

больше максимального напряжения заряжаемой им АКБ. $I_{\text{контр}} \geq I_{\text{зар.аб}}$ – ток заряда, выдаваемый солнечным контроллером, должен быть больше или равен максимальному току заряда АКБ. Солнечный контроллер должен подходить к типу АКБ (т. е. уметь заряжать данную АКБ).

Максимальный ток заряда АКБ определяется согласно формуле [9]:

$$I_{\text{зар.аб}} = 0,1 \cdot C_a = 0,1 \cdot 200 = 20 \text{ А.}$$

Исходя из количества параллельно соединенных ветвей $m \cdot AB$, выбираем количество, равное 4 шт. DELTA PWM-2420 контроллеров на ток 20 А.

В данной работе рассмотрены принципы расчета, выбора и работы систем электроснабжения с использованием нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. Проведен расчетный анализ фотоэлектрической солнечной электростанции для обеспечения жилья электроэнергией в условиях автономного электроснабжения. Показано, что применение нетрадиционных источников энергии на данный момент вызывает большие затраты по сравнению с традиционными источниками энергии, но более экологично. В дальнейшем нужно продолжить разработку в данном направлении, так как использование нетрадиционных источников энергии открывает большие перспективы в развитии малой энергетики в удаленных и экологически чистых районах Туркменистана.

Л и т е р а т у р а

1. Государственная программа по энергосбережению на 2018–2024 годы. – Ашхабат, 2018.
2. Национальная стратегия по развитию возобновляемой энергетики в Туркменистане до 2030 года. – Ашхабат, 2020.
3. Джумаев, А. Основы энергосбережения / А. Джумаев, Х. Солтанов. – Ашхабат : Наука, 2018.
4. Джумаев, А. Научно-технический и методологический анализ ресурсов и развития солнечной энергии в Туркменистане : учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений / А. Джумаев. – Ашхабат, 2016.
5. Режим доступа: https://nsk-electro.ru/solar_battery/monocrystalline/sim350-24-perc-5bb.
6. Режим доступа: <https://clever-energy.ru/shop/система-трехфазных-инверторов-sila-pro-20квт/>.
7. Режим доступа: <https://realsolar.ru/kontrollery-zaryada/kontrollery-delta/delta-pwm/pwm-2420/>.
8. Виды контроллеров для солнечных батарей и как выбирать / Электрика в доме. – М., 2017. – Режим доступа: <http://electricadom.com/kontroller-dlya-solnechnykh-batarejj-i-kak-vybirat.html>.
9. Коровин, Н. В. Химические источники тока : справочник / Н. В. Коровин, А. М. Скундин. – М. : МЭИ, 2003.
10. Охоткин, Г. П. Методика расчета мощности солнечных электростанций / Г. П. Охоткин // Вестн. Чувашского ун-та. – 2013. – № 3.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК В МЕСТНЫХ УСЛОВИЯХ

Д. Нурмухаммедов, В. Данатаров, Р. Нурыев

Государственный энергетический институт Туркменистана, г. Мары

Метод предполагает поочередное целенаправленное рассмотрение отказов элементов электроустановки с влиянием их последствий в нормальном и ремонтном состояниях. Расчет ведется в табличной форме, причем по вертикали фиксируется ряд учитываемых элементов (i -й ряд), а по горизонтали – ряд расчетных режимов (j -й ряд) [1]–[2].

Элементами электроустановки являются присоединения (генераторы, трансформаторы, линии), выключатели и сборные шины.

В ряд учитываемых элементов электроустановки (i -й ряд) включаются те элементы, отключение которых приводит к снижению генерируемой мощности или ограничению выдачи электроэнергии в систему или местным потребителям. Исходными данными для расчета являются частота отказов ω_i , среднее время восстановления $T_{в.}$, частота μ и длительность плановых ремонтов T_p элементов электроустановки.

Для режимного ряда (j -й) определяются значения относительной длительности режимов q_j . Относительная длительность нормального режима:

$$q_0 = 1 - \sum_{j=1}^n q_j.$$

Проектирование схемы электрических соединений ведут в два этапа: сначала разрабатывают структурную схему, а затем выбирают электрические схемы распределительных устройств (РУ) разных напряжений.

При проектировании структурной схемы варьируемыми элементами обычно являются только трансформаторы (автотрансформаторы) блоков и связей между РУ. Поэтому рассматривают отказы этих элементов и их расчетные последствия. На этом этапе принимают, что схемы РУ во всех вариантах одинаковы. Поскольку число элементов структурной схемы относительно невелико, то таблицу расчетных связей здесь можно не составлять [1]–[4].

Среднегодовой недоотпуск электроэнергии в систему из-за отказов трансформатора моноблока (без генераторного выключателя) определяют по выражению

$$\Delta W_{\Gamma} = P_{\text{ном}} \frac{T_{\text{уст}}}{8760} \omega_{\Gamma} (1 - q_{\text{р.б}}) T_{\text{в.т}},$$

где $T_{\text{уст}}$ – число часов использования установленной мощности генератора; ω_{Γ} , $T_{\text{в.т}}$ – частота отказов и среднее время восстановления трансформатора; $q_{\text{р.б}}$ – вероятность ремонтного состояния блока, определяемая выражением

$$q = \frac{\omega T_{\text{в.}} + \mu T_{\text{р.}}}{8760}.$$

Если в блоке установлен генераторный выключатель, то среднегодовой недоотпуск электроэнергии определяют как

$$\Delta W_{\Gamma} = P_{\text{ном}} \frac{T_{\text{уст}}}{8760} (\omega_{\Gamma} T_{\text{в.т}} + \omega_{\text{в.}} T_{\text{в.в}}) (1 - q_{\text{р.б}}) T_{\text{в.т}}.$$

Если в блоке с генератором включен автотрансформатор (АТБ), то при этом всегда предусматривается генераторный выключатель. Отказ АТБ или генераторного выключателя (ВГ) может приводить не только к потере мощности энергоблока, но и аварийному снижению мощности других энергоблоков ΔP_{Γ} , переток которой осуществляется через АТБ. Дополнительный недоотпуск электроэнергии в систему:

$$\Delta W_{\text{пер}} = \Delta P_{\text{пер}} \frac{T_{\text{уст}}}{8760} (\omega_{\Gamma} T_{\text{в.т}} + \omega_{\text{в.}} T_{\text{в.в}}) (1 - q_{\text{р.б}}).$$

Ущерб от недоотпуска электроэнергии для электростанций определяется по выражению

$$Y = Y_c + Y_f + Y_{пт},$$

где Y_c – ущерб системе, связанный с внеплановым восстановительным ремонтом, включение менее экономичных резервных агрегатов и увеличение потерь в сети; Y_f – ущерб от снижения частоты; $Y_{пт}$ – ущерб от внеземных нарушений электроснабжения для потребителя.

Аварии со снижением частоты особо тяжелые и редкие. За счет устройств АЧР частота обычно быстро восстанавливается. Поэтому ущербом Y_f в последующих расчетах можно пренебречь вследствие того, что он значительно меньше значений $Y_{о.с}$ и $Y_{о.пт}$ [1].

При технико-экономическом сравнении вариантов структурных схем электростанций и подстанций в целевую функцию (приведение затрат) следует включать возможный ущерб от ненадежности электроустановки. При этом важно избежать ошибок от применения несопоставимых цен на оборудование.

Если в расчетах используются цены на основе новейшей рекламной и справочной литературы, то значения удельных ущербов должны быть соответственно пересчитаны. Избежать грубых ошибок в расчетах можно, пересчитав значения $Y_{о.с}$, $Y_{о.пт}$ в текущем долларовом эквиваленте.

Ущерб от ненадежности электростанции при этом определяется:

$$Y = Y_{о.с} \cdot \Delta W_c + Y_{о.пт} \cdot \Delta W_{пт},$$

где ΔW_c – недоотпуск электроэнергии в энергосистему; $\Delta W_{пт}$ – недоотпуск электроэнергии местным потребителям.

Произведем наглядный пример в качестве вывода.

Пример. Определить возможный годовой недоотпуск электроэнергии для структурной схемы КЭС 3×500 мВт, представленной на рис. 1.

Исходные данные. Энергоблоки $P_{пт} = 500$ МВт; $T_{уст} = 7000$ ч/год. Местный промышленный район на напряжении 220 кВ: $P_{\max} = 300$ кВт; $\cos\varphi = 0,85$. Показатели надежности элементов приведены в таблице.

Показатели надежности элементов

Элементы	ω , 1/год	T_v , ч/1	μ , 1/год	T_p , ч/1
Энергоблоки 500 мВт	11	120	1	600
Трансформаторы и АТ с $U_{в.н} = 500$ кВ	0,04	200	1	70
Генераторные выключатели $U_n = 20$ кВ	0,04	20	0,33	60

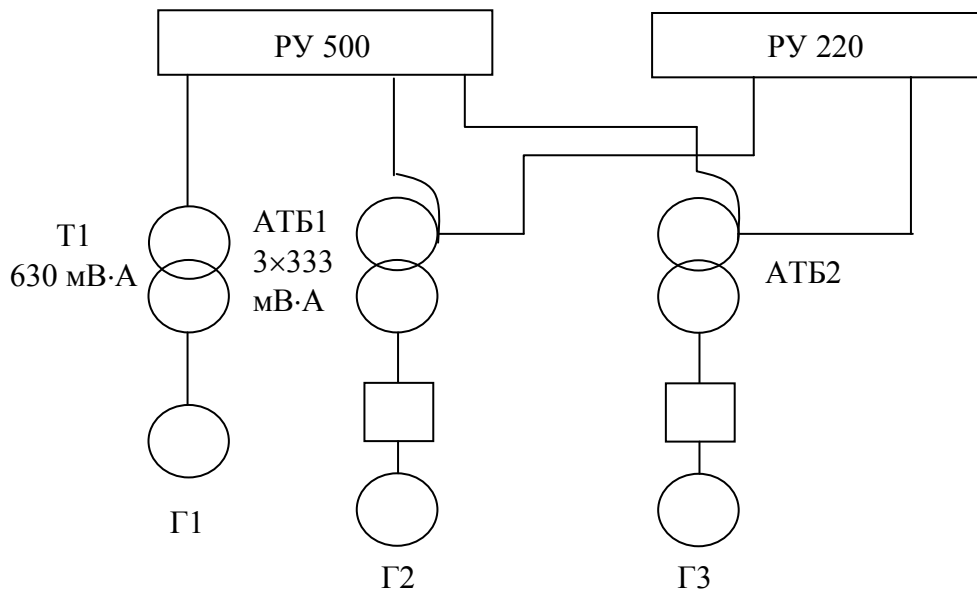


Рис. 1. Вариант структурной схемы КЭС с тремя энергоблоками

Решение:

1. Определяем вероятность ремонтных режимов элементов:
- энергоблока

$$q_{p,б} = \frac{11 \cdot 120 + 1 \cdot 600}{8760} = 0,219;$$

- группа трех однофазных автотрансформаторов блока АТБ

$$q_{p,б} = 3 \cdot \frac{0,04 \cdot 200 + 70}{8760} = 3 \cdot 0,0089 = 0,0267.$$

2. Вычисляем по (1) среднегодовой недоотпуск электроэнергии в систему из-за отказов трансформаторов блока:

$$\Delta W_{\Gamma} = 500 \cdot 10^3 \frac{7000}{8760} 0,04(1 - 0,219)200 = 2,5 \cdot 10^6 \frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{год}}.$$

3. Определяем по (3) среднегодовой недоотпуск электроэнергии генератора в систему из-за отказов в группе из однофазных АТБ и генераторного выключателя:

$$\Delta W_{\Gamma} = 500 \cdot 10^3 \frac{7000}{8760} (3 \cdot 0,04 \cdot 200 + 0,04 \cdot 20)(1 - 0,219) = 7,74 \cdot 10^6 \frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{год}}.$$

4. Оценим последствия потери транзитной мощности из-за аварийных отключений АТБ.

Оставшийся в работе АТБ сможет передать всю транзитную мощность, так как

$$1,4S_{\text{ном}} = 1400 > \frac{300}{0,85} = 353 \text{ МВ} \cdot \text{А}.$$

Наиболее тяжелая, аварийная ситуация, когда отказ АТБ (или ВГ) происходит во время ремонта другого АТБ.

Средняя длительность аварии такого рода:

$$\begin{aligned} \sum \omega_i q_j T_{ij} &= 2(\omega_{\text{атб}} q_{\text{рат}} \cdot 0,5 T_{\text{рат}} + \omega_{\text{в}} q_{\text{рат}} T_{\text{о.п}}) = \\ &= 2(0,04 \cdot 0,0267 \cdot 0,5 \cdot 70 + 0,04 \cdot 0,0267 \cdot 1,0) = 0,0769 \frac{\text{ч}}{\text{год}}. \end{aligned}$$

Расчетное время оперативных переключений $T_{\text{о.п}}$ принято – 1 ч.

При нарушении связи между РУ 500 и 200 кВ недоотпуск мощности в сеть 220 кВ составит 300 МВт.

Среднегодовой недоотпуск из-за потери транзита мощности:

$$\Delta W_{\text{г}} = 300 \frac{7000}{8760} 0,0769 = 18,43 \cdot 10^3 \frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{год}}.$$

5. Суммарный среднегодовой недоотпуск электроэнергии в систему составляет:

$$\Delta W_{\Sigma} = 2,5 \cdot 10^6 + 2 \cdot 7,74 \cdot 10^6 + 0,018 \cdot 10^6 = 18,0 \cdot 10^6 \frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{год}}.$$

Главная схема электрических соединений в ремонтных режимах, как правило, имеет не очень хорошую надежность. Последствия отказов элементов схемы в ремонтных режимах приводит к отключению большего количества присоединений и соответственно большему снижению генерируемой мощности или недостатку электроэнергии потребителям.

Литература

1. Околович, М. Н. Проектирование электрических станций / М. Н. Околович. – М. : Энергоиздат., 1982. – 400 с.
2. Гук, Ю. Б. Проектирование электрической части станций и подстанций / Ю. Б. Гук, В. В. Кантан, С. С. Петрова. – Л. : Энергоатомиздат, 1985. – 312 с.
3. Неклепаев, Б. Н. Электрическая часть электростанций и подстанций : учеб. для вузов / Б. Н. Неклепаев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 640 с.
4. Электрическая часть электростанций и подстанций : учеб. для вузов / А. А. Васильев [и др.] ; под ред. А. А. Васильева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 576 с.

РОЛЬ КОМПЛЕКСНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ В ОБЕСПЕЧЕНИИ НАДЕЖНОСТИ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

И. В. Петров

*Жлобинское межрайонное отделение филиала Госэнергонадзора
по Гомельской области*

Научный руководитель Н. В. Грунтовиц

Техническое диагностирование электрических двигателей традиционно рассматривается как компонент эксплуатационной надежности функционирования энергооборудования. Техническое диагностирование состояния оборудования, как до ремонта, так и после него, позволяет увеличить срок его службы, значительно со-