

УДК 621.316.11

РАСЧЁТ НАДЁЖНОСТИ ГОРОДСКОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ ДЛЯ ПИТАНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ТРЕТЬЕЙ КАТЕГОРИИ

Спода А.Е., Дашковский А.А.

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

Схемы городской электрической сети должны обеспечивать электроснабжение коммунально-бытовых потребителей с заданной Правилами устройства электроустановок степенью надёжности.

Для обеспечения надёжного электроснабжения потребителей второй категории схемы сети имеют резервные элементы, которые вводятся в работу (после повреждения основных элементов) оперативным персоналом. При этом может быть непосредственное резервирование линий напряжением 6-20 кВ, трансформаторов и линий 0,38 кВ, а также взаимное резервирование отдельных элементов сети (трансформаторов через сеть 0,38 кВ, резервирование линий 6-20 кВ и трансформаторов через сеть 0,38 кВ).

Городские электрические сети для питания потребителей третьей категории выполняются по радиальным нерезервируемым линиям напряжением 6-20 и 0,38 кВ, а также по петлевым резервируемым линиям напряжением 6-20 кВ с целью обеспечения двустороннего питания каждой трансформаторной подстанции и радиальным нерезервируемым линиям напряжением 0,38 кВ к потребителям.

В системах электроснабжения ответственных потребителей городской электрической сети, как правило, предполагается, что отключение любого элемента или группы элементов производится одним коммутационным аппаратом, и в схеме нет нормально включенных поперечных связей и электроснабжение любого узла в любой момент времени возможно лишь от одного из нескольких источников питания по единственному пути. Выбор этого пути определяется действиями противоаварийной автоматики и оперативного персонала. Отказы системы электроснабжения какой-либо из секций или групп секций наступают при разрыве всех возможных путей: рабочих, резервных и аварийных.

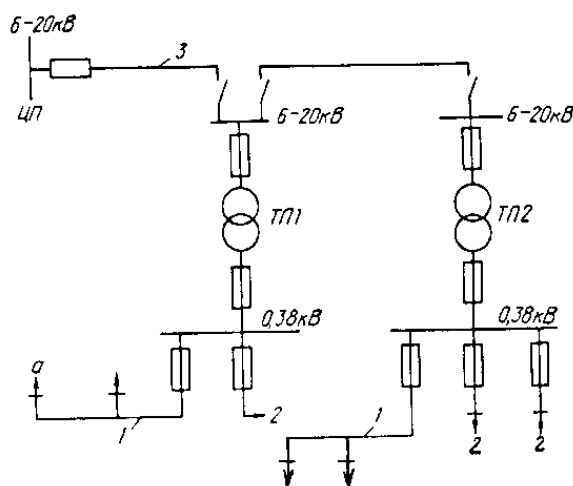


Рисунок 1. Радиальная нерезервированная сеть:

1 — распределительная линия напряжением 0,38 кВ;

2 — вводы к потребителям; 3 — распределительная линия напряжением 6 — 20 кВ

Схема сети, приведенная на рис. 1, применяется в малых городах, где линии напряжением 6—20 кВ выполняются воздушными с нагрузкой, меньшей 400 кВ·А. Эта сеть наиболее дешевая. Длина высоковольтной магистрали составляет до 2 км при максимальной нагрузке до 1,5 МВт. Здесь при повреждении любого элемента распределительной сети питание потребителей может быть восстановлено лишь после ремонта этого элемента или

его замены, так как в сети отсутствуют резервные элементы. Каждая ТП используется для питания своего района сети напряжением 0,38 кВ, которые между собой не связываются.

Поскольку группы приёмников электроэнергии суммарной мощностью свыше 400 кВ·А относятся к приёмникам второй категории, наибольшее распространение получила схема, приведенная на рис. 2. Петлевая линия — это не что иное, как линия с двухсторонним питанием, которая работает по разомкнутой схеме. Работа линий в замкнутом режиме экономически не оправдана из-за необходимости установки большого количества выключателей и устройств релейной защиты от повреждений. Схема, показанная на рис. 2, предназначена для электроснабжения приёмников третьей категории, так как питание отдельных потребителей осуществляется по радиальной сети напряжением 0,38 кВ. В связи с тем, что совокупность потребителей с суммарной нагрузкой более 400 кВ·А должна рассматриваться как приёмник второй категории, питание ТП по сети напряжением 6—20 кВ осуществляется с резервированием. Резерв трансформаторной мощности в ТП не предусматривается.

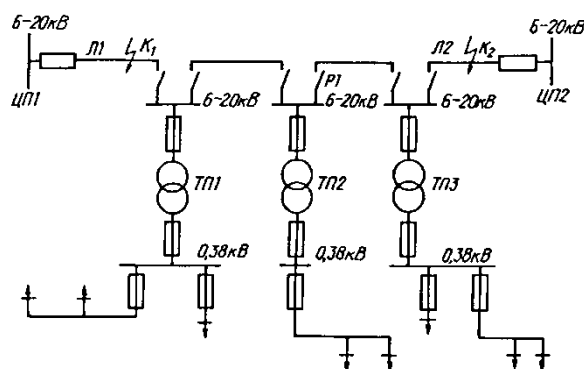


Рисунок 2. Петлевая линия напряжением 6 — 20 кВ и нерезервируемые линии напряжением 0,38 кВ

Петлевая линия может работать и в замкнутом режиме (разъединитель Р1 нормально включен). Однако в этом случае при коротком замыкании в какой-либо точке линии, например, К₁ или К₂, должны отключиться выключатели обоих центров питания, т. е. ЦП1 и ЦП2, и на все ТП будет прекращена подача электроэнергии на время поиска и локализации повреждённого участка. При работе петлевой линии в разомкнутом режиме, как показано выше, погашается при повреждениях на линии лишь часть ТП. Данное обстоятельство имеет решающее значение при выборе режима работы схемы сети.

Дадим количественную оценку уровня надёжности схемам электроснабжения потребителей второй и третьей категорий. В качестве такого критерия примем коэффициент неготовности схемы из-за внезапных отказов её элементов. В качестве примера рассмотрим петлевую линию 6-20кВ имеющую 5 ТП, рис 3. Для этого воспользуемся программой RIESS.

Программа предназначена для вычисления частоты λ (1) и длительности Т (2) перерывов электроснабжения одновременно произвольного количества входящих в систему электроснабжения потребителей, а также коэффициента неготовности (3) данных потребителей в отношении такого события.

$$\lambda = \sum_{k=1} \lambda(k) \tag{1}$$

$$T = \frac{1}{\lambda} \sum_k T(k)\lambda(k) \tag{2}$$

$$K_{н} = \frac{T\lambda}{8760} \tag{3}$$

где $\lambda(k)$ и $T(k)$ – соответственно частоты и длительности смоделированных аварий k-го вида, приводящих к расчётному погашению.

Подготовка исходных данных для расчёта структурной надёжности схемы сети сводится к нумерации элементов схемы в определенной последовательности. Затем составляется матрица связности [B]. Здесь для каждого коммутационного аппарата в порядке следования их номеров записываются номера, примыкающих к ним узлов (источников питания, трансформаторов, секций шин, линий и отдельных потребителей).

С помощью программы REISS выполним расчёт надёжности городской распределительной электрической сети третьей категории при различных местах разрыва питающей сети 6-20 кВ, рис 3.

Данные о надёжности отдельных элементов, подключенных к сети напряжением 0,38 кВ системы электроснабжения, представлены в табл. 1.

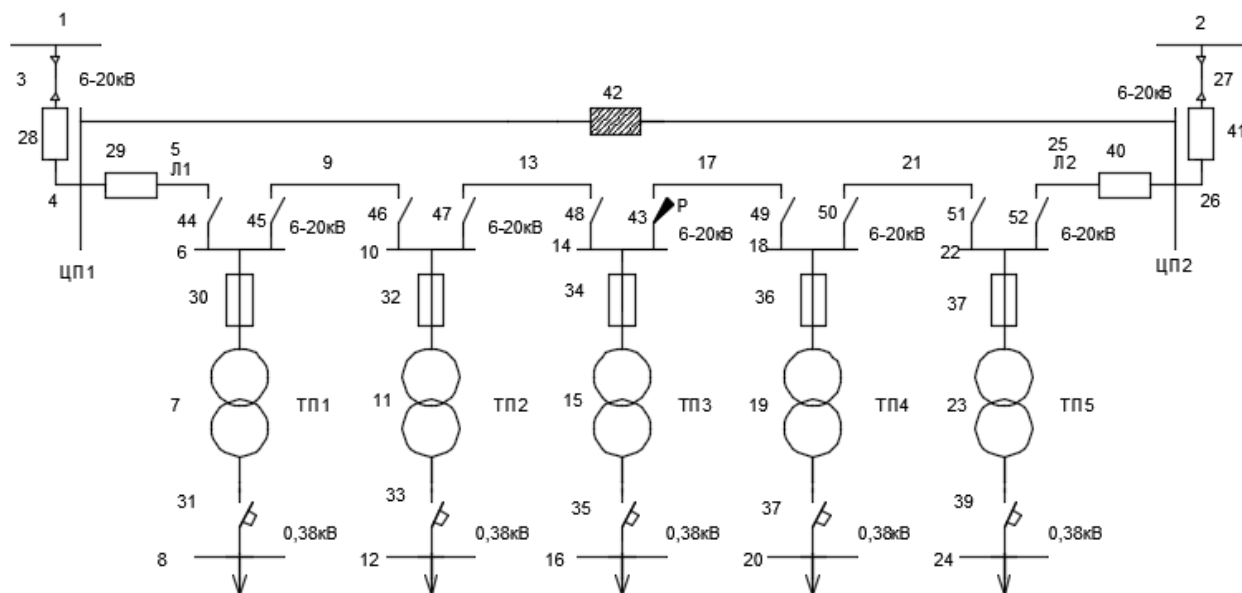


Рисунок 3. Подготовка схемы для расчёта в программе REISS

Таблица 1 - Показатели надёжности элементов городской электрической сети

Элемент	Номинальное напряжение U_n , кВ	λ 1/год	тв, ч/отказ	λ пл, 1/год	тпл, ч/откл.
Масляные выключатели	6-20	0,01000	10,0	0,200	10,0
Силовые трансформаторы	6-20	0,00800	60,0	0,250	6,0
Кабельные линии на 1 км	6-20	0,00500	4,4	1,000	2,0
Воздушные линии	6-20	0,02000	1,2	0,200	10
Сборные шины	6-20	0,09000	2,0	0,498	15,0
	0,38	0,00200	0,9	0,498	15,0
Предохранители	6-20	0,02000	2,0	0,166	4,0
Автоматические выключатели	0,38	0,00130	1,3	0	0,0

Таблица 2 - Показатели надёжности схемы электроснабжения потребителей третьей категории на РП-6-20 кВ

Шины 0,38 кВ	Показатель	Отключенный разъединитель				
		P1	P2	P3	P4	P5
ТП1	λ , 1/год	0,3246	0,5534	0,6325	0,8617	0,9328
	t, ч	3,5310	2,7380	2,2300	1,8120	1,6320
	$K_H \cdot 10^{-3}$, о.е.	0,1202	0,1309	0,1414	0,1521	0,1628
ТП2	λ , 1/год	0,8540	0,5534	0,6325	0,8617	0,9328
	t, ч	2,6550	2,8890	2,4560	2,0410	1,8780
	$K_H \cdot 10^{-3}$, о.е.	0,2592	0,1589	0,1632	0,1811	0,1912
ТП3	λ , 1/год	0,7324	0,8490	0,6325	0,8617	0,9328
	t, ч	2,8220	2,8220	2,8220	2,5210	2,0890
	$K_H \cdot 10^{-3}$, о.е.	0,2223	0,2223	0,1766	0,1859	0,1986
ТП4	λ , 1/год	0,5892	0,5892	0,5892	0,8579	0,9311
	t, ч	3,3010	3,3010	3,3010	2,4120	2,1830
	$K_H \cdot 10^{-3}$, о.е.	0,1527	0,1527	0,1527	0,2143	0,2389
ТП5	λ , 1/год	0,4537	0,4537	0,4537	0,4541	0,9311
	t, ч	3,8670	3,8670	3,8670	3,8670	2,3490
	$K_H \cdot 10^{-3}$, о.е.	0,1447	0,1447	0,1447	0,1447	0,2777

Выводы

Схемы городской электрической сети для электроснабжения потребителей второй и третьей категорий имеют более высокие показатели надёжности при работе в разомкнутом режиме.

Из расчётов видно, что надёжность потребителей, питающихся от шин трансформаторной подстанции напряжением 0,38 кВ, примерно в 1,2-2 раза изменяется при изменении точки разрыва сети напряжением 6-20 кВ (точки 1-5). Наиболее целесообразная, с точки зрения надёжности точка разрыва сети под номером 3.

В разомкнутой схеме чем дальше находится потребитель от центра питания, тем меньше его надёжность получения электроэнергии, так как при этом увеличивается коэффициент неготовности. Поэтому наиболее надёжным является размыкание в середине схемы, деля схему на равные части, для уменьшения дальности потребителей от центра питания.

Литература

1. Короткевич, М.А. Эксплуатация электрических сетей: учебник / М. А. Короткевич. – 2-е изд. - Минск: Вышэйшая школа, 2014. - 350 с.
2. Короткевич, М.А. Соотношение показателей надёжности питающей городской электрической сети напряжением 6–10 кВ и системы глубокого ввода // Методические вопросы исследования надёжности больших систем энергетики / М. А. Короткевич. – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2005. – Вып. 55. – С. 52–59.