

года. В реальных условиях эксплуатации в течение 6 – 7 месяцев эта величина значительно превышает среднее значение [3]. Причем число ремонтных бригад в этот период может уменьшиться и, как следствие, значительно увеличится длительность отклонения схемы сети от нормальной.

Таким образом при проектировании распределительной сети крупного города и в период ее эксплуатации нужно проводить расчеты, связанные с определением понижения напряжения в сети, вызываемого эксплуатационными переключениями. При необходимости в таких сетях целесообразно принимать дополнительные меры, которые бы позволили улучшить качество напряжения в них.

### Л и т е р а т у р а

1. Птицына Л.И. Расчет увеличения потерь электроэнергии и напряжения в сети 6 – 10 кВ из-за изменения ее схемы. – В сб.: Опыт оперативно-диспетчерского управления городскими электрическими сетями. Л., 1972. 2. Птицына Л.И., Прусс В.Л., Ничипорович Л.В. К оценке увеличения потерь электроэнергии в городской электросети 6 – 10 кВ из-за отклонения схемы от нормальной. – "Изв. вузов. Энергетика", 1972, №2. 3. Прусс В.Л. К оценке надежности и эффективности работы распределительных сетей. – В сб.: Технический прогресс в электроснабжении городов. М., 1970.

А.А. Касьянов

### К АНАЛИЗУ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕМЕНТАХ СХЕМ ОТБОРА МОЩНОСТИ ОТ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

В качестве источников электроснабжения заслуживают внимания схемы отбора мощности от электропередач высокого напряжения.

Все известные способы отбора мощности (трансформаторный, емкостный и индуктивный) основаны на принципе делителя напряжения, в составе комплекса эквивалентного сопротивления которого преобладает реактивная составляющая — индуктивное или емкостное сопротивление.

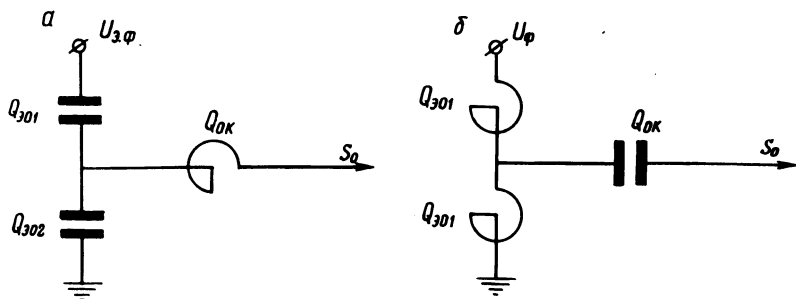


Рис. 1. Схема емкостного (а) и индуктивного (б) отборов.

Достоинство реактивного делителя напряжения в том, что его сопротивление в случае необходимости может быть скомпенсировано реактивным сопротивлением противоположного знака.

Схемы трансформаторного и реакторного отборов представляют индуктивный делитель напряжения. Различие между ними заключается в характере связи между элементами делителя (в трансформаторе — электромагнитная, в реактивном делителе электрическая) и в величине эквивалентного сопротивления делителя, которое в случае реакторного отбора существенно больше.

Остановимся на особенностях емкостного и реакторного отборов, как менее изученных и реже применяемых в практике электрификации.

Принципиально эти схемы представляют подстанции с делителями напряжения. Делитель напряжения состоит из верхнего и нижнего элементов, выполненных из емкостных или индуктивных сопротивлений.

Для компенсации реактивного сопротивления делителя напряжения в его среднюю точку включается компенсирующее устройство — реактивное сопротивление противоположного знака.

Принципиальные схемы подстанции обоих типов показаны на рис. 1. Расчетные схемы в общем случае дополняются еще двумя элементами: понижающим трансформатором и батареей статистических конденсаторов.

При большой разнице между напряжением питающей линии и распределительной сети для уменьшения стоимости делителя применяют понижающий трансформатор.

Выражение полных капиталовложений схем отбора мощности может быть представлено в виде

$$K_{\Pi} = K_{Н} + \Delta P a + \Delta P \tau b_T k_T, \quad (1)$$

где  $\Delta P$  — потери активной мощности в установке отбора;  $a$  — стоимость 1 кВт установленной мощности электростанций на покрытие потерь мощности;  $\tau$  — время потерь;  $b_T$  — удельный расход топлива на 1 кВт·ч;  $k_T$  — удельные капитальные затраты в топливную базу и транспорт топлива на 1 т условного топлива в год, руб.

Структурный анализ приведенных затрат схем отбора мощности показывает, что основные их составляющие обусловлены стоимостью потерь электроэнергии [1].

Часть потерь (в делителе напряжения, в компенсирующем устройстве, в стали трансформатора) не зависит от нагрузки, а другая часть функционально связана с нагрузкой. Уравнение общих потерь мощности можно представить в виде:

$$\Delta P = N + M S_o^2. \quad (2)$$

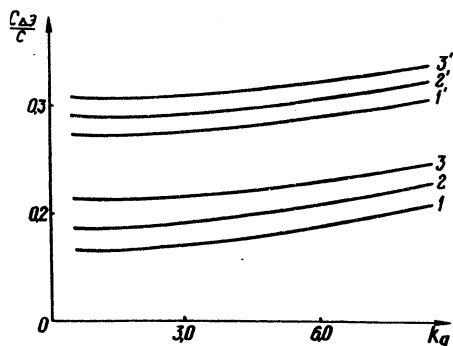
Постоянную и переменную составляющие как функции потерь в элементах схемы можно определить из уравнений [2]:

$$\left. \begin{aligned} N &= \operatorname{tg} \delta_d Q_{\text{эо}} \frac{X_1}{X_2} + P_{T,x} \frac{U_{\text{эо}}^2}{U_T^2} + \operatorname{tg} \delta_k Q_{\text{ок}}, \\ M &= \frac{1}{Q_{\text{эо}}} (\operatorname{tg} \delta_d + \operatorname{tg} \delta_k) + 3 P_{T,k} \frac{1}{S_T^2}, \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

где  $d, k$  — индексы, характеризующие величины, относящиеся соответственно к делителю напряжения и компенсирующей батарее;  $X_1, X_2$  — сопротивления верхнего и нижнего плеч делителя;  $\operatorname{tg} \delta_d, \operatorname{tg} \delta_k$  — тангенсы углов потерь в конденсаторных и реакторных батареях;  $o$  — индекс, характеризующий фазное значение величины:  $U_T, P_{T,x}, P_{T,k}$  — номинальное напряжение и составляющие потерь (в трех фазах) в стали и меди понижающего трансформатора;  $Q_{\text{эо}} = U_{\text{э.ф}} \omega C_{\text{э}}$  — мощность короткого замыкания некомпенсированного делителя напряжения.

Рис. 2. Зависимости составляющей потерь электроэнергии в расчетной стоимости от коэффициента деления напряжения для емкостного отбора:

1 — при относительной нагрузке 0,6; 2 — при 0,8; 3 — при 1,0; 1', 2', 3' — то же для схем индуктивного отбора.



Аналогичную структуру имеет и уравнение потерь энергии:

$$\Delta \mathcal{E} = N T + M S_0^2 \tau, \quad (4)$$

где  $T$  — время работы установки в году;  $\tau$  — время максимальных потерь;  $S_0$  — максимальная нагрузка потребителей.

Сопоставляя величину потерь мощности и энергии в схемах разных типов, можно установить, что потери в схемах с индуктивным делителем напряжения существенно больше, чем с емкостным.

На рис. 2 представлены зависимости составляющей стоимости, обусловленной потерями энергии от коэффициента деления  $k_d$ , напряжения емкостного и индуктивного отборов при различной степени загрузки подстанций (для электропередачи 750 кВ). Составляющая расчетной стоимости, обусловленная потерями электроэнергии, равна 15–25% для схем емкостного отбора и 25–40% для индуктивного отбора. Величина этого соотношения уменьшается с увеличением номинального напряжения и возрастает с повышением коэффициента деления напряжения.

### Л и т е р а т у р а

1. Касьянов А.А. Об оптимальном варианте отбора мощности от электропередачи. — В сб.: Электроэнергетика. Вып. 1. Минск, 1971.
2. Юренков В.Д. Оптимизация и расчет схем подстанций с делителями напряжения. — "Электричество", 1965, №12.