

Лекция № 9

Расчет режимов электрических сетей

Задача расчета режимов. Основные допущения

Задача расчета режима заключается в определении параметров режима, к которым относятся:

- значения токов в элементах сети;
- значения напряжений в узлах сети;
- значения мощностей в начале и конце элемента сети;
- значения потерь мощности и электроэнергии.

Расчет этих величин необходим для:

- выбора оборудования,
- обеспечения качества электроэнергии,
- оптимизации режимов работы сетей.

Исходными данными для расчета режима являются:

- схема электрических соединений и ее параметры – значения сопротивлений и проводимостей ее элементов;
- мощности нагрузок или их графики мощности;
- значения напряжений в отдельных точках сети.

Теоретически сеть можно рассчитать с помощью методов, основанных на законах Кирхгофа. Однако, непосредственное их применение затруднено по двум причинам:

- большое количество элементов в реальной сети;
- специфика задания исходных данных.

Специфика задания исходных данных заключается в следующем – задаются мощности нагрузок и напряжение на источнике питания. Для того, чтобы построить картину потокораспределения, т.е. найти значения мощностей в конце и начале каждого элемента, нужно вычислить потери мощности. Для их вычисления необходимо знать ток в каждом элементе. Его значение можно вычислить при известном напряжении на шинах нагрузки. А оно в начале расчета неизвестно. Поэтому применять законы Кирхгофа непосредственно для получения однозначного решения невозможно.

Основным методом расчета режимов электрических сетей является метод последовательных приближений – **итерационный метод**.

Он заключается в том, что в начале расчета задаются первым приближением напряжений в узлах (нулевая итерация).

Обычно за нулевую итерацию принимают допущение о том, что напряжения во всех узлах схемы равны между собой и равны номинальному значению сети.

По принятому значению напряжения и заданной мощности потребителей рассчитываются значения параметров режима, в том числе и значения напряжения в узлах сети.

Эти значения напряжения являются вторым приближением (первой итерацией).

Расчет повторяют до тех пор, пока результаты последующих приближений не будут отличаться друг от друга с заданной точностью.

Чаще всего достаточно 1-2 итераций. Если же решаются задачи оптимизации режима, связанные с потерями мощности, то требуется большое количество итераций

Возможность малого количества итераций привела к появлению нестрогих, но дающих приемлемые результаты, методов.

Такими методами являются:

- метод расчета режима при заданном напряжении в конце ЛЭП;
- метод расчета режима при заданном напряжении в начале ЛЭП (на источнике питания).

Метод расчета режима при заданном напряжении в конце ЛЭП

Рассмотрим порядок расчета на примере схемы, показанной на рис. 9.1.

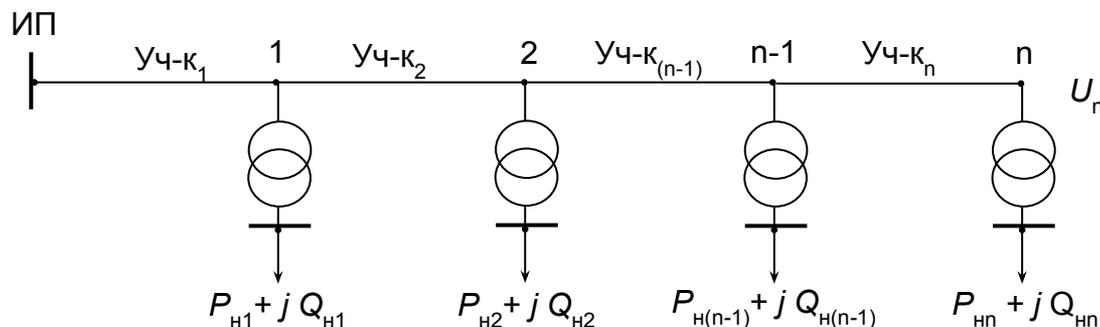


Рисунок 9.1 – К расчету режима при заданном напряжении в конце ЛЭП.

Известны:

- мощности нагрузок;
- сопротивления и проводимости участков ЛЭП;
- напряжение в конце последнего участка (напряжение в узле n).

Расчет заключается в последовательном определении при движении от конца ЛЭП к ее началу неизвестных мощностей и напряжений при использовании законов Ома и Кирхгофа.

Последовательность расчета.

1. Определяются мощности, входящие в обмотку высшего напряжения трансформаторов

$$P'_T = P_{Hi} + \Delta P_{мд}; \quad Q'_T = Q_{Hi} + \Delta Q_{мд},$$

где $\Delta P_{мд}, \Delta Q_{мд}$ – потери активной и реактивной мощности в меди трансформаторов.

2. Определяются приведенные нагрузки всех потребителей

$$P_{пр} = P'_T + \Delta P_{ст}; \quad Q_{пр} = Q'_T + \Delta Q_{ст},$$

где $\Delta P_{ст}, \Delta Q_{ст}$ – потери активной и реактивной мощности в стали трансформаторов.

3. Определяется зарядная мощность последнего n узла

$$\Delta Q_{cn} = 0,5 \cdot U_n^2 \cdot B_n,$$

где B_n – реактивная проводимость последнего n -го участка ЛЭП, рассчитанная с учетом количества цепей, $B_n = n_{ц} \cdot b_0 \cdot l$.

4. Определяется расчетная нагрузка последнего узла

$$P_{pn} = P_{прn}; \quad Q_{pn} = Q_{прn} - \Delta Q_{cn}.$$

5. Определяется мощность в конце последнего n -го участка ЛЭП

$$P_n'' = P_{pn}; \quad Q_n'' = Q_{pn}.$$

6. Определяется потери мощности на последнем n -м участке ЛЭП

$$\Delta \underline{S}_n = \Delta P_n + j\Delta Q_n = \frac{(P_n'')^2 + (Q_n'')^2}{U_n^2} (R_n + jX_n),$$

где R_n, X_n – активное и реактивное сопротивление последнего n -го участка ЛЭП, определенное с учетом количества цепей на участке

$$R_n = \frac{r_0 \cdot l}{n_{\text{ц}}}; \quad X_n = \frac{x_0 \cdot l}{n_{\text{ц}}}.$$

7. Определяется мощность в начале последнего n -го участка ЛЭП

$$P_n' = P_n'' + \Delta P_n; \quad Q_n' = Q_n'' + \Delta Q_n.$$

8. Определяются составляющие падения напряжения на последнем n -м участке ЛЭП

$$\Delta U_n = \frac{P_n'' R_n + Q_n'' X_n}{U_n};$$

$$\delta U_n = \frac{P_n'' X_n - Q_n'' R_n}{U_n} \quad (\text{учитывается при } U_{\text{ном}} \geq 220 \text{ кВ}).$$

9. Определяется напряжение в начале последнего n -го участка или напряжение узла $(n-1)$ при условии совмещения вектора напряжения с осью отчета аргумента

$$U_{n-1} = \sqrt{(U_n + \Delta U_n)^2 + \delta U_n^2}.$$

10. Определяется зарядная мощность $(n-1)$ узла

$$\Delta Q_{cn-1} = 0,5 \cdot U_{n-1}^2 \cdot (B_{n-1} + B_n).$$

11. Определяется расчетная нагрузка $(n-1)$ узла

$$P_{pn-1} = P_{прn-1};$$

$$Q_{pn-1} = Q_{прn-1} - \Delta Q_{cn-1}.$$

12. По I закону Кирхгофа определяется мощность в конце n -го участка ЛЭП

$$P_{n-1}'' = P_{pn-1} + P_n';$$

$$Q_{n-1}'' = Q_{pn-1} + Q_n'.$$

Далее расчет по пунктам 6 – 12 выполняется до тех пор пока не будет найдена мощность в начале первого участка.

Расчет режима при заданном напряжении в начале ЛЭП (на источнике питания)

Этапы расчета покажем применительно к схеме, показанной на рис. 9.2.

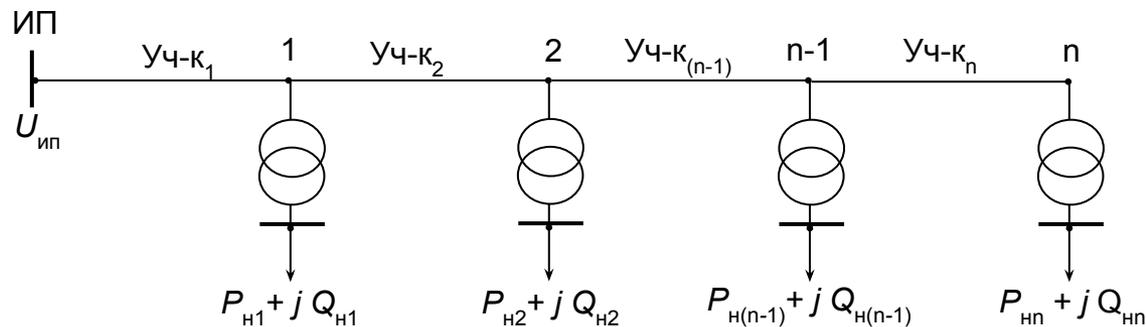


Рисунок 9.2 – К расчету режима при заданном напряжении на источнике питания.

- Известны:
- мощности нагрузок;
- сопротивления и проводимости участков ЛЭП;
- напряжение на источнике питания.
- В этом случае невозможно последовательно от конца ЛЭП к началу определить неизвестные мощности и напряжения по I закону Кирхгофа, так как напряжение в конце участка неизвестно. В этом случае используется метод последовательных приближений. Расчеты выполняются в два этапа.

на первом этапе принимается допущение, что напряжения во всех узлах сети равны и равны ее номинальному напряжению.

Последовательность расчета I этапа.

- 1 Определяются мощности, входящие в обмотку высшего напряжения трансформаторов

$$P'_T = P_{HI} + \Delta P_{мд}; \quad Q'_T = Q_{HI} + \Delta Q_{мд},$$

где $\Delta P_{мд}, \Delta Q_{мд}$ – потери активной и реактивной мощности в меди трансформаторов.

- 2 Определяются приведенные нагрузки всех потребителей

$$P_{пр} = P'_T + \Delta P_{ст}; \quad Q_{пр} = Q'_T + \Delta Q_{ст},$$

где $\Delta P_{ст}, \Delta Q_{ст}$ – потери активной и реактивной мощности в стали трансформаторов.

- 3 Определяются зарядные мощности узлов
- последнего n узла

$$\Delta Q_{cn} = 0,5 \cdot U_{ном}^2 \cdot B_n;$$

- остальных узлов ($i \neq n$)

$$\Delta Q_{ci-1} = 0,5 \cdot U_{\text{НОМ}}^2 \cdot (B_{i-1} + B_i),$$

где B_i, B_{i-1} – реактивные проводимости участков ЛЭП, примыкающих к каждому узлу, рассчитанные с учетом количества цепей (например, $B_i = n_{\text{ц}} \cdot b_0 \cdot l$).

4 Определяются расчетные нагрузки узлов

$$P_{pn} = P_{\text{гр}n}; \quad Q_{pn} = Q_{\text{гр}n} - \Delta Q_{cn};$$

5 Определяется мощность в конце последнего n -го участка ЛЭП

$$P_n'' = P_{pn}; \quad Q_n'' = Q_{pn}.$$

6 Определяется потери мощности на последнем n -м участке ЛЭП

$$\Delta \underline{S}_n = \Delta P_n + j \Delta Q_n = \frac{(P_n'')^2 + (Q_n'')^2}{U_{\text{НОМ}}^2} (R_n + jX_n),$$

где R_n, X_n – активное и реактивное сопротивление последнего n -го участка ЛЭП, определенное с учетом количества цепей на участке

$$R_n = \frac{r_0 \cdot l}{n_{\text{ц}}}; \quad X_n = \frac{x_0 \cdot l}{n_{\text{ц}}}.$$

7 Определяется мощность в начале последнего n -го участка ЛЭП

$$P_n' = P_n'' + \Delta P_n; \quad Q_n' = Q_n'' + \Delta Q_n.$$

8 По I закону Кирхгофа определяется мощность в конце n -го участка ЛЭП

$$P_{n-1}'' = P_{\text{п}n-1} + P_n'; \quad Q_{n-1}'' = Q_{\text{п}n-1} + Q_n'.$$

Далее расчет по пунктам 6 – 8 выполняется до тех пор пока не будет найдена мощность в начале первого участка.

На *втором* этапе рассчитываются напряжения во всех узлах сети по мощностям и напряжению в начале каждого участка.

Последовательность расчета II этапа.