

УДК 621.311

ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ СХЕМ ГОРОДСКОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ ДЛЯ ПИТАНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ВТОРОЙ КАТЕГОРИИ

Баранова Д.В.

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

Уровень надежности как показатель схемы электроснабжения потребителей второй категории может быть оценен в количественном выражении. В качестве такого критерия примем коэффициент неготовности схемы нести нагрузку из-за внезапных отказов ее элементов. Для исследования выбираем схему городской распределительной электрической сети для электроснабжения потребителей второй категории, которая является частью схемы электрических соединений жилого микрорайона Лошица (г. Минск).

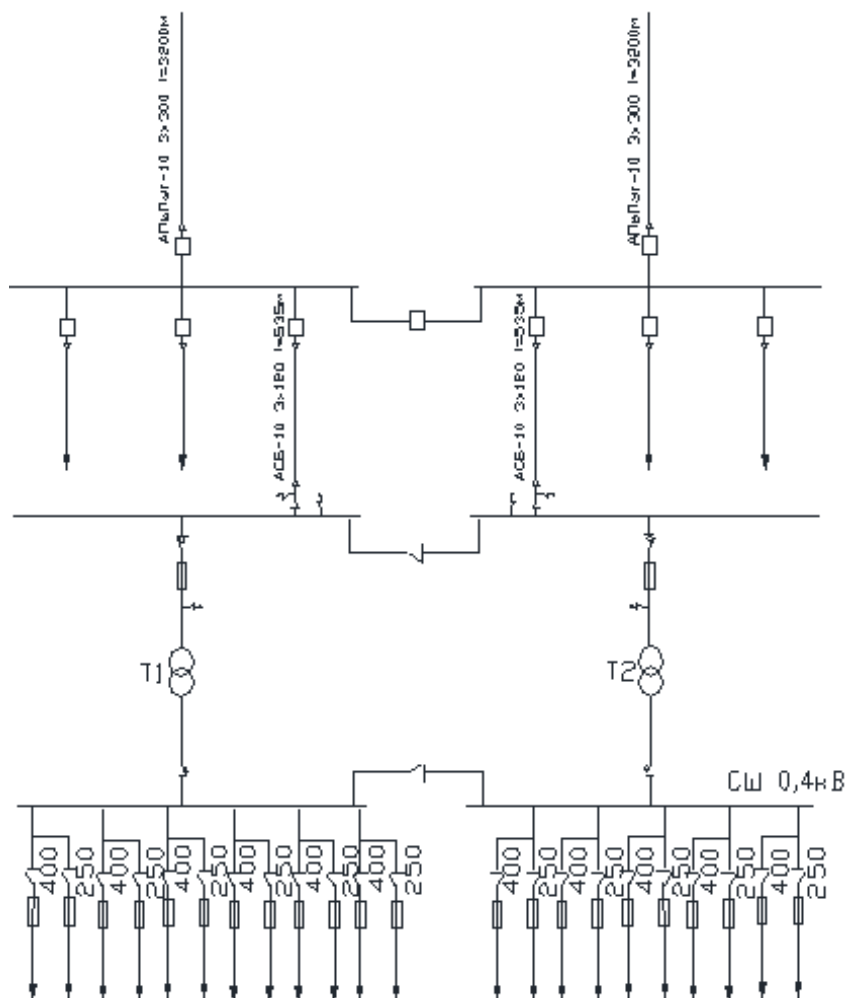


Рисунок 1 Схема электроснабжения городской сети

Для автоматизации процесса анализа схемы используем программу REISS. Реализованная в программе модель анализа позволяет вычислить частоты λ и длительности T погашений потребителей в нормальном режиме и в режимах аварийного и рабочего электроснабжения с учетом простоя и повреждения оборудования систем резервного и рабочего электроснабжения, возможности отказов в срабатывании устройств релейной защиты (РЗ) и коммутационной аппаратуры (КА) при отключении КЗ, отказов в срабатывании АВР. В общем виде показатели надежности:

$$\lambda = \sum_{k=1} \lambda(k) \quad T = \frac{1}{\lambda} \sum_k T(k)\lambda(k)$$

$T(k)$ и $\lambda(k)$ – длительность и частота смоделированных аварий k -го вида

$$\lambda(k) = q(k, j)\lambda(k, m) \min \left\{ \frac{t(k, j)}{2}; t(k, m); t_{o.n.} \right\} \prod_s Q(k, s)$$

$q(k, j)$ – относительная длительность ремонтного простоя j -го элемента, о.е.; $\lambda(k, m)$ – частота повреждения m -го элемента схемы, 1/год; $t(k, m)$ и $t(k, j)$ – длительность послеаварийного восстановления m -го и j -го элементов схемы, ч; $t_{o.n.}$ – время оперативных переключений, ч.

$$K_H = t\lambda/8760 - \text{коэффициент неготовности потребителей.}$$

Таблица 1. Показатели надежности элементов городской электрической сети

Элемент	Ном. напряжение U_n , кВ	λ_i , 1/год	t_e , ч/отказ	$\lambda_{пл}$, 1/год	$t_{пл}$, ч/откл.
Масляные выключатели	6 - 10	0,01500	9,0	0,140	6,8
Вакуумные выключатели	10	0,00400	8,0	0,200	15,4
Силовые трансформаторы	6 - 10	0,01400	42,0	0,250	6,0
Кабельные линии на 1 км	6 - 10	0,00500	4,4	1,000	2,0
Сборные шины	6 - 10	0,09000	2,0	0,498	15,0
	0,38	0,00200	0,9	0,498	15,0
Предохранители	6 - 10	0,02000	2,0	0,166	4,0
Автоматические выключатели	0,38	0,00130	1,3	0	0
Рубильники	0,38	0,00005	2,0	0,166	1,8

Все перечисленные элементы схемы разделяются на ветви и узлы, где ветвями являются КА, а узлами – остальные элементы схемы. Далее составляется матрица связей узлов и ветвей схемы, для чего для каждой ветви в порядке увеличения их номеров записываются номера двух примыкающих узлов. При составлении матрицы связей никакие два узла не могут соединяться друг с другом непосредственно, без КА, и наоборот, никакие два КА не могут следовать друг за другом непосредственно без узла. При этом для ветвей, соответствующих автоматическим вводам резервного питания, следует соблюдать последовательность записи узлов: от узла, подводящего резервное питание, к потребляющему узлу.

В результате оказалось, что наиболее удаленная система шин (12) имеет наибольший коэффициент неготовности, который, к примеру, в 1,18 раз больше соответствующего коэффициента для потребителей, получающих электроэнергию от системы шин 3. Кроме того, наибольшую длительность перерыва электроснабжения при всех возможных вариантах событий вызывает выход из строя разъединителей и трансформаторов, связанных с питанием рассматриваемой точки сети. Время послеаварийного восстановления последних велико, чем можно объяснить тяжелые последствия для потребителей при выходе из строя питающих их

трансформаторов. Наиболее уязвимыми элементами схемы могли оказаться кабельные линии, однако, в силу их небольшой длины они обладают даже лучшими характеристиками надежности, чем системы сборных шин схемы. При сравнении схем сети с установленными в ней поочередно маломасляными и вакуумными выключателями получаем:

Таблица 2. Сравнительный анализ маломасляных и вакуумных выключателей

Тип выключателей	Шины	λ , 1/год	T, ч	$K_{НГ}$, о.е.
Маломасляные	11	.9366E-01	.1978E+01	.2148E-04
	12	.3147E+00	.2943E+01	.1076E-03
Вакуумные	11	.9350E-01	.1954E+01	.2085E-04
	12	.3139E+00	.2918E+01	.1046E-03

Таким образом, применение вакуумных выключателей позволяет снизить коэффициент неготовности в (1,028 - 1,030) раза, т.е. несущественно. Это можно объяснить учетом надежности работы АВР на распределительном пункте 10 кВ.

В целом, надежность электроснабжения потребителей в рассмотренной схеме имеет стабильные высокие показатели при развитии различных сценариев аварийных ситуаций, благодаря наличию автоматического ввода резервного питания, а также применению автоматических отключающих аппаратов и работе городской сети в разомкнутом режиме. В исследовании рассматривались только показатели надежности схемы сети для различных потребителей, получающих питание по данной схеме, и не были учтены такие критерии, как минимум токов замыкания на землю или минимум приведенных затрат.

Литература

1. Дуров В.В. Исследование надежности устройств автоматического регулирования и электроснабжения пассажирских вагонов. Диссертация на соискание учен. степени канд. техн. наук. Ростов-на-Дону, 1974. - 229 л.
2. Жаров Ю.С. Исследование надежности работы электрических сетей 20 кВ. Автореф. дксс. на соискание учен. степени канд. техн. наук (275). Рига: Ред. - изд. отдел РПИ, 1972, - 24 с.
3. Козлов Б.А., Ушаков И.А. Справочник по расчету надежности. М.: Советское радио, 1975. - 471 с.