

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА УПОРЯДОЧЕННЫХ ДИАГРАММ ДЛЯ ВЫБОРА МОЩНОСТИ КОМПЕНСИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

Ю.С. Выровчикова, О.В. Соляков, В.П. Степанов

Самарский государственный технический университет
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

Излагается применение метода упорядоченных диаграмм выбросов и провалов графиков реактивной нагрузки для выбора мощности нерегулируемой и регулируемой частей компенсирующего устройства.

Ключевые слова: *выбор мощности компенсирующего устройства, выбросы и провалы реактивной нагрузки, упорядоченная диаграмма.*

Целью настоящей работы является выбор числа и мощности секций регулируемой части компенсирующего устройства в промышленных электрических сетях на стадии проектирования с использованием метода упорядоченных диаграмм.

Постановка задачи

В промышленных электрических сетях напряжением ниже 1000 В компенсация реактивной мощности, как правило, осуществляется конденсаторными батареями [1]. Мощность компенсирующего устройства Q_{ky} в общем случае состоит из нерегулируемой Q_{nereg} и регулируемой Q_{reg} мощностей конденсаторной батареи:

$$Q_{ky} = Q_{nereg} + Q_{reg} \quad (1)$$

В условиях эксплуатации, когда графики электрической нагрузки (ГЭН) $Q(t)$ известны, выбор нерегулируемой Q_{nereg} и регулируемой Q_{reg} мощностей не вызывает затруднений.

На стадии проектирования, когда ГЭН неизвестны, мощность компенсирующего устройства выбирается по неизменным во времени характеристикам графика – средним активной P_{cp} и реактивной Q_{cp} мощностям [2, 3].

Такой подход к выбору мощности компенсирующего устройства обоснован только в частном случае, для неизменных во времени ГЭН $Q(t)$. В общем случае, при изменяющемся во времени ГЭН, выбор мощности компенсирующего устройства по статическим характеристикам не соответствует физике решаемой задачи, что в условиях эксплуатации приводит к недокомпенсации и перекомпенсации реактивной мощности, потребляемой электроприемниками, а соответственно, и к увеличению потерь электрической энергии в промышленных электрических сетях.

С целью уменьшения потерь электрической энергии в промышленных электрических сетях предлагается выбирать компенсирующее устройство по изменяющимся во времени характеристикам: выбросам и провалам ГЭН [4, 5]. Для определения нерегулируемой Q_{nereg} и регулируемой Q_{reg} мощностей конденсаторной батареи не-

Юлия Сергеевна Выровчикова – магистрант.

Олег Вячеславович Соляков – к.т.н., доцент.

Валентин Павлович Степанов – д.т.н., доцент.

обходимо располагать двумя основными характеристиками ГЭН $Q(t)$: максимальной Q_{\max} и минимальной Q_{\min} реактивной нагрузками, а также диапазоном изменения реактивной нагрузки D_Q . Оценку этих характеристик можно получить с помощью характеристик выбросов и провалов. Для этого удобно использовать метод упорядоченных диаграмм, заключающийся в расчете статистической функции распределения случайного процесса изменения ГЭН $Q(t)$ и ее построении, когда по оси ординат откладываются средние ординаты выбросов и провалов в порядке убывания, а по оси абсцисс – средние суммарные длительности ординат ГЭН $Q(t)$ [6]. Функция распределения в теории нагрузок получила название упорядоченной диаграммы [5]. Заметим, что метод упорядоченных диаграмм с успехом был применен в теории электрических нагрузок [3] и показателей качества электрической энергии [7].

Решение задачи

Исходными данными для расчета выбросов и провалов ГЭН служат: число электроприемников n , индивидуальные номинальные активные мощности электроприемников P_n , индивидуальные коэффициент мощности $\cos\phi$ и коэффициент использования $K_{и}$, вид и параметры корреляционной функции. В результате расчета мы получаем данные для построения расчетной упорядоченной диаграммы: среднюю реактивную мощность $Q_{\text{ср}}$, среднее число выбросов \bar{N}_B и провалов \bar{N}_{Π} , среднюю длительность выбросов \bar{t}_B и провалов \bar{t}_{Π} , среднюю амплитуду выбросов \bar{Q}_B и провалов \bar{Q}_{Π} нагрузки относительно заданного уровня Q_y за расчетный период времени T_p , k – количество уровней.

Методика построения расчетной УД выбросов и провалов ГЭН $Q(t)$ (см. рисунок) заключается в следующем. По оси ординат откладываются средние амплитуды выбросов \bar{Q}_B и провалов \bar{Q}_{Π} реактивной нагрузки $Q(t)$ в порядке убывания, а по оси абсцисс – средние суммарные длительности выбросов \bar{T}_B и провалов \bar{T}_{Π} реактивной нагрузки $Q(t)$ относительно k -го заданного уровня Q_{y_k} .

Построение расчетной УД выбросов и провалов ГЭН $Q(t)$ удобнее всего начинать с нулевого уровня Q_{y_0} , равного средней реактивной нагрузке $Q_{\text{ср}}$:

$$Q_{y_k} = Q_{y_0} = Q_{\text{ср}}, \quad (2)$$

где $k=0$ – номер уровня.

Первые уровни Q_{y_1B} и $Q_{y_1\Pi}$ формируются отложением по оси ординат средних амплитуд выбросов \bar{Q}_{B_1} и провалов \bar{Q}_{Π_1} за нулевой уровень Q_{y_0} соответственно:

$$Q_{y_1B} = Q_{y_0} + \bar{Q}_{B_1}; \quad (3)$$

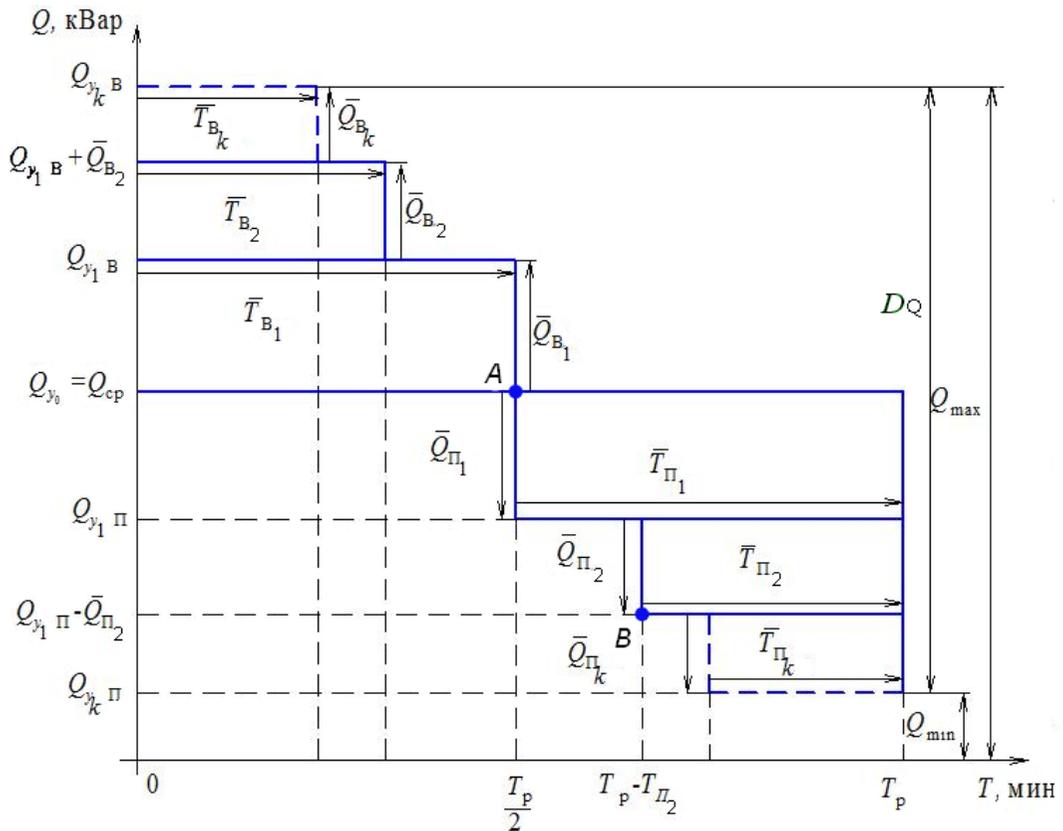
$$Q_{y_1\Pi} = Q_{y_0} - \bar{Q}_{\Pi_1}, \quad (4)$$

а по оси абсцисс – суммарных средних длительностей выбросов \bar{T}_{B_1} и провалов \bar{T}_{Π_1} , определяемых по выражениям:

$$\bar{T}_{B_1} = \bar{N}_{B_1} \bar{t}_{B_1}; \quad (5)$$

$$\bar{T}_{\Pi_1} = \bar{N}_{\Pi_1} \bar{t}_{\Pi_1}, \quad (6)$$

где $\bar{t}_{B_1}, \bar{t}_{\Pi_1}$ – средние длительности выбросов и провалов за нулевой уровень Q_{y_0} ;
 $\bar{N}_{B_1}, \bar{N}_{\Pi_1}$ – средние числа выбросов и провалов за нулевой уровень Q_{y_0} .



Расчетная упорядоченная диаграмма выбросов и провалов ГЭН за k уровней

На нулевом уровне суммарные средние длительности выбросов \bar{T}_{B_1} и провалов \bar{T}_{Π_1} равны между собой, а их сумма равна расчетному периоду времени T_p :

$$T_p = \bar{T}_{B_1} + \bar{T}_{\Pi_1} . \quad (7)$$

Таким образом, точка A на рисунке имеет координаты $(Q_{y_0}; \frac{T_p}{2})$.

Вторые уровни Q_{y_2B} и $Q_{y_2\Pi}$ формируются отложением по оси ординат средних амплитуд выбросов \bar{Q}_{B_2} и провалов \bar{Q}_{Π_2} за первый уровень Q_{y_1} соответственно:

$$Q_{y_2B} = Q_{y_1} + \bar{Q}_{B_2} ; \quad (8)$$

$$Q_{y_2\Pi} = Q_{y_1} - \bar{Q}_{\Pi_2} , \quad (9)$$

а по оси абсцисс – суммарных средних длительностей выбросов \bar{T}_{B_2} и провалов \bar{T}_{Π_2} , определяемых по выражениям:

$$\bar{T}_{B_2} = \bar{N}_{B_2} \bar{t}_{B_2}; \quad (10)$$

$$\bar{T}_{\Pi_2} = \bar{N}_{\Pi_2} \bar{t}_{\Pi_2}, \quad (11)$$

где $\bar{t}_{B_2}, \bar{t}_{\Pi_2}$ – средние длительности выбросов и провалов за первый уровень Q_{y_1} ;

$\bar{N}_{B_2}, \bar{N}_{\Pi_2}$ – средние числа выбросов и провалов за первый уровень Q_{y_1} .

При этом суммарная средняя длительность провала \bar{T}_{Π_2} за первый уровень Q_{y_1} откладывается из точки В с координатами $(Q_{y_{1\Pi}} - \bar{Q}_{\Pi_2}; T_p - \bar{T}_{\Pi_2})$.

Аналогично строим выбросы и провалы для k -того уровня. Значения k -того уровня для выбросов и провалов $Q(t)$ определяются по выражениям:

$$Q_{y_k B} = Q_{y_0} + \sum_{j=1}^k \bar{Q}_{Bj}; \quad (12)$$

$$Q_{y_k \Pi} = Q_{y_0} - \sum_{j=1}^k \bar{Q}_{\Pi j}, \quad (13)$$

где j – текущее значение уровня.

Минимальное значение реактивной мощности Q_{\min} (см. рисунок) принимается за мощность нерегулируемой части компенсирующего устройства:

$$Q_{\text{nereg}} = Q_{\min}. \quad (14)$$

Мощность регулируемой части Q_{reg} компенсирующего устройства принимается равной разности между максимальным Q_{\max} и минимальным Q_{\min} значениями реактивной нагрузки (см. рисунок) или диапазону ее изменения D_Q :

$$Q_{\text{reg}} = Q_{\max} - Q_{\min} = D_Q = N \cdot Q_{\text{сек}}, \quad (15)$$

где N – число секций; $Q_{\text{сек}}$ – мощность одной секции регулируемой части компенсирующего устройства.

Вывод

Расчетная УД $Q(t)$ выбросов и провалов позволяет дать оценку трем основополагающим величинам ГЭН $Q(t)$: минимальному Q_{\min} и максимальному Q_{\max} значениям реактивной мощности, диапазону изменения реактивной нагрузки D_Q , необходимым для выбора мощности КУ, его нерегулируемой Q_{nereg} и регулируемой Q_{reg} мощностям.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Основы построения промышленных электрических сетей / Г.М. Каялов, А.Э. Каждан, И.Н. Ковалев, Э.Г. Куренный; Под общ. ред. Г.М. Каялова. – М.: Энергия, 1978. – 352 с.
2. Указания по проектированию установок компенсации реактивной мощности в электрических сетях общего назначения промышленных предприятий. РТМ 36.18.32.6-92. – Москва, 1992. – 53 с.
3. Электрические нагрузки промышленных предприятий / С.Д. Волобринский, Г.М. Каялов, П.Н. Клейн, Б.С. Мешель. – М.-Л.: Энергия, 1964. – 154 с.

4. Методы вероятностного моделирования в расчетах характеристик электрических нагрузок потребителей. – 2-е изд., перераб. и доп. / И.В. Жежеленко, Е.А. Кротков, В.П. Степанов. – М.: Энергоатомиздат, 2003. – 220 с.
5. Шидловский А.К., Куренный Э.Г. Введение в статическую динамику систем электроснабжения. – Киев: Наук. думка, 1984. – 273 с.
6. Гайдукевич В.И., Титов В.С. Случайные нагрузки силовых электроприводов. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 160 с.
7. Управление качеством электрической энергии / И.И. Карташов, В.Н. Тульский, Р.Г. Шамонов и др.; Под ред. Ю.В. Шарова. – М.: Изд. дом МЭИ, 2006. – 320 с.

Статья поступила в редакцию 15 июня 2011 г.

RANGE DIAGRAM METHOD USAGE FOR THE POWER SELECTION OF THE COMPENSATING DEVICE

J.S. Vyrovchikova, O.V. Solyakov, V.P. Stepanov

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100

In this paper the application of range diagram method of overshoots and dips of reactive termination graphic chart for power selection of unregulated and regulated parts of the compensating device is presented.

Keywords: *power selection of the compensating device, overshoots and dips of reactive termination, range diagram.*

Julia S. Vyrovchikova – Graduate student.

Oleg V. Solyakov – Candidate of Technical Sciences, Associate professor.

Valentin P. Stepanov – Doctor of Technical Sciences, Professor.