

А. Д. Демов, к. т. н., доц.; Н. П. Свиридов, к. т. н., проф.;
О. П. Паламарчук, асп.; В. В. Захаров

МЕТОД КОРРЕКТИРОВАНИЯ ВХОДНЫХ РЕАКТИВНЫХ МОЩНОСТЕЙ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

В работе представлен метод корректирования входных реактивных мощностей. Предлагается решать проблему корректирования входных реактивных мощностей с учетом экономической стойкости оптимального решения задачи компенсации реактивной мощности. Это позволит корректировать входную реактивную мощность только для некоторых потребителей и уменьшать затраты на реализацию корректирования входных реактивных мощностей.

Ключевые слова: входная реактивная мощность, корректирование, экономическая стойкость, затраты.

Введение

Снижение потерь электроэнергии в электрических сетях энергосистемы является важной задачей для предприятий этих сетей. В значительной мере этого снижения можно достичь за счет установки конденсаторных установок (КУ) в сетях потребителей. Решение этой проблемы требует определения экономически целесообразных значений реактивных мощностей, которые передаются от энергосистемы потребителям (входных реактивных мощностей (ВРМ) потребителей) и, соответственно, мощностей КУ. На сегодняшний день существует ряд методов расчета ВРМ [1, 2]. Реализация результатов расчета по этим методам обеспечивает состояние сети, которому соответствует наименьшее значение затрат на передачу реактивной мощности. К сетям энергосистемы постоянно присоединяются новые потребители, что приводит к дополнительным затратам на передачу реактивной мощности и требует корректировки ВРМ всех потребителей. Но на практике такое корректирование реализовать сложно.

Цель работы

Целью данной работы является дополнительное снижение затрат на передачу реактивной мощности путем минимальных корректировок ВРМ потребителей.

Постановка проблемы

Пусть к сети, схема замещения которой представлена на рис. 1, присоединяется новый потребитель.

В [3] оптимальные значения ВРМ действующего потребителя до и после присоединения нового потребителя определяются соответственно:

$$Q_{od} = \frac{3_{KV} \cdot U_{ном}^2}{2 \cdot c_0 \cdot R_{cd}}, \quad Q_{on} = \frac{3_{KV} \cdot U_{ном}^2}{2 \cdot c_0 \cdot R_{cn}} \cdot \frac{r_d // r_n}{r_d}, \quad (1)$$

где R_{cd} , R_{cn} – эквивалентные сопротивления сети соответственно до и после присоединения нового потребителя, которые определяются:

$$R_{cd} = r_c + r_d; \quad R_{cn} = r_c + \frac{r_d \cdot r_n}{r_d + r_n}. \quad (2)$$

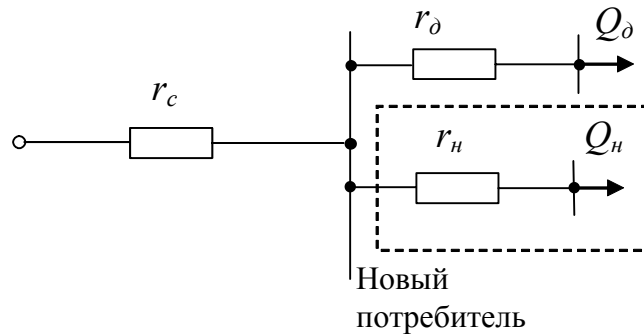


Рис.1. Схема замещения электрической сети, к которой присоединяется новый потребитель, r_c , r_d , r_n – эквивалентные сопротивления сетей системы, действующего и нового потребителя, Q_d , Q_n – реактивные нагрузки действующего и нового потребителя

Из (1) и (2) следует, что $Q_{od} \neq Q_{on}$.

Поскольку мощности КУ, которые целесообразно устанавливать в сети действующего потребителя до и после присоединения нового потребителя, определяются как:

$$Q_{KYd} = Q_d - Q_{od}; \quad Q_{KYn} = Q_d - Q_{on}, \quad (3)$$

тогда получим: $Q_{KYd} \neq Q_{KYn}$.

Другими словами, присоединение новых потребителей требует корректировки КУ в сети действующих потребителей.

Реализация такого корректирования практически невозможна, поскольку нуждается в постоянном изменении мощностей КУ во всех узлах электрической сети и соответственно требует значительных дополнительных затрат. В связи с этим возникает необходимость в разработке такой методики корректирования ВРМ потребителей, которая обеспечивала бы экономически приемлемые результаты и возможность их практической реализации.

Основная часть

Пусть к сети, которая характеризуется матрицей узловых сопротивлений $\mathbf{R}_d$ и матрицей реактивных нагрузок $\mathbf{Q}_d$, присоединяется новый потребитель. Новому состоянию сети соответствуют матрица узловых сопротивлений $\mathbf{R}_n$ и матрица реактивных нагрузок после присоединения потребителя $\mathbf{Q}_n$.

Соответственно [3] матрица оптимальных значений мощностей КУ до присоединения потребителя:

$$\mathbf{Q}_{дКУ} = \mathbf{Q}_d - \mathbf{R}_d^{-1} \cdot \mathbf{C}, \quad (4)$$

а после присоединения потребителя:

$$\mathbf{Q}_{нКУ} = \mathbf{Q}_n - \mathbf{R}_n^{-1} \cdot \mathbf{C}, \quad (5)$$

где $\mathbf{C}$ – матрица-столбец, элементы которой определяются технико-экономическими характеристиками сети.

Очевидно, оптимальные значения мощностей КУ в i -м узле до и после присоединения новых потребителей не равны между собой:

$$Q_{dKY} \neq Q_{nKYi}, \quad (6)$$

поэтому необходимо изменять их мощность на значение:

$$\Delta Q_{KVi} = |Q_{\partial KVi} - Q_{nKVi}|, i=1, \dots, n, \quad (7)$$

где n – количество потребителей.

Такие изменения целесообразно проводить с учетом экономической стойкости в задачах компенсации реактивной мощности [4], что делает возможным корректирование ВРМ не для всех потребителей, а только для их определенного количества. Критерием приемлемости такого подхода является выполнение неравенства:

$$\frac{Z}{Z_{opt}} - 1 < \xi_d, \quad (8)$$

где Z – значение затрат на передачу реактивной мощности в электрической сети, соответствующее частичному корректированию ВРМ; Z_{opt} – значение затрат, соответствующее оптимальному решению задачи (корректирование ВРМ всех потребителей); ξ_d – заданная величина [4].

Первый шаг в предложенном корректировании заключается в определении ВРМ для потребителя, который присоединяется при неизменных значениях мощностей КУ всех действующих потребителей. Если это приводит к отклонению большему, чем ξ_d , то необходимо корректировать ВРМ действующих потребителей. Задача должна решаться, исходя из минимального количества корректировок. Возникает вопрос: как обеспечить минимум корректировок и получить экономически выгодное решение?

Очевидно, в первую очередь необходимо проводить корректирование в том узле, КУ которого в наибольшей степени снижает потери активной мощности в сети.

При корректировании реактивной нагрузки i -ого узла на значение мощности Q_{ki} снижение потерь в сети можно записать как:

$$\delta P(Q_{ki}) = \frac{1}{U_n^2} \cdot (Q_{\partial}^t \cdot R_{\partial} \cdot Q_{\partial} - Q_n^t \cdot R_n \cdot Q_n). \quad (9)$$

В соответствии с описанными положениями на рис. 2 представлен алгоритм корректирования ВРМ.

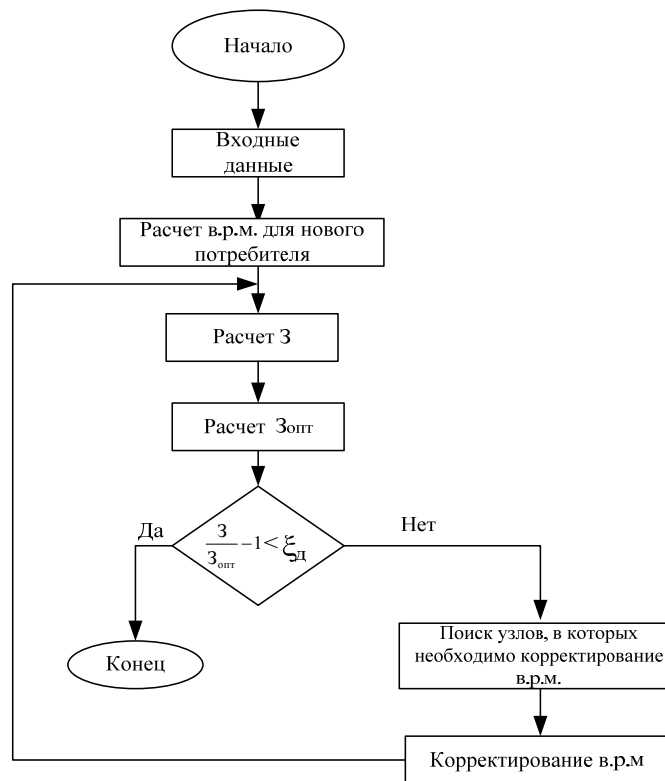


Рис.2. Блок - схема алгоритма корректирования ВРМ

Пример

Определить целесообразность корректирования ВРМ потребителей сети, схема замещения которой представлена на рис. 3, при присоединении нового потребителя. На схеме показаны существующие потоки реактивной мощности до присоединения нового потребителя, реактивные нагрузки потребителей и величины активных сопротивлений элементов, приведенные к напряжению 10 кВ. Величины ВРМ и реактивных нагрузок заданы в мегаварах, а активные сопротивления – в Ом. Допустимое отклонение затрат от оптимального значения $\xi_d=0,05$. Удельная стоимость потерь активной мощности – 68,5 грн/кВт. Стоимость КУ – 60 грн/квар.

Решение

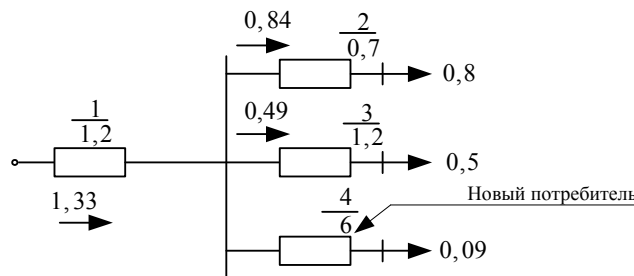


Рис. 3. Схема замещения электрической сети

1. Найдем значение ВРМ для нового потребителя при постоянности мощностей КУ всех действующих потребителей [3].

$$Q_c^{н.с.} = 0,027 \text{ Мвар.}$$

2. Соответственно рассчитываем значение затрат:

$$Z = 44057,41 \text{ грн/год.}$$

3. Определяем значение затрат, которое соответствует оптимальному решению после присоединения нового потребителя [3]:

$$Z_{\text{опт}} = 42647,255 \text{ грн/год.}$$

4. Находим значение отклонения $\xi = \frac{Z}{Z_{\text{опт}}} - 1 = \frac{44057,41}{42647,255} - 1 = 0,032$.

Поскольку $\xi < \xi_{\text{д}}$, то решение приемлемо.

Выводы

1. Присоединение новых потребителей к сети энергосистемы требует корректировки ВРМ действующих потребителей.

2. Корректирование входных реактивных мощностей целесообразно проводить с учетом экономической стойкости оптимального решения, что позволит уменьшить количество корректировок и соответственно затраты на их реализацию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Железко Ю.С. Компенсация реактивной мощности и повышение качества электроэнергии. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 224 с.
2. Рогальський Б.С. Компенсація реактивної потужності. Методи розрахунку, способи та технічні засоби управління. – Вінниця: УНІВЕРСУМ. – 2006 – 235 с.
3. Ковалев И.Н. Выбор компенсирующих устройств при проектировании электрических сетей. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 199 с.
4. Электрические системы. Кибернетика электрических систем. Под ред. В.А. Веникова. – М.: Высшая школа, 1974. – 328 с.

Демов Александр Дмитриевич – кандидат технических наук, доцент кафедры электротехнических систем электроснабжения и энергетического менеджмента, тел.: 8(097)4628039, demov@yandex.ru.

Свиридов Николай Павлович – кандидат технических наук, профессор; директор института электроэнергетики и электромеханики.

Паламарчук Олеся Петровна – аспирант кафедры электротехнических систем электроснабжения и энергетического менеджмента, тел.: 8(097)2790614.

Захаров Василий Владимирович – старший преподаватель кафедры электротехнических систем электроснабжения и энергетического менеджмента.

Винницкий национальный технический университет.