

Р. С. БЛЯТЯН

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-СТАТИСТИЧЕСКИЙ МЕТОД АНАЛИЗА И УЛУЧШЕНИЯ РЕЖИМОВ НАПРЯЖЕНИЯ В УЗЛАХ ГОРОДСКИХ СЕТЕЙ

Из-за сложности решения задач регулирования напряжения в целом для городских сетей представляется целесообразным проведение предварительных исследований применительно к отдельным городским ТП 6-10/0,4 кв с определенным составом потребителей. При этом практический интерес представляют изучение интегральных характеристик режимов нагрузки и напряжения и установление корреляционных связей между случайными величинами потребления активной и реактивной мощностей и отклонениями напряжения. Являясь показателями качества напряжения, интегральные характеристики могут быть использованы для определения возможных мероприятий при улучшении режимов эксплуатируемых сетей.

В настоящей статье приводится метод множественной корреляции, позволяющий на основании интегральной статистической информации оценить качество напряжения, уточнить положение регулировочных ответвлений распределительного трансформатора с ПБВ и выбрать мощность управляемой батареи конденсаторов (УБК) для уменьшения дисперсии отклонения напряжения, минимум которых является критерием оптимальности режима на вторичных шинах ТП 6-10/0,4 кв. Необходимо оговорить, что выбор мощности УБК осуществляется лишь по техническим параметрам режимов без рассмотрения вопроса экономического обоснования рекомендации.

Оценка и анализ качества напряжения. Алгоритм оценки качества напряжения получен с помощью метода моментов Чебышева [1]. Зависимость между величинами отклонений напряжений и потреблением активной и реактивной мощностей в узле нагрузки может быть представлена уравнением множественной линейной корреляции

$$\bar{V}_{VPQ} = [\bar{V}] + \sigma_V \left[r_{VP} \frac{P_i - \bar{P}}{\sigma_P} + \frac{r_{VQ} - r_{PQ} r_{VP}}{1 - r_{PQ}^2} \left(\frac{Q_i - \bar{Q}}{\sigma_Q} - r_{PQ} \frac{P_i - \bar{P}}{\sigma_P} \right) \right],$$

$$\bar{V}_{VrQ} = [V] + \sigma_V \left[r_{rQ} \frac{Q_i - \bar{Q}}{\sigma_Q} + \frac{r_{Vr} - r_{rQ} r_{VQ}}{1 - r_{rQ}^2} \left(\frac{P_i - \bar{P}}{\sigma_P} - r_{rQ} \frac{Q_i - \bar{Q}}{\sigma_Q} \right) \right] \quad (1)$$

где \bar{V}_{VrQ} — величина наиболее вероятного отклонения напряжения в ‰; P_i, Q_i — случайные значения потребления активной и реактивной мощностей в кВт и кВар.

Применение аппарата множественной корреляции для анализа режимов максимальных нагрузок на вторичных шинах ТП 6—10/0,4 кв, питающих коммунально-бытовую нагрузку, позволило установить, что

- коэффициенты корреляции r_{VQ} между отклонениями напряжения и потребляемой реактивной мощностью относительно высокие и находятся в диапазоне 0,29—0,74;
- коэффициенты корреляции r_{Vr} между отклонениями напряжения и потребляемой активной мощностью лежат в пределах 0,34—0,87;
- коэффициенты корреляции r_{rQ} между активной и реактивной мощностями изменяются от 0,38 до 0,79;
- математические ожидания реактивной мощности составляют (6—62) ‰ активной мощности, причем, реактивная мощность менее подвержена изменениям, нежели активная;
- анализ коэффициентов корреляции r_{Vr} и r_{VQ} по отдельным режимам показывает, что на режим напряжения на вторичных шинах ТП 6—10/0,4 кв большее влияние оказывает изменение потребления активной мощности;
- величины рассеяния отклонений напряжения σ_V незначительны в режимах максимальных нагрузок и изменяются в пределах (0,93—2,74) ‰.

Решением множественного корреляционного уравнения (1) является

$$\bar{V}_{VrQ} = (a + bP_i + cQ_i) ‰ \quad (2)$$

Влияние сети среднего напряжения (режимы напряжения в ЦП и смежных ТП 6—10/0,4 кв) на исследуемый узел нагрузки определяется из уравнения (2) при условии $P_i = Q_i = 0$ и с учетом величины добавки напряжения ΔU_{τ} , получающейся во вторичной сети и зависимости от положения регулировочного ответвления распределительного трансформатора с ПБВ.

$$\bar{V}_{en} = (a - \Delta U_{\tau}) ‰ \quad (3)$$

Выбор регулировочных ответвлений РТ. При выборе положений ответвлений очень важно знать, при каких значениях активной и реактивной мощностей получаются те или иные отклонения напряже-

ния. Уравнение (1), устанавливая соответствие между режимом напряжения и режимом нагрузки в узле, может быть использовано как для объективной оценки качества напряжения, так и для разработки мероприятий по его регулированию, так как достаточно полно отражает физический процесс формирования режима напряжения на шинах ТП 6—10/0,4 кВ под воздействием сети среднего напряжения и в зависимости от режима нагрузки исследуемого узла. Действительно, для обеспечения наилучших режимов напряжения для всей совокупности потребителей, питающихся от данного ТП, величина наиболее вероятного отклонения V_{VPC} в уравнении (1) может быть изменена регулированием напряжения в центре питания, изменением положения регулировочного ответвления РТ или же установкой нерегулируемых БК на шинах низкого напряжения ТП за счет изменения величины математического ожидания режима $[V]$. Стандартное отклонение напряжения, обусловленное дисперсией нагрузки, при этом не изменяется.

Таким образом, положение регулировочного ответвления $\%U_1$ выбирается из условия полной компенсации математического ожидания $[V]$ режима

$$\%U_1 = [V]. \quad (4)$$

Если величина стандартного отклонения режима σ велика, а $[V]$ мало, становится ясно, что изменение положения ответвлений РТ с ПБВ не будет эффективным. В этом случае необходимо разрабатывать другие мероприятия — изменять параметры сети или устанавливать управляемые батареи конденсаторов. В существующих сетях наиболее приемлемым является второй путь.

Выбор мощности УБК. Необходимо отметить, что если УБК установить в какой-либо точке низковольтной сети, то регулирующий эффект значительно повысится из-за реактанса воздушной линии, в результате чего необходимая мощность УБК уменьшится. В то же время относительно большая величина реактивного сопротивления трансформатора позволяет обеспечить необходимый диапазон регулирования при сравнительно небольших мощностях УБК. Кроме этого, при установке УБК на вторичных шинах ТП 6—10/0,4 кВ не имеется затруднений в получении интегральной статистической информации о режимах нагрузки и напряжения.

Исходя из этих соображений, наиболее целесообразным местом установки УБК в низковольтных сетях являются шины низкого напряжения ТП 6—10/0,4 кВ.

Методика выбора мощности УБК на основании интегральной статистической информации предложена в [2], согласно которому алгоритм определения мощности УБК, устанавливаемых на шинах низкого напряжения ТП 6—10/0,4 кВ, имеет вид

$$q_{\text{УБК}} = -2 \sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{r_{PQ} \cdot \frac{U_a}{U_p} \sigma_P + \sigma_Q}{r_{VQ}} \text{кВар}, \quad (5)$$

где U_a и U_p — активная и реактивная составляющие потери напряжения в трансформаторе (%).

Стандартное отклонение режима σ_V , являющееся критерием оптимальности, после включения УБК мощности (5) доводится до значения $0,6 \sigma_V$, что обеспечивает меньшую вероятность выхода за пределы, рекомендуемые [3].

Пример расчета. Оценим утренний режим на шинах РТ 250/0,4 кВ, питающего бытовой комбинат и детский сад. Интегральные характеристики и коэффициенты корреляции рассчитаны по схеме для малого числа испытаний и равны:

$$\begin{aligned} \bar{V} &= -5,87\% ; \quad \sigma_V = 2,48\% ; \quad r_{VP} = -0,87 ; \\ \bar{P} &= 40,05 \text{ кВт} ; \quad \sigma_P = 8,65 \text{ кВт} ; \quad r_{VQ} = -0,60 ; \\ \bar{Q} &= 25,60 \text{ кВар} ; \quad \sigma_Q = 10,50 \text{ кВар} ; \quad r_{PQ} = 0,79 . \end{aligned}$$

Подставляя их в уравнение (1), получим:

$$\bar{V}_{V PQ} = (4,8 - 0,3 P_i + 0,052 Q_i) \% .$$

Влияние сети среднего напряжения на исследуемый узел определится из (3) при $\delta U_1 = 2,63\%$. Тогда $\bar{V}_{\text{сн}} = 2,17\%$.

Положение регулировочного отщвления выбирается из условия (4). Мощность управляемой батареи конденсаторов равна $\sim 35 \text{ кВар}$, при этом величина стандартного отклонения σ_V доводится до значения $1,488\%$.

Выводы. С помощью изложенного метода можно осуществлять статистический контроль за качеством напряжения в городских сетях. Уравнение (1) позволяет зачислять узлы распределительных сетей активными и реактивными мощностями с условием, что режим напряжения не будет выходить за пределы, рекомендуемые ГОСТ 13109—67.

АрмНИИЭ

Поступило 30.V.1971.

Բ. Ս. ԲԱՅԱԹՅԱՆ

ՔԱՂԱՔԱՅԻՆ, ՑԱՆՑԵՐԻ ՀԱՆԳՈՒՅՑՆԵՐՈՒՄ ԼԱՐՄԱՆ ՌԵԳԻՄՆԵՐԻ ԱՆԱԻՉԻ ԵՎ ԲԱՐԵԼԱՎՄԱՆ ՓՈՐՁԱՐԱՐԱ-ԼԻՃԱԿԱԳՐԱԿԱՆ ԸՆԹՈՒ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Հոդվածում բերված էն բազմակի կոռելյացիայի մեթոդով կատարված անասիան և փորձարարական հետազոտությունների արդյունքները, որոնք

հնարավորություն են ընձևնում լուծել մի շարք գործնական հարցեր, կապված լարման որակի գնահատման, 6—10/0,4 կվ տրանսֆորմատորային ենթակայանների կանոնավորման օրինաչափությունների և կառավարվող կոնդենսատորային մարտկոցների հզորության ընտրության հետ:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Митропольский А. К. Техника статистических вычислений. Физматгиз, 1961.
2. Բայեյան Ր. Ս., Բենեյան Ա. Ա. Управляемые батареи конденсаторов для регулирования напряжения в городских распределительных сетях. „Промышленность Армении“, № 4, 1971.
3. Баркан Я. Д. Автоматизация регулирования напряжения в распределительных сетях, Изд. „Энергия“, 1971.