

ВЫБОР РАЗМЕЩЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ С ОГРАНИЧЕНИЯМИ ПО ТЕХНИЧЕСКИМ УСЛОВИЯМ

Н. А. ДУЛЬЗОН, Р. И. ЗАКИРОВ

(Представлена кафедрой электрических систем и сетей)

В новых условиях развития электроэнергетики разработка новых, более современных, методов расчетов по выбору элементов и систем электроснабжения является важным звеном в решении задачи повышения эффективности производства. К числу таких вопросов относится задача проектирования распределительной сети.

При проектировании систем электроснабжения одним из факторов, влияющих на технико-экономические показатели, является выбор местоположения источника питания.

Выбор местоположения источника питания в распределительных сетях нужно делать одновременно с учетом экономических и технических показателей. В данной статье ставится задача нахождения оптимального размещения источника питания в радиальных распределительных сетях при технических ограничениях по отклонениям напряжения.

Радиальные схемы электрических сетей широко распространены в системах электроснабжения городов и промышленных предприятий, поэтому вопрос выбора местоположения источника питания в таких схемах является актуальным.

Существующий метод нахождения местоположения источника питания, основанный на применении понятия «центр тяжести нагрузок», не является оптимальным в смысле минимума приведенных расчетных затрат.

Признаком оптимальности выбора местоположения источника питания следует считать минимум приведенных расчетных затрат, определяемых в соответствии с методикой технико-экономических расчетов в энергетике [1] и с учетом технических ограничений по отклонениям напряжения.

Для принятого критерия оптимальности получим следующую математическую формулировку задачи:

$$Z = \sum_{k=1}^m (pK_k + C_k) = \min \quad (1)$$

при соблюдении ограничений

$$(U_{ип} - \Delta U_k - \Delta U_{тк}) \frac{1}{K_{тк}} \geq U_{жк}, \quad (2)$$

где p — суммарный коэффициент ежегодных отчислений;
 K_k — капитальные затраты k -го потребителя;
 C_k — ежегодные эксплуатационные расходы k -го потребителя;
 $U_{\text{ип}}$ — напряжение на шинах источника питания, kB ;
 ΔU_k — потери напряжения в линиях от источника питания до потребительской подстанции, kB ;
 $\Delta U_{\text{тк}}$ — потери напряжения в трансформаторах, kB ;
 $K_{\text{тк}}$ — коэффициент трансформации трансформаторов;
 $U_{\text{жк}}$ — желаемое напряжение на шинах потребительских подстанций, kB .

Капитальные затраты и ежегодные эксплуатационные расходы являются функциями, зависящими от длины линии, а длина линии может быть выражена через координаты потребительской п/ст x_k, y_k и источника питания x, y . Тогда приведенные расчетные затраты на сооружение и эксплуатацию сети будут представлены в виде явной функции от искомым координат источника питания:

$$Z = \sum_{k=1}^m z_k \sqrt{(x - x_k)^2 + (y - y_k)^2}, \quad (3)$$

где z_k — удельные приведенные расчетные затраты.

Для решения поставленной задачи при наличии ограничений в виде неравенств предлагается следующий порядок.

Из (2) после подстановки известных величин нетрудно определить предельные значения длин линий l_k , свыше которых напряжение на шинах потребительских подстанций будет меньше $U_{\text{жк}}$ по выражению

$$l_k \leq \frac{nU_{1k} \{n' [U_{\text{ип}} U'_{1k} - (U'_{1k})^2] - (P_{\text{нк}} r_{\text{тк}} + Q_{\text{нк}} x_{\text{тк}})\}}{n' U'_{1k} (P''_{\text{нк}} r_{\text{ок}} + Q''_{\text{нк}} x_{\text{ок}})}, \quad (4)$$

где U_{1k} — напряжение на высокой стороне трансформаторов потребительских подстанций, которое равно

$$U_{1k} = U'_{1k} + \frac{P_{\text{нк}} r_{\text{тк}} + Q_{\text{нк}} x_{\text{тк}}}{nU'_{1k}}, \quad (5)$$

U'_{1k} — напряжение на низкой стороне трансформаторов потребительских подстанций, приведенное к высокой стороне, которое равно

$$U'_{1k} = U_{\text{жк}} K_{\text{тк}}; \quad (6)$$

$S_{\text{нк}} = P_{\text{нк}} - jQ_{\text{нк}}$ — нагрузка линии;

$S''_{\text{нк}} = P''_{\text{нк}} - jQ''_{\text{нк}} = S_{\text{нк}} + \Delta S_{\text{мтк}} + \Delta S_{\text{ст,тк}}$ — нагрузка линии с учетом потерь мощности в трансформаторах;

$r_{\text{ок}}, x_{\text{ок}}$ — активное и реактивное сопротивление 1 км линии;

$r_{\text{тк}}, x_{\text{тк}}$ — активное и реактивное сопротивление трансформатора;

n — число цепей распределительной линии;

n' — число трансформаторов на подстанции.

Радиусами, равными l_k , с центрами, соответствующими местоположению потребительских подстанций, проводятся дуги, т. е. выделяется область допустимых значений $U_{\text{ж}}$.

После этого решается система уравнений (1) приближенными методами (в данном случае используется метод Ньютона [4]).

Затем делается проверка выполнения условий ограничения, т. е. находится ли источник питания в области допустимых значений $U_{ж}$. Если источник питания находится в этой области, то задача решена, а если нет, то источник питания необходимо сместить до ближайшей граничной дуги, чтобы выполнить условия ограничения.

Данная методика применительна к сетям, сечение которых определено до начала расчета и не зависит от местоположения источника питания, также определено число источников питания.

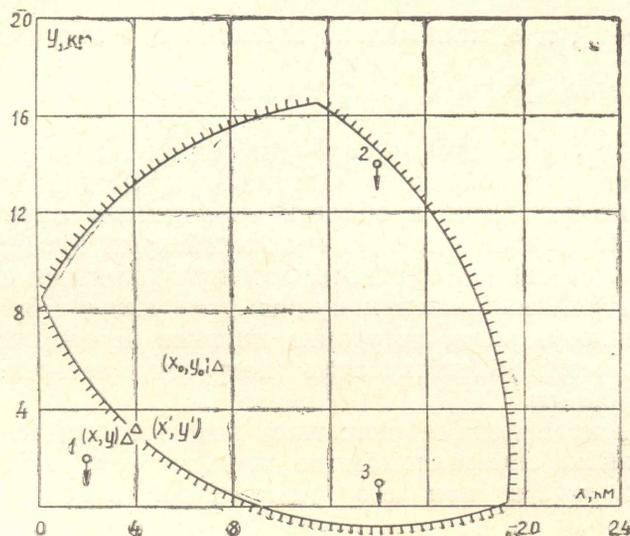


Рис. 1

Пример. Для схемы, представленной на рисунке, требуется выбрать оптимальное местоположение источника питания с ограничениями по отклонениям напряжения. Нагрузки на потребительских подстанциях заданы графиками, характеристики которых приведены в таблице.

Таблица

№ ступеней (i)	Продолжительность ступени (t_i), час	Величина нагрузки (P_i), мтв		
		1 подстанция ($\kappa=1$)	2 подстанция ($\kappa=2$)	3 подстанция ($\kappa=3$)
I	2	1,8	0,45	0,15
II	6	1,35	0,45	0,15
III	4	3	2,7	1,2
IV	2	1,35	0,9	0,45
V	2	3	2,4	0,3
VI	4	2,4	1,05	0,3
VII	4	2,1	0,45	0,15

Принимая стоимости воздушных линий по данным [2] и суммарный коэффициент ежегодных отчислений согласно [3], значения удельных приведенных расчетных затрат в случае, когда нагрузки заданы графиком, будут определяться как

$$z_{\kappa} = \sum_{i=1}^n z_{i\kappa} t_{i\kappa}, \quad (7)$$

где z_{jk} — удельные приведенные расчетные затраты ступени графика нагрузки k -го потребителя;

t_{jk} — продолжительность i -й ступени графика k -го потребителя и будут равны $z_1 = 1,6584$ тыс.руб/км; $z_2 = 1,1764$ тыс.руб/км; $z_3 = 0,6809$ тыс.руб/км.

Методом Ньютона определяется оптимальное местоположение источника питания: $x = 3,75$ км; $y = 2,87$ км.

Затем делается проверка выполнения условий ограничения по выражению (4) для случая, когда $U_{жк} = 0,4$ кв,

$$K_{TK} = \frac{U_{отв \min K}}{U_{ннк}}$$
, т. е. минимально возможное, а нагрузка максималь-

ная. В результате расчета получается: $l_1 \leq 17,5$ км, $l_2 \leq 14,85$ км, $l_3 \leq 15,75$ км.

Область допустимых значений $U_{ж}$ показана на рисунке.

Оказывается, что найденное оптимальное местоположение источника питания не находится в области допустимых значений $U_{ж}$, поэтому его необходимо сместить до граничной дуги, проведенной радиусом $l_2 = 14,85$ км. Новые координаты источника питания с учетом ограничений по потерям напряжения будут: $x' = 4$ км; $y' = 3$ км.

Найденные координаты источника питания отличаются от координат центра тяжести электрических нагрузок, которые составляют $x_0 = 7,4$ км; $y_0 = 5,8$ км.

Суммарные приведенные расчетные затраты при местоположении источника питания, определяемом по предлагаемой методике, составляют 28,15 тыс. руб., а при его размещении в центре тяжести — 28,9 тыс. руб.

Таким образом, в первом случае затраты уменьшаются на 750 руб. и одновременно напряжение на шинах потребительских подстанций получается не меньше желаемого напряжения, т. е. выполняются ограничения по отклонениям напряжения, что влияет на оптимальное местоположение источника питания в распределительных сетях.

ЛИТЕРАТУРА

1. «Методика технико-экономических расчетов по энергетике». Государственный Комитет Совета Министров СССР по науке и технике, Академия наук, М., 1966.
2. Электротехнический справочник, т. II. Изд-во «Энергия», М., 1964.
3. Ф. Ф. Карпов. Расчет городских распределительных сетей. Изд-во «Энергия», М., 1968.
4. Б. П. Демидович и И. А. Марон. Основы вычислительной математики. Госиздат, М., 1963.
5. А. П. Чмутов. Оптимальное размещение источника питания электроэнергией. «Электричество», 12, 1969.