

Методы расчета потерь электрической энергии

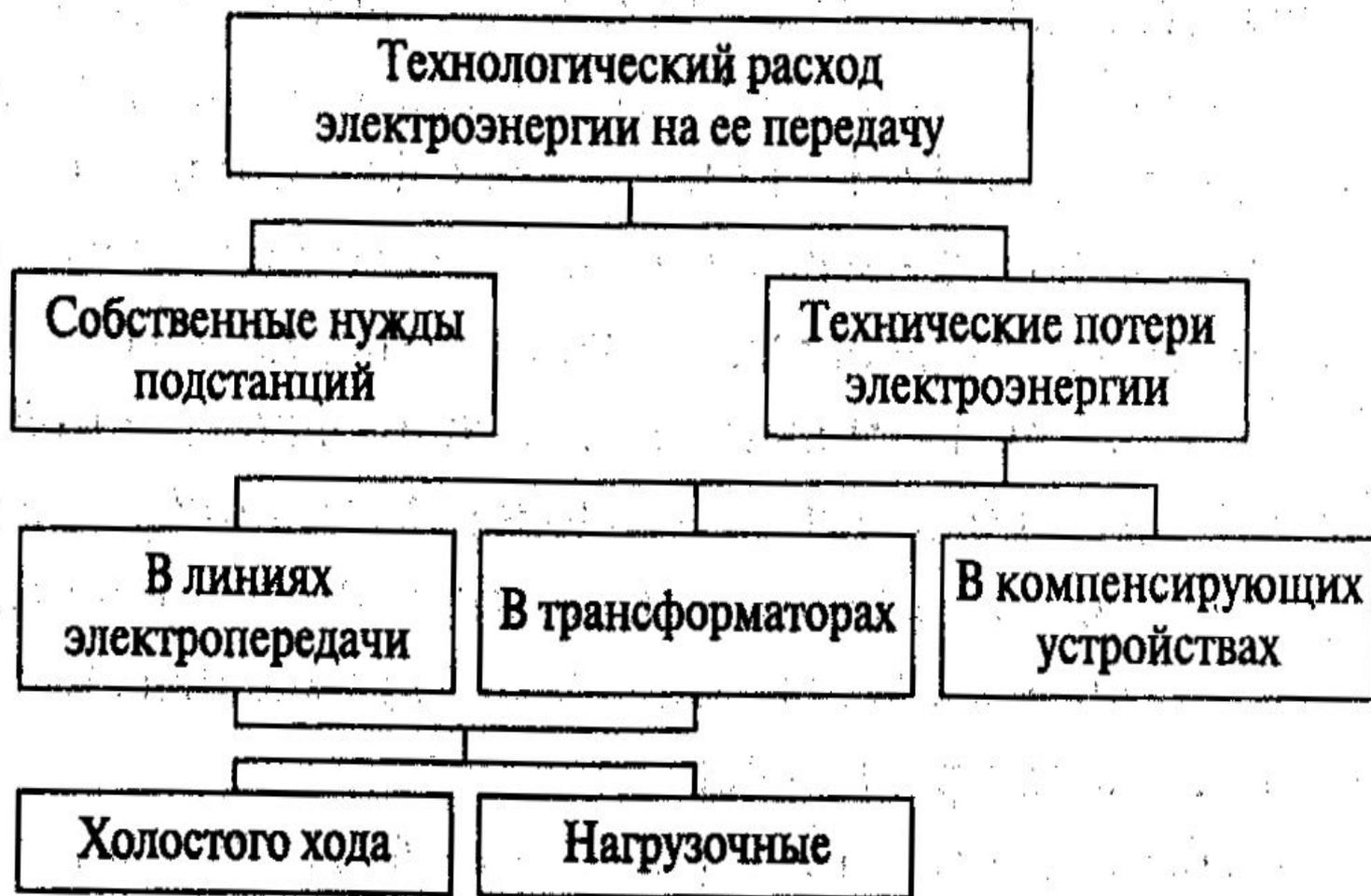


Рис. 9.1. Структура расхода электроэнергии на ее передачу

Метод характерных суточных режимов

- Строится график нагрузки I или S в виде ступенчатых линий, ординаты остаются неизменными.
- Тогда потери энергии можно определить как
 - $\Delta W_x = R \sum S^2_i t_i / U^2$,
- где S_i мощность на i -той ступени графика нагрузки, t_i - продолжительность ступени, n - количество ступеней графика нагрузки.
- $\Delta W_{сх} = \Delta W k_{сх} \quad k_{сх} = 1.04 - 1.08$
- **Особенности метода**
 - - при проектировании расчетные нагрузки м.б. определены лишь приближенно
 - - предполагается использование графиков полной мощности, что снижает точность
 - - выбранный характерный режим может в течение года измениться за счет изменения нагрузок эл / станций, за счет динамики нагрузок, за счет изменения схемы сети и т.д.

Метод средних нагрузок

- Нагрузочные потери э/э за рассматриваемый период времени Т (базовую составляющую) находят по формуле

$$\Delta W = \Delta P_{\text{ср}} T,$$

- где $\Delta P_{\text{ср}}$ - потери активной мощности при средних нагрузках сети.
- При эксплуатации средние нагрузки находят по результатам измерений

$$P_{\text{ср}} = W_a / T \quad Q_{\text{ср}} = W_p / T$$

- Если измерить нельзя, то

$$P_{\text{ср}} = (P_{\text{нб}} + P_{\text{нм}}) / 2 \quad Q_{\text{ср}} = (Q_{\text{нб}} + Q_{\text{нм}}) / 2$$

- Т.к. характер графиков нагрузки отдельных ветвей схемы м.б. различным, а значит и потери, то необходимо учесть коэффициент формы графика нагрузки. Его можно связать с продолжительностью использования наибольшей нагрузки
- $k_f = 1090 / T_{\text{нб}} + 0.876$, либо для реальных графиков нагрузки сетей 10-110 кВ можно принять $k_f=1.05-1.015$.

- ***Особенности метода***

- -метод м.б. использован в замкнутых сетях 110 кВ и выше
- - применение ограничено в случаях оценки изменения потерь при рассмотрении различных путей по их снижению

Метод среднеквадратичных параметров режима

- Используется искусственный прием замены реальной нагрузки сети, изменяющейся во времени, среднеквадратичной нагрузкой, неизменной во времени и дающей те же потери электроэнергии.
- $$\Delta W = 3R \int_{0 \text{ to } T} (I^2(t) dt) = 3RI_{\text{ск}}^2 T$$
- $$\Delta W = R \int_{0 \text{ to } T} (S^2(t) dt) / U^2 = R S_{\text{ск}}^2 T / U^2,$$
- т.е. среднеквадратичные параметры режима зависят от характера графиков режима.
- Установлена эмпирическая зависимость
- $$I_{\text{ск}} = I_{\text{нб}} (0,12 + T_{\text{нб}} \cdot 10^{-4}),$$
- где $I_{\text{нб}}$ - наибольшая сила тока из графика нагрузки, являющаяся характерной величиной и используемая для других целей (выбора сечения проводов, проверки их по допустимой силе тока нагрева и т. д.)
- **Особенности метода**
- Метод может быть использован при определении нагрузочных потерь ε в разомкнутых распределительных сетях напряжением 6-35 кВ.

Метод времени наибольших потерь

Определяют время наибольших потерь, в течение которого при пропускании по сети наибольшей неизменной нагрузки получатся те же потери э/э, что и при переменной нагрузке в соответствии с действительным графиком нагрузки за рассматриваемый период.

Особенности метода

- предполагается идентичность графиков активной и реактивной мощностей
- меньшие погрешности получаются при расчетах в разомкнутых сетях
- не учитывается зависимость времени наибольших потерь от формы графика нагрузки
- метод широко используется на практике из-за его простоты, особенно в проектных расчетах.

$$\tau = \frac{\int_0^T I^2(t) dt}{I_{\text{нб}}^2}$$

$$\Delta W = 3R \int_0^T I^2(t) dt = 3RI_{\text{нб}}^2 \tau$$

или

$$\Delta W = \frac{R}{U^2} \int_0^T S^2(t) dt = \frac{R}{U^2} S_{\text{нб}}^2 \tau,$$

Метод раздельного времени наибольших потерь

В общем случае максимумы активной и реактивной мощности не совпадают во времени в течение суток, года, и $\cos \varphi$ не остается постоянным. В таком случае потери рассчитывают раздельно для соответствующих мощностей аналогично предыдущему случаю.

Если максимумы активной, реактивной и полной мощностей совпадают во времени, то формула (9.35) принимает вид

$$\tau = \tau_a \cos^2 \varphi_{нб} + \tau_p \sin^2 \varphi_{нб}. \quad (9.37)$$

Подставив выражение (9.35) в формулу (9.34), получим следующую зависимость нагрузочных потерь электроэнергии:

$$\Delta W = P_{нб}^2 R \tau_a / U^2 + Q_{нб}^2 R \tau_p / U^2 = \Delta P_{нб а} \tau_a + \Delta P_{нб р} \tau_p, \quad (9.38)$$

$\Delta P_{нб а}$, $\Delta P_{нб р}$ — потери активной мощности в режиме наибольших нагрузок от передачи активной и реактивной мощностей соответственно.

Метод раздельного времени наибольших потерь

для получения времени наибольших реактивных потерь требуется знание графика реактивной нагрузки. Статистические исследования позволяют воспользоваться ниже приведенными формулами, имея данные по продолжительности наибольших активных потерь. Для сетей 35 кВ и ниже, питающих коммунально- бытовых и сельскохозяйственных потребителей $b = 0.75$, для сетей напряжением 110 кВ, непосредственно примыкающих к основным сетям энергосистемы, $b = 0.50$.

Особое мнение

Метод рекомендуется для определения нагрузочных потерь э/э в разомкнутых сетях.

$$\tau_{*a} = (0,7T_{*нба} + 0,3)T_{*нба} ;$$

$$\tau_{*p} = (0,7T_{*нба}^b + 0,3)T_{*нба}^b ;$$

$$\tau_* = \frac{\tau}{8760}, \quad T_* = \frac{T}{8760},$$

Метод эквивалентного сопротивления

Сущность метода- применение эквивалентирования сети по критерию равенства потерь энергии: реальная электрическая сеть заменяется одним элементом с эквивалентным сопротивлением $R_{\text{э}}$ и нагрузкой (током, полной мощностью) , равной нагрузке головного участка $I_{\text{г}}$ в режиме наибольших нагрузок. Возможно и 2 последовательных сопротивления, отражающих потери энергии в трансформаторах и линиях.

$$\Delta W = \Delta W_{\text{л}} + \Delta W_{\text{т}} = 3\tau \sum_{i=1}^n I_{\text{ли}}^2 R_{\text{ли}} + 3\tau \sum_{j=1}^m I_{\text{тj}}^2 R_{\text{тj}} = 3I_{\text{г}}^2 R_{\text{эл}} \tau + 3I_{\text{г}}^2 R_{\text{эт}} \tau,$$

$$R_{\text{эл}} = \frac{\sum_{i=1}^n I_{\text{ли}}^2 R_{\text{ли}}}{I_{\text{г}}^2} ;$$

$$R_{\text{эт}} = \frac{\sum_{j=1}^m I_{\text{тj}}^2 R_{\text{тj}}}{I_{\text{г}}^2} ,$$

$$R_{\text{эл}} + R_{\text{эт}} = R_{\text{э}}.$$

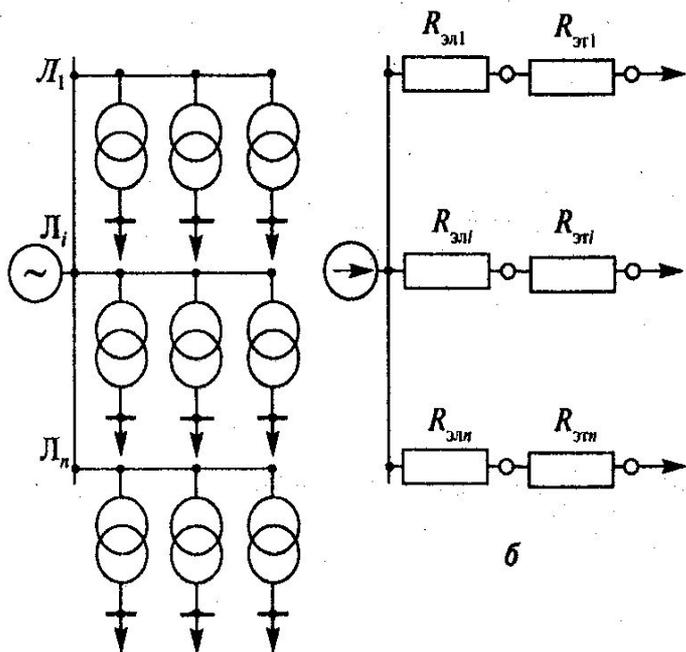
$$\Delta W = \Delta W_{\text{л}} + \Delta W_{\text{т}} = 3I_{\text{г}}^2 (R_{\text{эл}} + R_{\text{эт}}) \tau = 3I_{\text{г}}^2 R_{\text{э}} \tau.$$

Метод эквивалентного сопротивления

Принципы нахождения эквивалентных сопротивлений одной распределительной линии могут быть распространены на совокупность распределительных цепей одного номинального напряжения целого электросетевого района. Для этого шины, от которых питаются отдельные шины, объединяют в эквивалентные шины.

Здесь n - кол-во эквивалентируемых линий; S_{Ti} - установленная мощность трансформаторов, подключенных к i -той линии; $k_{элi}$ - коэффициент загрузки i -той линии, равной отношению

нагрузки головного участка $S_{гi}$ к мощности S_{Ti} .



$$R_{\text{ЭЛ}} = \sum_{i=1}^n R_{\text{ЭЛ}i} k_{\text{ЭЛ}i}^2 S_{\text{Т}i}^2 / \left(\sum_{i=1}^n k_{\text{ЭЛ}i} S_{\text{Т}i} \right)^2 ;$$

$$R_{\text{ЭТ}} = \sum_{i=1}^n R_{\text{ЭТ}i} k_{\text{ЭЛ}i}^2 S_{\text{Т}i}^2 / \left(\sum_{i=1}^n k_{\text{ЭЛ}i} S_{\text{Т}i} \right)^2 ,$$

Вероятностно- статистический метод

Потери э/э рассчитывают на основе обобщенных статистических характеристик сети (кол-во распределительных линий, их протяженность, кол-во отпущенной энергии, установленная мощность трансформаторов и т.д.). Регрессионные зависимости предварительно получают из заранее выполняемых расчетов для статистических представителей распределительных линий.

Так для линий 6-10 кВ при их кол-ве $80 \leq n \leq 100$ рекомендуется зависимость

Особое мнение

-Метод позволяет оценить суммарные потери в сети без проведения большого числа электрических расчетов.

-не дает возможности выявить места повышенных потерь в сети

$$\sqrt{R_{\Sigma}} = R_{\Sigma л} + R_{\Sigma т} = 19,1 S_{\Sigma}^{-2} \sum_{i=1}^n L_i^{0,735} S_{Ti}^{1,45},$$

- длина i -й линии, км; S_{Σ} — суммарная установленная мощность всех трансформаторов В·А.

1 линий напряжением 35 кВ при их количестве $5 < n \leq 15$

$$R_{\Sigma} = R_{\Sigma л} + R_{\Sigma т} = S_{\Sigma}^{-2} \sum_{i=1}^n S_{Hi}^2 (1,07 + 7,64 \cdot 10^{-2} L_i - 7,93 \cdot 10^{-2} S_{Ti} + 0,855 R_{Tyi}),$$

— сопротивление головного участка, Ом.

$$\Delta W = 18,93 W_{Ty} + 2,32 L_M + 3,66 L_0 - 4,21,$$

$$\Delta W = 1,23 S_{\Sigma} + 0,1 L_M + 0,04 L_0 + 0,02 n_T + 3,68,$$

Потери электроэнергии в батареях конденсаторов, подключаемых параллельно нагрузке, определяют по одной из формул [24]:

$$\left. \begin{aligned} \Delta W_{\text{бк}} &= \Delta p_{\text{бк}} Q_{\text{бк}} T_{\text{э}}; \\ \Delta W_{\text{бк}} &= \Delta p_{\text{бк}} W_Q, \end{aligned} \right\} \quad (9.61)$$

где $\Delta p_{\text{бк}}$ — удельные потери, кВт/квар·ч., для конденсаторов напряжением до 1000 В принимаются равными 0,004 и для конденсаторов выше 1000 В — 0,002; $Q_{\text{бк}}$ — номинальная мощность батареи, квар; $T_{\text{э}}$ — эквивалентная продолжительность работы батареи на полную мощность, ч; W_Q — выработка «реактивной энергии» батареями за расчетный период, квар·ч.

Потери электроэнергии в синхронном компенсаторе состоят из доли, не зависящей от его нагрузки, и доли, характеризующей нагрузочный режим его работы. Приблизительно потери электроэнергии можно определять по формуле

$$\Delta W_{\text{ск}} = k_{\text{уд}} W_Q / 100, \quad (9.62)$$

где $k_{\text{уд}}$ — удельное потребление активной мощности, % от выдаваемой (потребляемой) реактивной мощности, принимается $k_{\text{уд}} = 1,4\%$.

Потери электроэнергии в неуправляемых шунтирующих реакторах

$$\Delta W_{\text{шр}} = \Delta P_{\text{хшр}} T_{\text{шр}}$$

или

$$\Delta W_{\text{шр}} = k_{\text{шр}} Q_{\text{шр}} T_{\text{шр}}, \quad (9.63)$$

