

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ПАВЛОДАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. С. ТОРАЙГЫРОВА



3'2003



ПМУ хабаршысы
Вестник ПГУ

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОПУСТИМОЙ ПОТЕРИ НАПРЯЖЕНИЯ В СЕТЯХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Б.Б. Утегулов, А.Б. Утегулов, Д.Б. Утегулова

Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова

В.В. Ткаченко

Костанайский государственный университет им. А. Байтурсынова

Электрмен жабдықтауының тораптарында кернеудің рұқсат берілген шығыны анықтау әдістері зерттеуі өткізілген. Торапта кернеудің рұқсат берілген шығынын анықтау номаграммасы жасалған, егер максималь және минималь жүктеме-лердің мен орта кернеудің желісіге келе жатқан кернеудің рұқсат берілген шығыны қатысты үлесі белгілі.

Проведены исследования методов определения допустимой потери напряжения в сетях электроснабжения. Разработана номограмма определения допустимых потерь напряжения в сети, если известны отклонения напряжения на шинах центра питания в режимах максимальной и минимальной нагрузок и относительная доля допустимой потери напряжения, приходящаяся на линию среднего напряжения.

Researches of methods of definition of allowable loss of a pressure (voltage) in networks of electro supply are carried out (spent). It is developed monographic chart definitions of allowable losses of a pressure (voltage) in a network if deviations (rejections) of a pressure (voltage) on trunks of the center of a feed (meal) in modes of the maximal and minimal loadings and a relative share of allowable loss of the pressure (voltage) are known, falling a line of an average pressure (voltage).

Методы определения допустимых потерь широко изложены в литературе [1 ÷ 3]. Существующие методы можно разделить на два основных вида:

- построение обобщенной диаграммы напряжений [2];
- построение таблиц отклонений напряжения для всех элементов сети [3].

Оба метода имеют свои достоинства и недостатки и позволяют определить максимально допустимую потерю напряжения в сети. Недостатком методов является большая затрата времени на составление таблиц или диаграмм. Эти методы не учитывают оптимальное распределение напряжения между линиями среднего (с.н.) и низкого (н.н.) напряжений.

При составлении таблиц отклонений напряжения или диаграмм напряжений всегда задаются определенными данными: отклонением напряжения на шинах ЦП – $V_{ЦП}'$, $V_{ЦП}''$; потерями напряжения в потребительском трансформаторе – $\Delta U_T'$, $\Delta U_T''$; надбавкой потребительского трансформатора – V_T ; отношением минимальной нагрузки сети к максимальной – $S_{\min} \cdot S_{\max}^{-1}$.

Как указывалось выше, существующие методы довольно громоздки и трудоемки, поэтому есть необходимость в их дальнейшей разработке, с целью снижения трудозатрат при проектировании. Рассмотрим, например, как можно развить метод составления таблиц, исходя из следующих начальных положений:

$$V_{ЦП}' = -5,0\%; \quad V_{ЦП}'' = +5,0\%; \quad \Delta U_T' = 4,0\%; \quad \Delta U_T'' = 1,0\%.$$

Напряжение на шинах центра питания (ЦП) в режиме максимальной нагрузки – $V_{ЦП}'$; минимальной нагрузки $V_{ЦП}''$; отношение минимальной нагрузки сети к максимальной составляет 25%.

Определение допустимой потери напряжения в сети с помощью составления таблиц отклонения напряжений довольно наглядно, но громоздко и требует, как правило, составления таблиц более одного раза.

Выполним вывод простых выражений для определения допустимой потери напряжения в сети, исходя из указанных выше ограничений. Составим уравнения отклонения напряжения у потребителей в режиме максимальной и минимальной нагрузок.

$$V_{ЦП}' + V_T - \Delta U_T' - \Delta U_{\text{доп}}' = V_{\text{П}}', \quad (1)$$

где $\Delta U_{\text{доп}}'$ – допустимая потеря напряжения в линиях с.н. и н.н. в режиме максимальной нагрузки.

Допустимую потерю напряжения в линиях с.н. и н.н. можно выразить как:

$$\Delta U_{\text{доп}}' = a \cdot \Delta U_{\text{доп}}' + b \cdot \Delta U_{\text{доп}}', \quad (2)$$

где a , b – относительная доля потери напряжения, приходящаяся на линию среднего напряжения и низкого напряжения соответственно, причем $a + b = 1$.

$$V_{\text{шп}}'' \cdot V_{\text{шп}}'' + V_{\text{т}} - \Delta U_{\text{т}}'' - \frac{a}{4} \cdot \Delta U'_{\text{доп}} = V_{\text{п}}'' \quad (3)$$

В режиме минимальной нагрузки рассматривается потребитель, находящийся в наихудших условиях [подключенный к шинам н.н. потребительской трансформаторных подстанций (ТП)].

Подставив в (1) значения $\Delta U'_{\text{т}}$ и $V_{\text{шп}}'$ получим:

$$\Delta U'_{\text{доп}} = V_{\text{шп}}' + V_{\text{т}} - 4 = -5;$$

$$\Delta U'_{\text{доп}} = V_{\text{шп}}' + V_{\text{т}} + 1. \quad (4)$$

Обозначим $\Delta U'_{\text{доп}}$ как $\Delta U_{\text{доп}}$ – максимально допустимые потери напряжения в линии.

Из выражения (2) можно определить требуемую надбавку трансформатора потребительской ТП.

$$V_{\text{шп}}'' + V_{\text{т}} - 1 - \frac{a}{4} \cdot (V_{\text{шп}}' + V_{\text{т}} + 1) - V_{\text{п}}'' = 0,$$

$$V = \frac{a \cdot V_{\text{шп}}' - 4 \cdot V_{\text{шп}}'' + a + 24}{4 - a}. \quad (5)$$

По выражению (5) можно сразу определить максимально допустимую надбавку потребительского трансформатора и принять стандартную (от 0 до 10%, ступенями через 2,5%).

Из выражений (4) и (5) можно вывести формулу для определения допустимой потери напряжения в сети, если известны отклонения напряжения на шинах ЦП в режимах максимальной и минимальной нагрузок и относительная доля допустимой потери напряжения, приходящаяся на линию среднего напряжения – a

$$\Delta U_{\text{доп}} = \frac{4 \cdot (V_{\text{шп}}' - V_{\text{шп}}'') + 28}{4 - a}. \quad (6)$$

Выражение (6) дает возможность без составления таблиц отклонения напряжения ориентировочно определить допустимую потерю напряжения в сети.

В этом выражении не учитывается ступенчатость изменения надбавок трансформатора $V_{\text{т}}$. для более точного определения допустимых потерь напряжения, следует по выражению (5) определить значение $V_{\text{т}}$, принять стандартное меньшее значение и, подставив это значение в выражение (4) вычислить значение $\Delta U_{\text{доп}}$.

Для уменьшения трудозатрат на определение допустимых потерь напряжения построена номограмма, приведенная на рис. 1. номограмма построена на основании выражений (4) и (6).

Значения $\Delta V_{\text{шп}} = V_{\text{шп}}' - V_{\text{шп}}''$ определялись исходя из отклонений напряжения

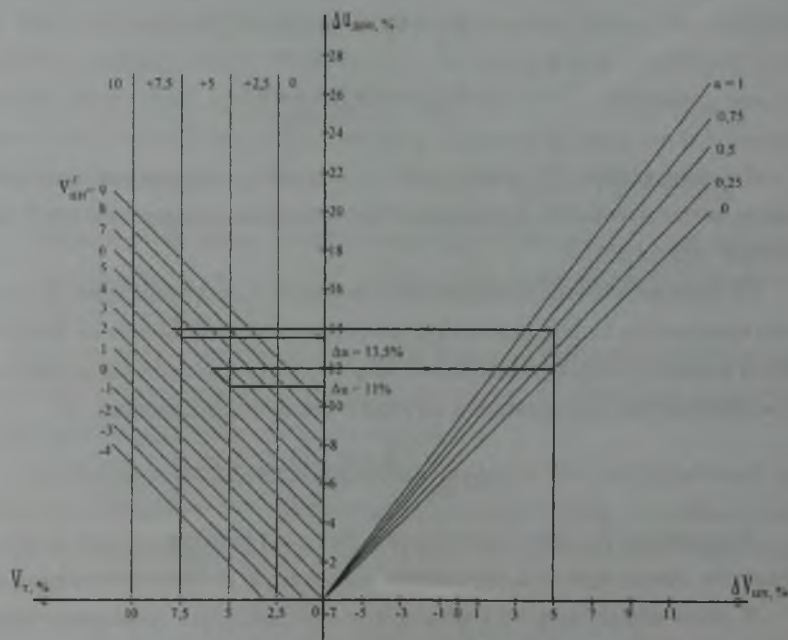
у ближайшего потребителя (подключенного к шинам 0,38кВ трансформатора собственных нужд ЦП) в режимах максимальной и минимальной нагрузок. При этом отклонения напряжения у ближайшего потребителя не должны выходить за пределы допустимых ($\pm 5\%$).

Таким образом,

$$V_{\text{цп.min}}^I = V_{\text{цп}}^I + \Delta U_{\text{T}}^I = -5 + 4 = -1\%;$$

$$V_{\text{цп.max}}^I = +5 + 4 = 9\%; \quad V_{\text{цп.min}}^{II} = -5 + 1 = -4\%; \quad V_{\text{цп.max}}^{II} = +5 + 1 = 6\%.$$

Значения максимального отклонения на шинах центра питания в режиме максимальной нагрузки ($V_{\text{цп.max}}^I$) и минимального значения отклонения напряжения в режиме минимальной нагрузки ($V_{\text{цп.min}}^{II}$) определялись для нехарактерных значений отклонений напряжения у потребителей, но теоретически возможных, например, когда от ЦП отключены все распределительные линии, т.е. для случаев, когда $V_{\text{цп}}^I = +5\%$; $V_{\text{цп}}^{II} = -5\%$.



Номограмма для определения допустимой потери напряжения в сети

Рисунок 1

Исходя из этого, можно определить максимальное и минимальное значения $\Delta V_{\text{цп}}$.

$$\Delta V_{\text{цп.min}} = V_{\text{цп.min}}^I - V_{\text{цп.max}}^{II} = -1 - 6 = -7\%.$$

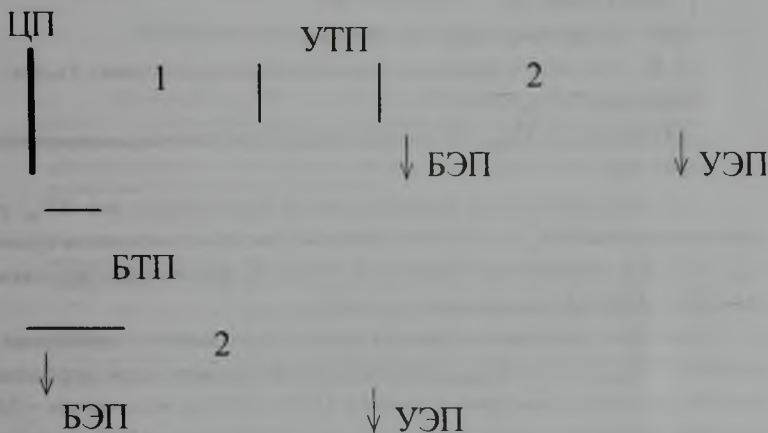
При этом значении ΔV допустимые потери напряжения в сети будут равны нулю.

$$\Delta V_{\text{цп.max}} = V_{\text{цп.max}}^I - V_{\text{цп.min}}^II = 9 - (-4) = 13\%.$$

При этом значении ΔV допустимые потери напряжения в сети будут максимальными.

Порядок пользования номограммой рис. 1. рассмотрим на конкретном примере по принципиальной схеме распределительной сети для основной массы потребителей представлена на рис. 2. и рис. 3.

Принципиальная схема распределительной сети для основной массы потребителей представлена на рис. 2. и рис. 3.



Принципиальная схема распределительной сети

Рисунок 2

Где 1 – распределительная сеть среднего напряжения (с.н.);

2 – распределительная сеть низкого напряжения (н.н.);

ЦП – центр питания (шины 6 – 10 кВ питающей подстанции);

УТП – наиболее удаленная трансформаторная подстанция в данной сети;

БТП – наиболее близкая к ЦП трансформаторная подстанция;

УЭП – наиболее удаленный потребитель в сети н.н.;

БЭП – ближайший электроприемник в сети н.н.

Для схем приведенных на рис. 2. и рис. 3. определим максимальную допустимую потерю напряжения в линиях с.н. и н.н. для УТП и БТП, если на шинах ЦП осуществляется режим встречного регулирования соответствующий требованиям ПУЭ, т.е. $V_{\text{цп}}^I = +5\%$; $V_{\text{цп}}^II = 0\%$, для БТП значение «а» равно нулю; для УТП значение «а» примем равным 0,5.

$$\Delta V_{\text{цп}} = 5 - 0 = 5\%.$$



Схема линии с одной трехфазной нагрузкой

Рисунок 3

P – активная передаваемая мощность, кВт;

U_n – номинальное напряжение линии, кВ;

l – длина линии, км;

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности нагрузки;

r_0, x_0 – активное и реактивное удельные сопротивления линии, Ом/км.

Определяем $\Delta U_{\text{доп}}$ для УТП:

– из точки на оси $\Delta V_{\text{щп}} = 5\%$ восстанавливаем перпендикуляр до пересечения с прямой $a = 0,5$;

– из полученной точки проводим прямую параллельную оси $\Delta V_{\text{щп}}$ до пересечения с прямой $V_{\text{щп}}' = +5\%$. Из полученной точки опускаемся вниз по прямой $V_{\text{щп}}' = +5\%$ до пересечения с прямой $V_T = +7,5\%$ (максимально возможная надбавка трансформатора для данных условий);

– из точки пересечения проводим горизонтальную линию до пересечения с ординатой $\Delta U_{\text{доп}}$. На оси $\Delta U_{\text{доп}}$ определяем, что допустимые потери напряжения в линиях с.н. и н.н. (суммарные) составляют 13,5%. С учетом того, что «а» = 0,5, допустимые потери напряжения для линии с.н. составят около 6,75 %, такое же значение допустимых потерь напряжения будет и для линии н.н.

Определим $\Delta U_{\text{доп}}$ для БТП.

По аналогии с пунктами а, б, в для УТП находим $\Delta U_{\text{доп}} = 11\%$. Так как «а»=0, то для линии с.н. $\Delta U_{\text{доп}} = 0$; для линии н.н. $\Delta U_{\text{доп}} = 11\%$.

Такие же значения допустимых потерь напряжения могут быть получены путем составления таблиц отклонения напряжения, но затраты времени для получения результата будут примерно на порядок выше, чем при пользовании номограммой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карпов Ф.Ф., Солдаткина Л.А. Регулирование напряжения в электросетях промышленных предприятий. – М.: Энергия, 1970. – 220 с.
2. Маркушевич Н.С., Солдаткина Л.А. Качество напряжения в городских электрических сетях. – М.: Энергия, 1975. – 256 с.
3. Будзко И.А., Зуль В.М. Электроснабжение сельского хозяйства. – М.: Агропромиздат, 1990. – 456 с.