

УДК 621.316

## СРАВНЕНИЕ ПОДСТАНЦИЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 330 КВ С ДВУМЯ И ТРЕМЯ СИЛОВЫМИ АВТОТРАНСФОРМАТОРАМИ

Веракса Р.В., Качан П.С.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Старжинский А.Л.

В Белорусской энергосистеме большое количество подстанций напряжением 330/110/10 кВ имеют три автотрансформатора, один из которых обычно находится в отключенном состоянии. Целью данной работы является определить эффективность дооснащения третьим автотрансформатором подстанций Гомельской энергосистемы: ПС Мозырь, ПС Гомсельмаш, ПС Жлобин. Оценка эффективности произведем по двум параметрам: капитальные вложения и исходя из достижения максимума надежности подстанции.

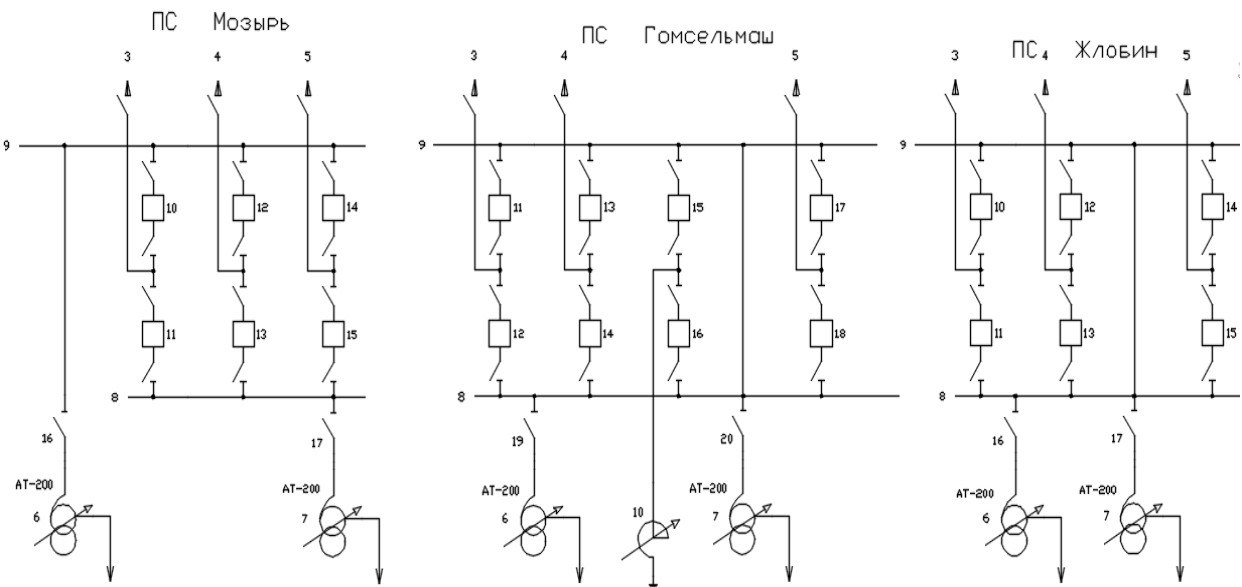


Рисунок 1. Вариант подстанций с двумя автотрансформаторами.

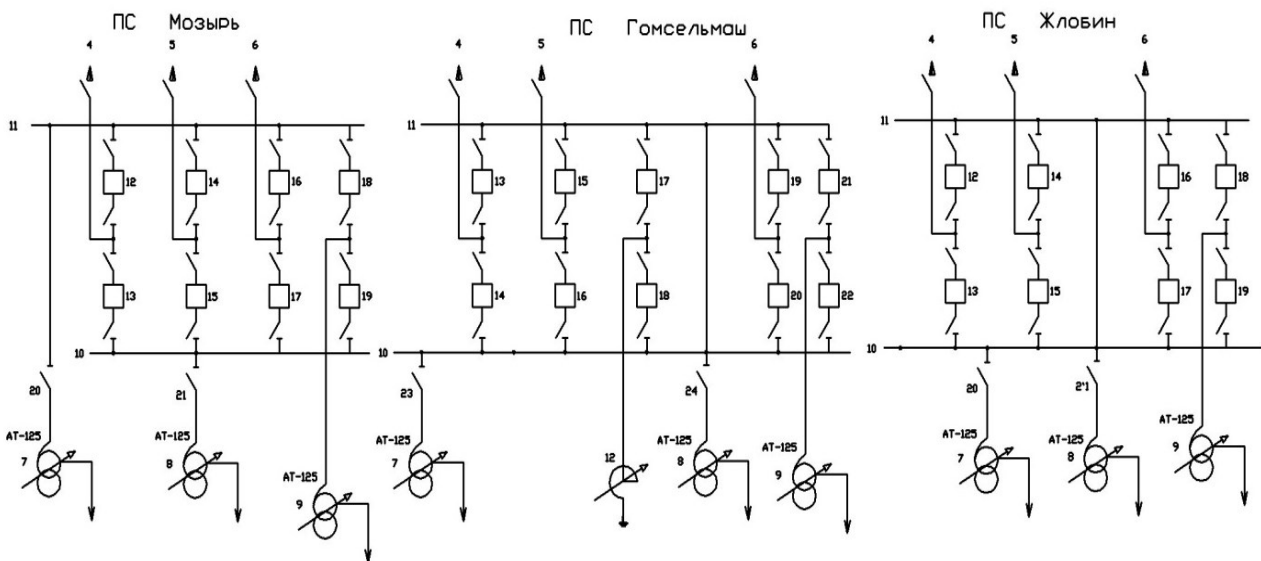


Рисунок 2. Вариант подстанций с тремя автотрансформаторами.

Капитальные затраты определяем по стоимости внедряемых автотрансформаторов. Произведем сравнение капитальных вложений в подстанцию напряжением 330/110/10 кВ в трех и двухтрансформаторном исполнении при одинаковых схемах распределительных устройств 330 кВ (таблица 1).

Таблица 1 - Капитальные вложения в подстанцию напряжением 330/110/10 кВ

Тип электрической схемы РУ	Количество трансформ. и их номинальная мощность	Капитальные затраты на строительство подстанции Кпс приведенные к 2015 году, млн. рос. руб.
Трансформаторы - шины с присоединением линий через один выключатель	2×200	488,32
Трансформаторы - шины с присоединением линий через один выключатель	3×125	533,16

Определим целесообразность сооружения трехтрансформаторной подстанции исходя из условия надежности электроснабжения потребителей, используя программу “ТОPAS”, реализующей таблично-логическим методом определения надёжности

Вычисление частот отказов функционирования  $k$ -го вида  $\lambda(k)$  и длительностей аварийного восстановления  $T(k)$  в общем случае осуществляется по выражениям [7, с. 59]:

$$\lambda(k) = \sum_j \sum_i q(j) \cdot \lambda(i) \cdot Q(s/i) \cdot L(k), \quad (2)$$

$$T(k) = \frac{1}{\lambda(k)} \cdot \sum_j \sum_i q(j) \cdot \lambda(i) \min\left\{\frac{t(j)}{2}; t(i); t_{o.n.}\right\} \cdot Q(s/i) \cdot L(k), \quad (3)$$

где  $q(j)$  – относительная длительность  $j$ -го ремонтного режима, о.е.;  $\lambda(i)$  – частота повреждения  $i$ -го элемента схемы, 1/год;  $t(i)$  – длительность послеаварийного восстановления  $i$ -го элемента схемы, ч;  $t(j)$  – длительность  $j$ -го ремонтного режима работы схемы;  $t_{o.n.}$  – время оперативных переключений, ч;  $Q(s/i)$  – вероятность отказа в срабатывании релейной защиты или коммутационного аппарата.

Для расчёта с использованием программы “ТОPAS” необходимо пронумеровать все элементы схемы в строго определённом порядке. Пример нумерации схем приведен на рисунках 1 и 2. Принимаемые показатели надёжности элементов схемы представим в таблице 2.

Таблица 2 - Показатели надежности элементов

Элемент РУ	Частота отказа $\lambda$ , 1/год	Время послеаварийного восстановления $T_v$ , ч	Частота планового ремонта $\lambda_{рем}$ , 1/ГОД	Длительность планового ремонта $T_{рем}$ , ч
Трансформатор 330 кВ	0,04	45	0,5	9,5
Элегазовый выключатель напряжением 330 кВ	0,02	48	0,2	90
Сборные шины 330 кВ (на одно присоединение)	0,039	15	0,498	9
Линия электропередачи на 1 км	0,002	9	0,5	20

Оценим надежность схем электрических соединений подстанций при различном количестве автотрансформаторов, представленных на рисунках 1 и 2. Вероятность отказа выключателя при отключении короткого замыкания была принята равной 0,002. Время оперативных переключений в расчетах принято равным 1 ч. Результаты вычислений представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Показатели надёжности типовых электрических схем распределительного устройства напряжением 330 кВ при изменении количества трансформаторов на подстанции

Подстанция	Количество трансформ.	Частота отказа $\lambda_{сум}$ 1/год	Время послеаварийного восстановления $T_{сум}$ , ч	Коэффициент неготовности $k_{нг}$
ПС Мозырь 330 кВ	2	0,0202	56,09	$1,293 \cdot 10^{-4}$
	3	0,0201	82,66	$1,896 \cdot 10^{-4}$
ПС Гомсельмаш 330 кВ	2	0,021	55,21	$1,293 \cdot 10^{-4}$
	3	0,0209	80,78	$1,93 \cdot 10^{-4}$
ПС Жлобин 330 кВ	2	0,0202	56,09	$1,293 \cdot 10^{-4}$
	3	0,0201	82,66	$1,896 \cdot 10^{-4}$

**Выводы:**

1. Выполнен расчёт показателей надёжности схем электроснабжения трёх подстанций Гомельской энергосистемы: ПС Мозырь 330, ПС Гомсельмаш 330 и ПС Жлобин.

2. Опираясь на результаты расчёта установлено, что коэффициент неготовности при установке третьего автотрансформатора на подстанции увеличился в 1,46 раз, т.к. при установке третьего автотрансформатора время послеаварийного восстановления увеличилось, то ставить третий автотрансформатор не целесообразно.

#### Литература

1. Малкин, П.А. Применение трехтрансформаторных подстанций 110 кВ для обеспечения надежного электроснабжения потребителей / П.А. Малкин // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики, – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2011. – Вып. 61, – С. 79 – 82.
2. Герасименко, А.А. Передача и распределение электрической энергии / А.А. Герасименко, В.Т. Федин. – Изд. 2-е. – Ростов н/Д: Феникс, 2008. – 715 с.
3. Справочник по проектированию электрических сетей / Под. Ред. Файбисовича. – 3-е изд. Перераб. и доп. – М.: Энас, 2009. – 392 с.
4. Балаков, Ю.Н. Проектирование схем электроустановок / Ю.Н. Балаков, М.Ш. Мисриханов, А.В. Шунтов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006. — 288 с.
5. Папков, Б.В. Методика оценки надежности схем электрических соединений энергообъектов / Б.В. Папков, С.П. Крайнов // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики, – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2009. – Вып. 59, – С. 131–140.
6. Скопинцев, В.А. Качество электроэнергетических систем: надежность, безопасность, экономичность, живучесть / В.А. Скопинцев. – М.: Энергоатомиздат, 2009. – 332 с.
7. Черновец, А. К. Элементы САПР электрической части АЭС на персональных компьютерах / А. К. Черновец. – СПб.: Санкт-Петербург. госуд. технич. универ., 1992. – 89 с.
8. Гук, Ю.Б. Теория надежности в электроэнергетике / Ю.Б. Гук. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1990. – 208 с.
9. Электротехнический справочник: в 4 т. // Под. Общ. Ред. Профессоров МЭИ В.Г. Герасимова и др. (гл. ред. А.И. Попов). – 9-е изд., стер. – М.: Издательство МЭИ, 2004. – Т. 3: Производство, передача и распределение электрической энергии. – 964 с.