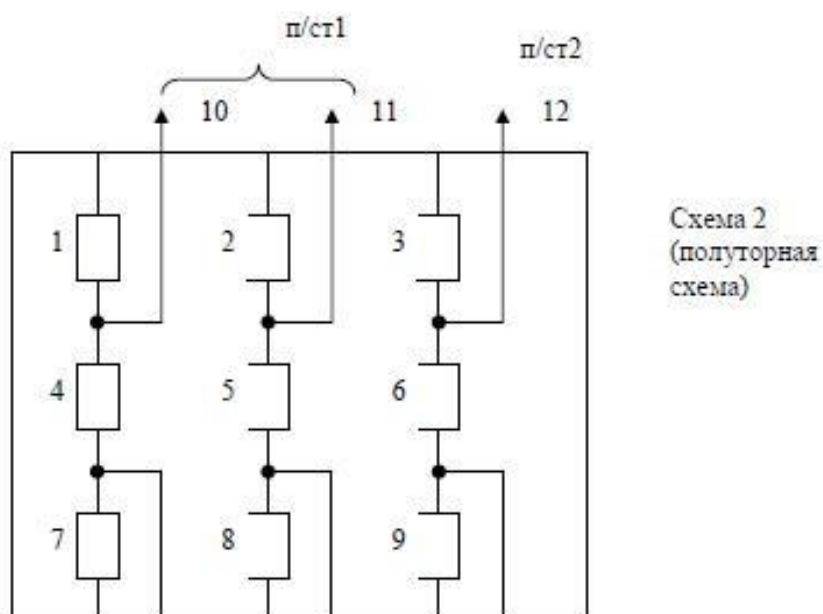
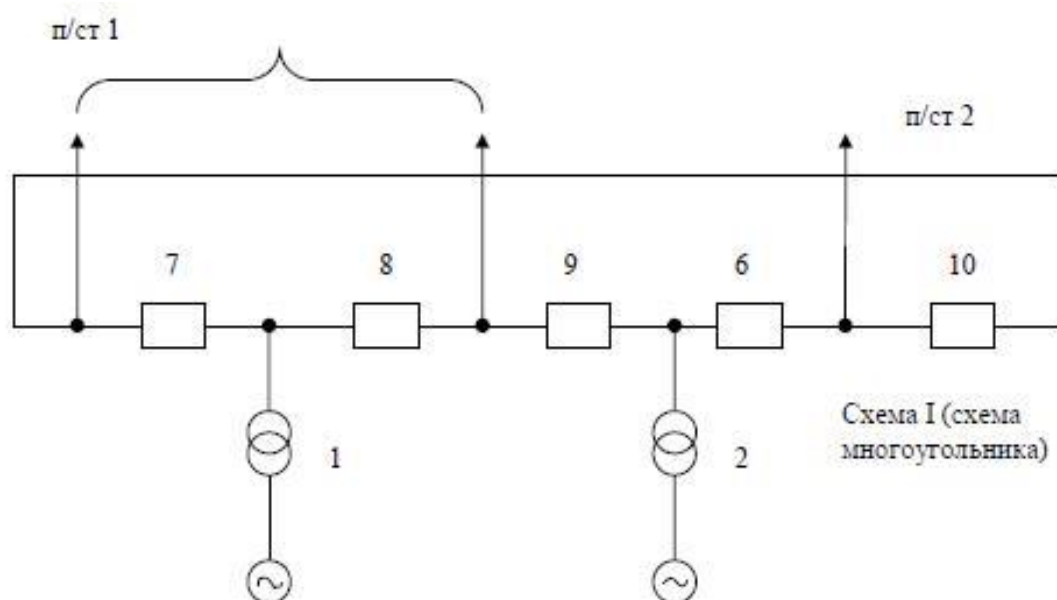
Задание 1

РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА

Цель: составить таблицу расчетных связей событий, режимов и аварий для заданной схемы РУ без учета отказов устройств РЗА; рассчитать показатели надежности схемы РУ для наиболее тяжелых видов аварий.

Исходные данные:

1. Схема главных электрических соединений РУ.



2. Показатели надежности элементов схем (для двух схем).

а) основные показатели надежности выключателя

Вариант	ω_1 , 1/год	ω_2 , 1/год	T_B , ч	μ , 1/год	T_n , ч
2	0,03	0,01	200	0,3	350

б) основные показатели надежности генераторов и ЛЭП

Элемент	Показатели надежности			
	ω_1 , 1/год	T_B , ч	μ , 1/год	T_n , ч
Блок	0,25	600	1	500
ЛЭП	0,5	18	8	80

в) $t_p=3$ года (расчетный период существования данной схемы РУ)

Таблица 1.3

Вариант	Номер варианта по выключателям	Длина ЛЭП в (км)	Схема (номер)
2	2	120	1

3. Расчетные виды аварий для схем РУ:

Для схемы 1

A=1 - потеря блока.

A=2 - потеря одной ЛЭП (п/ст 1).

A=3 - потеря ЛЭП на п/ст 2.

A=4 - потеря блока и линии на п/ст 2.

A=5 - потеря блока и линии на п/ст 1.

A=6 - потеря одной ЛЭП п/ст 1 и ЛЭП п/ст 2.

A=7 - потеря одной ЛЭП п/ст 1 и ЛЭП п/ст 2 и блока.

A=8 - потеря одного блока (при ремонте второго).

A=9 - потеря транзита на п/ст 1.

A=10 - погашение всей схемы.

Для схемы 2.

A=1 - потеря ЛЭП на п/ст (Л1, Л2).

A=2 - потеря ЛЭП на п/ст 2 (Л3).

A=3 - потеря транзита с п/ст 1 (Л1+Л2).

A=4 - потеря одной ЛЭП п/ст 1 и источника (Л1+Г или Л2+Г).

A=6 - потеря ЛЭП п/ст 2 и источника (Л3+Г).

A=7 - потеря одного источника (Г1, Г2, Г3).

A=8 - потеря двух источников.

Указания к выполнению

Основной информацией для расчета надежности схемы РУ является матрица расчетных связей событий (i), аварий (A_l) и режимов (j).

Вид этой матрицы следующий:

i	j				
	0	1	2	...	m
1	A_l	-	A_l	...	A_l
2	A_l	A_l	-	...	A_l
...	...	...	...	...	...
n	A_l	A_l	A_l	...	-

Под событием i понимается отказ элемента РУ. Под режимом j понимается состояние элемента РУ, то есть находится он в ремонте или в нормальном ре-жиме.

Под аварией понимается последствие наложения отказа i - го элемента РУ на ремонт (нормальный режим) i -го элемента РУ.

Коэффициент ремонтного режима определяется как

$$K_j = \frac{\omega_i \cdot T_{\theta i} + \mu_i \cdot T_{ni}}{8760}, \quad (1.6)$$

а коэффициент нормального режима:

$$K_0 = 1 - \sum_{j=1}^m K_j. \quad (1.7)$$

После заполнения матрицы расчетных связей определяется математическое ожидание числа аварий вида A_l без учета отказа устройств релейной защиты и автоматики:

$$M(N_{A_l}) = t_p \cdot \sum_{j=0}^m \sum_{i=1}^n K_j \cdot \omega_{ij} \cdot X_{ij}^{A_l}, \quad (1.8)$$

где $X_{ij}^{A_l} = 1$, если в матрице на пересечение i -й строки и j -го столбца находится номер расчетной аварии A_l ;

$X_{ij}^{A_l} = 0$, - в остальных случаях.

Затем определяется среднее время восстановления схемы РУ после аварии вида A_l (без учета отказов устройств РЗА)

$$T_B^{A_l} = \frac{t_p}{M(N_{A_l})} \cdot (M(N_{A_l}) T_{Bij}), \quad (1.9)$$

где T_{Bij} - время восстановления нормальной работы РУ при повреждении i -го элемента и ремонте j -го элемента.

Задание 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОЖИДАНИЯ НЕДООТПУСКА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СИСТЕМЕ

Цель: определить математическое ожидание недоотпуска электроэнергии в системе методом "перебора коэффициентов", подсчитать математическое ожидание ущерба от недоотпуска.

Исходные данные

1. Единичная мощность агрегатов в системе 100 МВт.
2. Расчетная ступень мощности $p_0 = 50$ МВт.
3. Количество агрегатов в системе n и коэффициент вынужденного простоя K_B :

Вариант	n	K_B
2	6	0,04

4. Суточный график нагрузки:

для $n=6$

Нагрузка, МВт	150	250	350	400	450	500	550	600
Продолжит., $t(j, P_0)$, ч	5	7	4	1	2	2	2	1

5. Величина удельного ущерба по системе:

а) $U_0 = 1,0$ руб/кВт·ч для $n=5$ и 6;

б) $U_0 = 1,3$ руб/кВт·ч для $n=7$ и 8.

Указания к выполнению

Принимается величина расчетной ступени мощности P_0 , равной единичной мощности агрегатов в системе, или в целое число раз меньшее ее.

Определим коэффициент готовности m элементов из n для рассматриваемых ступеней мощности

$$K_z^{m-i \cdot P_0} = C_n^m \cdot K_z^m \cdot K_B^{n-m}, \quad (2.10)$$

где
$$C_n^m = \frac{n!}{m!(n-m)!}.$$

Суточный график нагрузки перестроим таким образом, чтобы все его ступени были равны выбранной величине P_0 .

Величину коэффициента K_H (коэффициент, характеризующий продолжительность нагрузки) определим как

$$K_H^{j \cdot P_0} = \frac{t(j \cdot P_0)}{24}, \quad (2.11)$$

где $t(j \cdot P_0)$ - длительность существования нагрузки, равной величине $j \cdot P_0$ в часах.

Дефицит мощности в системе может возникнуть только в случае, если мощность нагрузки системы будет превышать генерирующую мощность, то есть

$$D = j \cdot P_0 - i \cdot P_0 = K \cdot P_0, \quad (2.12)$$

где K - коэффициент дефицита мощности.

Тогда вероятность появления в энергосистеме дефицита мощности, равного $K \cdot P_0$, определится как произведение коэффициентов готовности генерирующих источников $K_z^{m-i \cdot P_0}$ и коэффициентов состояния нагрузок $K_h^{j \cdot P_0}$:

$$K_g^{K \cdot P_0} = \sum_i K_z^{i \cdot P_0} \cdot K_h^{j \cdot P_0} \quad \text{при } K = i - j, \quad (2.13)$$

где l - число вариантов генерации и потребления энергии, в которых выполняется условие, что $K = i - j$.

Математическое ожидание величины недоотпуска электроэнергии за год вследствие дефицита мощности выразится как

$$\Delta \mathcal{E}_g = 8760 \cdot P_0 \sum_K K K_g^{K \cdot P_0}. \quad (2.14)$$

Математическое ожидание ущерба от недоотпуска электроэнергии определится следующим образом:

$$M(Y) = y_0 \cdot \Delta \mathcal{E}_g, \quad (2.15)$$

где y_0 - удельный ущерб от недоотпуска электроэнергии.

Задание 3

РАСЧЕТ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОЖИДАНИЯ УЩЕРБА ПОТРЕБИТЕЛЕЙ МЕТОДОМ СТАТИСТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ

Цель: определить математическое ожидание ущерба потребителей методом статистических испытаний.

Исходные данные

1. Функция распределения отказов ($F(\tau_n)$) по часам суток.

$\tau_n, \text{ч}$	0	4	8	12	16	20	24
$F(\tau_n)$	0	0,17	0,36	0,58	0,7	0,86	1,0

2. Зависимость величины удельных ущербов от недоотпуска мощности.

$Y_{OA}, O_B; \text{руб. кВт}$	0	4	4
$T_{\phi}, \text{ч}$	0	17	24

3. Суточный график нагрузки потребителей (одинаковый для всего года)

$T, \text{ч}$	0-4	5-6	7-8	9-12	13-15	16-20	21-24
P_n , МВт	100	120	170	190	90	150	70

4. Время восстановления (T_B).

5. Мощность потребителя Б (P_B).

6. Параметр потока отказов ЛЭП (ω).

7. Удельный ущерб от недоотпуска электроэнергии потребителя А и Б (y_{OA}, y_{OB}).

8. Ряд псевдослучайных чисел для определения времени начала перерыва электроснабжения - R/

Исходные данные с 4 по 8 приведены в таблице.

Указания к выполнению

Имея ряд псевдослучайных чисел R, моделирующих функции распределения отказов по часам суток, можно определить, пользуясь зависимостью

$F(\tau_n) = f(\tau_n)$, момент наступления аварии τ_n , имея в виду, что $F(\tau_n) = R$.

Вариант	$T_B, \text{Ч}$	$P_B, \text{МВт}$	$\omega, \text{1/год}$	$y_{OA}'' , \text{руб/кВт*ч}$	$y_{OB}'' , \text{руб/кВт*ч}$	$R \approx F(\tau_n)$
2	9	65	0,35	0,45	0,25	0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0

Затем, используя суточный график потребителей А и Б и зная время восстановления схемы электроснабжения после аварии, определим дефициты мощности и энергии потребителей А и Б $\Delta P_A, \Delta P_B, \Delta \mathcal{E}_A$ и $\Delta \mathcal{E}_B$.

Далее рассчитывается величина суммарного ущерба в первом опыте

$$Y = \Delta P_A \cdot y_{OA}' \cdot (T_{\phi}) + \Delta P_B \cdot y_{OB}' \cdot (T_{\phi}) + \Delta \mathcal{E}_A \cdot y_{OA}'' + \Delta \mathcal{E}_B \cdot y_{OB}'' \quad (3.9)$$

Расчеты повторяются N раз, после чего рассчитывается математическое ожидание суммарного ущерба потребителей

$$M(Y) = \frac{\omega}{N} \cdot \sum_{i=1}^N y_i, \quad (3.10)$$

где ω - параметр потока отказов элементов электроснабжения потребителей.

Задание 4

ВЫБОР АВАРИЙНОГО РЕЗЕРВА МОЩНОСТИ В ЭЭС

Цель: определить оптимальную величину аварийного резерва мощности в энергосистеме.

Исходные данные

1. Единичная мощность агрегата в ЭЭС N_a равна 100 МВт.
2. Количество агрегатов в системе (n), тип суточного графика нагрузки и коэффициент вынужденного простоя агрегата K_v

Вариант	n	Тип сут. граф. нагрузки	K_v
2	50	2	0,03

4. Суточные графики нагрузки

Тип 1

Нагрузка, МВт	1500	2000	2500	3000	3500	4000
Продолжи- тельность, час	8	5	3	3	2	3

Тип 2

Нагрузка, МВт	1500	2000	2500	3000	4000	4500	5000
Продолжи тельность, час	5	7	4	2	2	3	1

Нагрузка, МВт	2000	2500	3000	3500	4500	5000	6000
Продолжительность, час	6	3	5	2	3	2	3

Нагрузка, МВт	2500	3000	4000	4500	5000	6000	7000
Продолжительность, час	6	5	4	3	2	2	2

4. Величина удельного ущерба от недоотпуска электрической энергии в целом по системе составляет 6 руб./ КВтч.
5. Стоимость одного резервного агрегата в ЭЭС равна 150 млн. руб.
6. Заданный срок окупаемости равен 8 лет.

Указания к выполнению

Определим вероятность простоя m агрегатов из n по формуле:

$$P_n^m = \frac{a^m e^{-a}}{m!}, \quad (4.21)$$

где a - математическое ожидание числа агрегатов, находящихся в аварийном простое.

Составим ряд вероятностей вида

$$P_n^0, P_n^1, P_n^2, \dots, P_n^m \quad (4.22)$$

Если резерв в ЭЭС отсутствует, то можем рассчитать дефицит мощности как

$$D_o = aN_a = nK_{\text{ср}}N_a. \quad (4.23)$$

При наличии в ЭЭС одного резервного агрегата средняя величина дефицита мощности будет составлять

$$D_1 = N \sum_{m=2}^n (m-1) P_n^m, \quad (4.24)$$

Для расчета величины недопуска электроэнергии за год необходимо перестроить суточные графики нагрузки в график нагрузки по продолжительности и по нему определить изменение величины недопуска энергии при переходе от варианта с r резервными агрегатами к варианту с $(r+1)$ резервными агрегатами.

Далее рассчитывается изменение ущербов при переходе в общем случае от варианта с r резервными агрегатами к варианту с $(r+1)$ резервными агрегатами (см.рис.4.1).

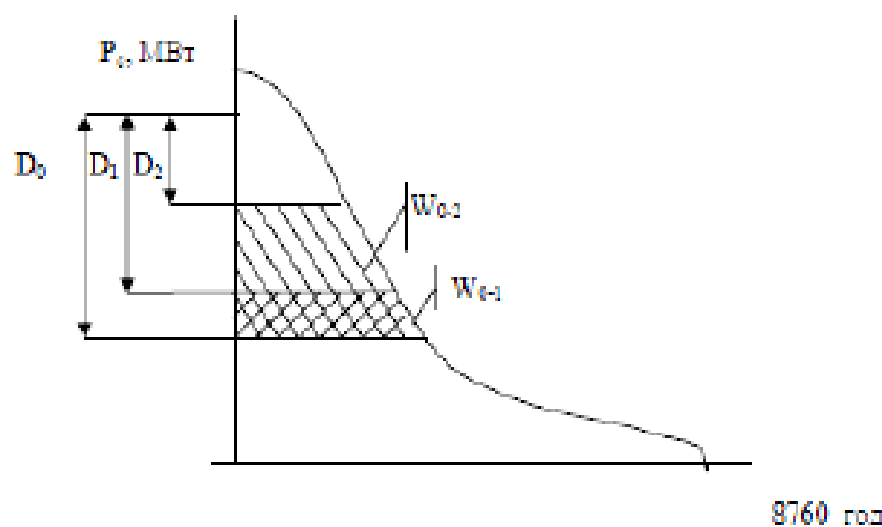


Рис. 4.1. Изменение ущерба от числа резервных агрегатов

$$M(Y_{0,1}) = y_0 W_{0,1}, \quad M(Y_{1,2}) = y_0 W_{1,2}, \quad \dots, \quad M(Y_{r,r+1}) = y_0 W_{r,r+1}. \quad (4.26)$$

Рассчитав ряд сроков окупаемости и сравнив его с нормативным, можно выбрать вариант с оптимальным количеством резервных агрегатов в ЭЭС

$$T_{r,r+1} = (K_{y0} = N_a) / M(Y_{r,r+1}), \quad (4.27)$$

где K_{y0} – удельные капиталовложения в 1 Мвт резервной мощности;

N_a – мощность резервного агрегата;

$\Delta M(Y)$ – изменение математического ожидания ущерба от недоотпуска энергии, определяемого как это показано на рисунке.

Оптимальным следует считать тот вариант установки резервных агрегатов, который удовлетворяет следующему условию.

Если $T_{r,r+1} < T_H$, а $T_{r+1,r+2} > T_H$ то оптимальным следует признать вариант с установкой числа резервных агрегатов, равных $(r+1)$.