

Лекционные материалы

Дисциплина «Электроэнергетические системы и сети»

Разработаны доцентом кафедры «Электроэнергетические системы»
ВятГУ Вычегжаниным А.В.

Особенности расчета «местных» сетей

- Характеристика «местных» сетей.
- Упрощения, принимаемые при расчетах «местных» сетей.
- Методика расчета сети по допустимой потере напряжения.
- Особенности расчета сетей с равномерно распределенной нагрузкой.

Характеристика «местных» сетей

- Распределительные (**местные**) электрические сети – это сети с воздушными линиями напряжением **35 кВ** и ниже и кабельными линиями **10 кВ** и ниже.
- Они содержат большое количество линий, трансформаторов и узлов нагрузок, что делает расчеты их режимов объемными.
- Вместе с тем такие сети имеют ряд особенностей, учет которых позволяет существенно упростить расчет их режимов.

Упрощения, принимаемые при расчетах «местных» сетей

1. Проводимостью линии пренебрегают вообще, так как при небольших длинах сетей и сравнительно невысоких напряжениях ее влияние на результаты расчетов незначительно.

Упрощения, принимаемые при расчетах «местных» сетей

2. В большинстве случаев напряжение в отдельных точках сети и у потребителей не определяют, **ограничиваясь лишь расчетом потерь напряжения** и сравнением его с допустимой величиной. При необходимости расчет напряжений в узлах ведется по потере напряжения, которую определяют по номинальному напряжению, т.е. пренебрегают поперечной составляющей падения напряжения.

Упрощения, принимаемые при расчетах «местных» сетей

3. Сопротивления и проводимости трансформаторов также не учитывают. При этом полагают, что потери напряжения в трансформаторах уже отражены задаваемыми допустимыми значениями потерь напряжения в сети. Потери холостого хода и потери в обмотках учитываются лишь при подсчете потерь активной мощности и электроэнергии во всей сети.

Упрощения, принимаемые при расчетах «местных» сетей

4. При расчете потоков мощности допустимо не учитывать потери мощности в сопротивлениях линий. При этом считают, что мощность в конце и начале линии одинакова. Данное допущение эквивалентно тому, что величины напряжения во всех узлах сети одного номинального напряжения имеют одинаковые значения. Однако потери мощности в линиях обязательно учитываются при оценке потерь мощности и энергии в сети.

Упрощения, принимаемые при расчетах «местных» сетей

5. В некоторых случаях при расчете кабельных сетей пренебрегают их индуктивными сопротивлениями, так как они малы по сравнению с соответствующими сопротивлениями воздушных линий из-за малых расстояний между фазами. Кроме этого, местные сети выполняются, в основном, проводниками небольших сечений, поэтому в них активное сопротивление значительно превышает индуктивное.

Методика расчета сети по допустимой потере напряжения

Обычно расчет режима местной электрической сети сводится к определению мощностей (токов) на участках линий и напряжений в узлах.

Из напряжений интерес представляет точка с наиболее низким значением, которое должно быть не меньше допустимого.

Для местных сетей нашел широкое применение **метод расчета сети по допустимой потере напряжения**, которая установлена (с некоторой степенью точности) для различных категорий и видов сетей.

Методика расчета сети по допустимой потере напряжения

Согласно положениям методики, вместо определения самого низкого из напряжений в узлах обычно **находят наибольшую потерю напряжения**, под которой понимают разницу между **напряжениями источника питания и узла с самым низким напряжением**.

Источниками питания для «местных» сетей являются либо **шины генераторного напряжения электростанций**, либо **шины вторичного напряжения районных подстанций**.

Методика расчета сети по допустимой потере напряжения

Условием нормальной работы сети можно считать выполнение условия:

$$\Delta U_{НБ} \leq \Delta U_{ДОП}$$

- $\Delta U_{НБ}$ – величина потери напряжения от источника питания до электрически **наиболее удаленной точки** сети (наибольшая потеря напряжения),
- $\Delta U_{ДОП}$ – **допустимая величина потерь напряжения** в рассматриваемой сети (обычно задается в условиях задачи и составляет $(0,06 \div 0,08) \times U_{НОМ}$).

Методика расчета сети по допустимой потере напряжения

Так как при определении мощностей на участках сети не учитываются потери мощности, то мощность в конце участка равна мощности в начале.

Мощности, протекающие на участках сети, определяются из уравнения первого закона Кирхгофа.

Методика расчета сети по допустимой потере напряжения

При необходимости потери мощности в сопротивлениях линии электропередачи можно определить по формуле:

$$\Delta \underline{S}_{ij} = \frac{S_{ij}^2}{U_{НОМ}^2} (r_{ij} + j \cdot x_{ij})$$

а потери напряжения:

$$\Delta U_{ij} = \frac{P_{ij} r_{ij} + Q_{ij} x_{ij}}{U_{НОМ}}$$

Методика расчета сети по допустимой потере напряжения

Если нагрузки заданы комплексными значениями токов, то формулы будут иметь вид:

$$\Delta \underline{S}_{ij} = 3 \cdot I_{ij}^2 \cdot (r_{ij} + j \cdot x_{ij}),$$

$$\Delta U_{ij} = \sqrt{3} \left(I_{ij} r_{ij} + I_{ij} x_{ij} \right),$$

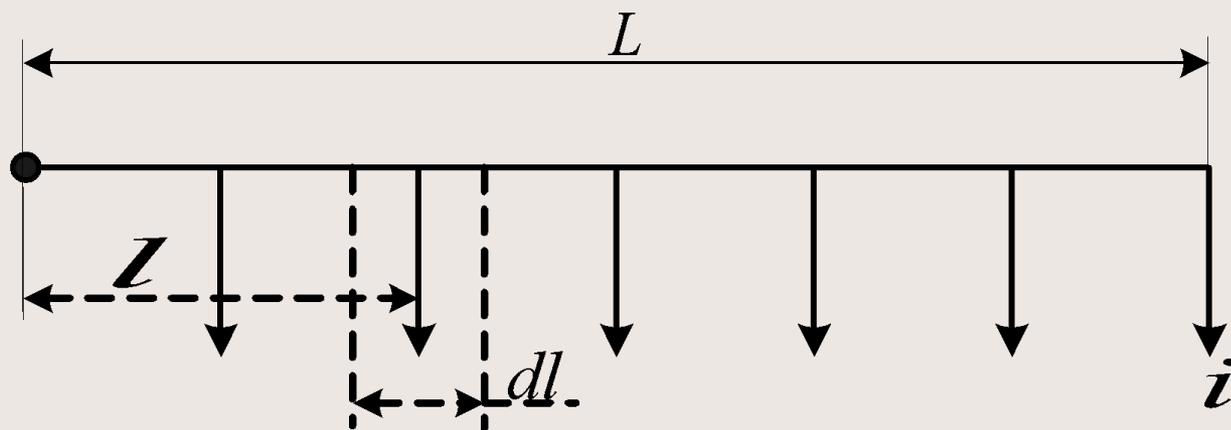
- $I_{a_{ij}}$ - активная составляющая тока I_{ij} ,
- $I_{r_{ij}}$ – реактивная составляющая тока I_{ij} .

Особенности расчета сетей с равномерно распределенной нагрузкой

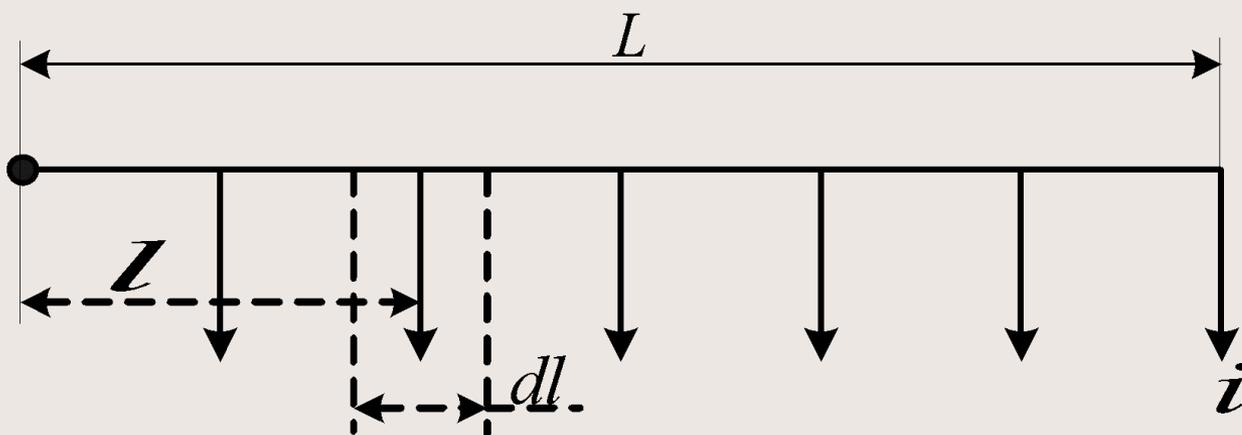
- При расчете местных сетей, часто встречаются случаи **равномерно распределенной нагрузки**, то есть такой нагрузки, когда приемники с приблизительно одинаковой мощностью расположены на приблизительно одинаковых расстояниях друг от друга.
- В **большинстве** практических **случаев**, приходится иметь дело с чисто **активной равномерно распределенной нагрузкой** (например, осветительной).

Особенности расчета сетей с равномерно распределенной нагрузкой

Рассмотрим метод расчета по потере напряжения трехфазной линии, имеющих одинаково сечение проводов по всей длине с чисто активной нагрузкой.



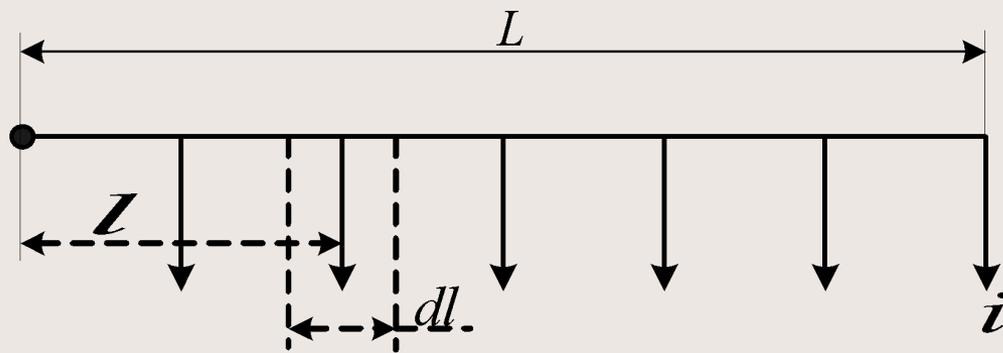
Особенности расчета сетей с равномерно распределенной нагрузкой



Нагрузки линии на единицу длины в амперах обозначим через i . Нагрузка, питающаяся от линии на бесконечно малом отрезке dl , расположенной на расстоянии l от начала линии, будет $i \cdot dl$.

Особенности расчета сетей с равномерно распределенной нагрузкой

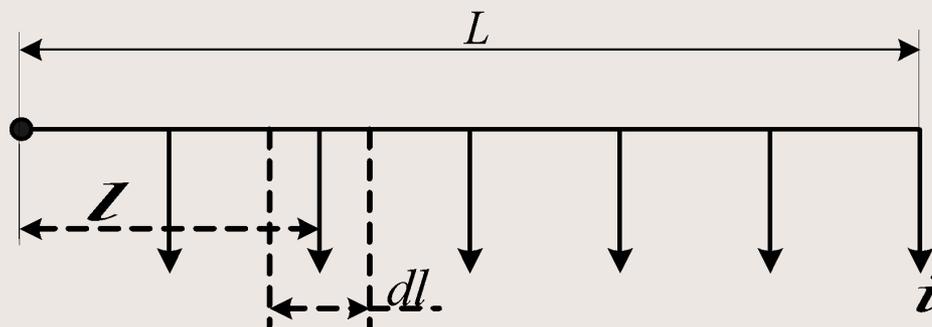
Потеря напряжения, которая создается этим током по длине линии l , при ее сопротивлении будет:



$$d(\Delta U) = \sqrt{3} \cdot i \cdot (L - l) \cdot r_0 \cdot dl$$

Особенности расчета сетей с равномерно распределенной нагрузкой

Потеря напряжения на всей длине L , определяемая выражением:

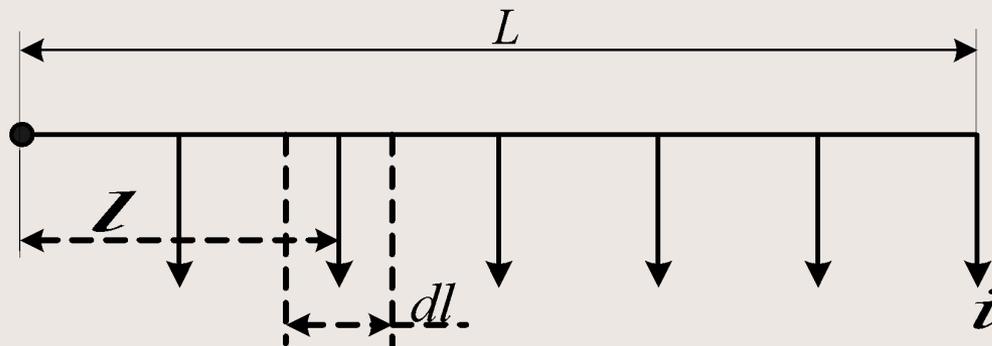


$$\begin{aligned}\Delta U &= \sqrt{3} \cdot r_0 \cdot i \int_0^L (L - l) dl = \\ &= -\sqrt{3} \cdot r_0 \cdot i \frac{(L - l)^2}{2} \Big|_0^L = \sqrt{3} \cdot r_0 \cdot i \frac{L^2}{2}\end{aligned}$$

Особенности расчета сетей с равномерно распределенной нагрузкой

Суммарная нагрузка на всей длине линии длиной L равна:

$$I = i \cdot L \Rightarrow i = \frac{I}{L}$$

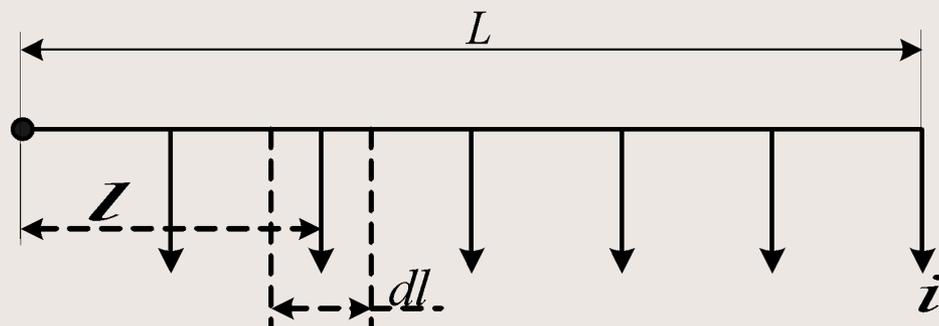


тогда

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot r_0 \cdot I \frac{L}{2}$$

Особенности расчета сетей с равномерно распределенной нагрузкой

Для сосредоточенной нагрузки величиной I , приложенной в конце участка, потеря напряжения составит:

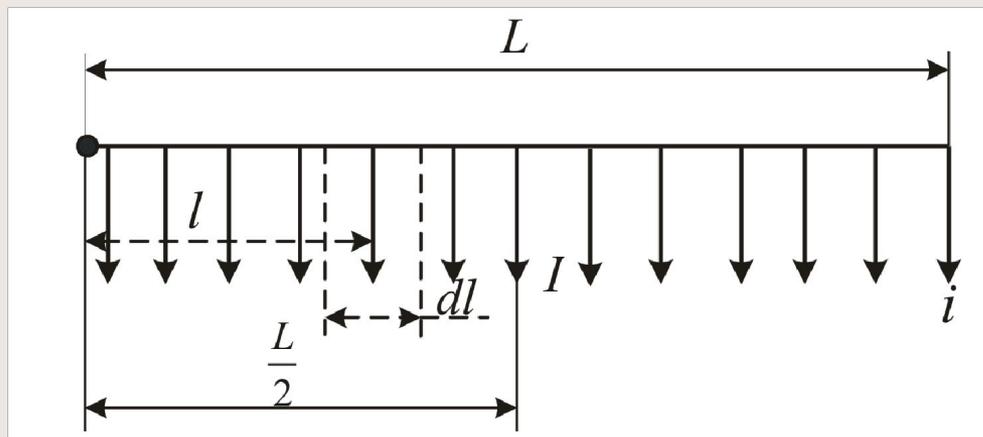


$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot r_0 \cdot I \cdot L$$

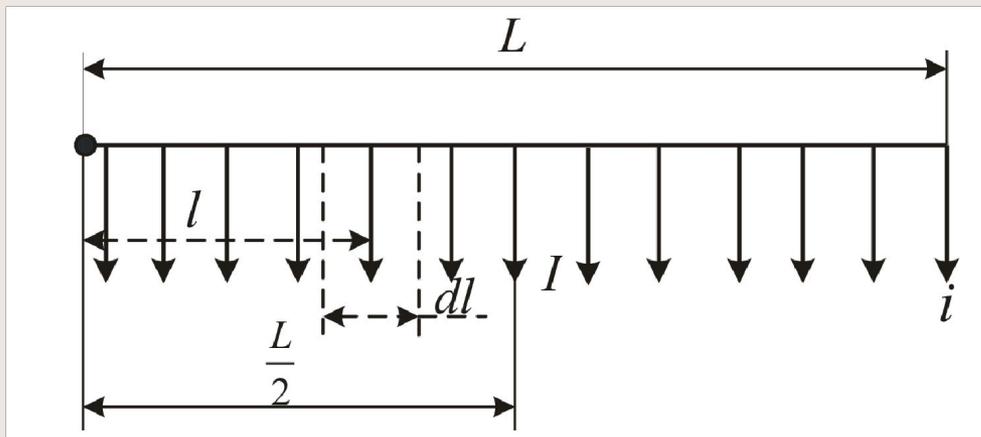
что в два раза больше, чем полученное для распределенной нагрузки.

Особенности расчета сетей с равномерно распределенной нагрузкой

Следовательно, равномерно распределенную нагрузку **можно заменить эквивалентной сосредоточенной нагрузкой, приложенной в середине рассматриваемой линии.**

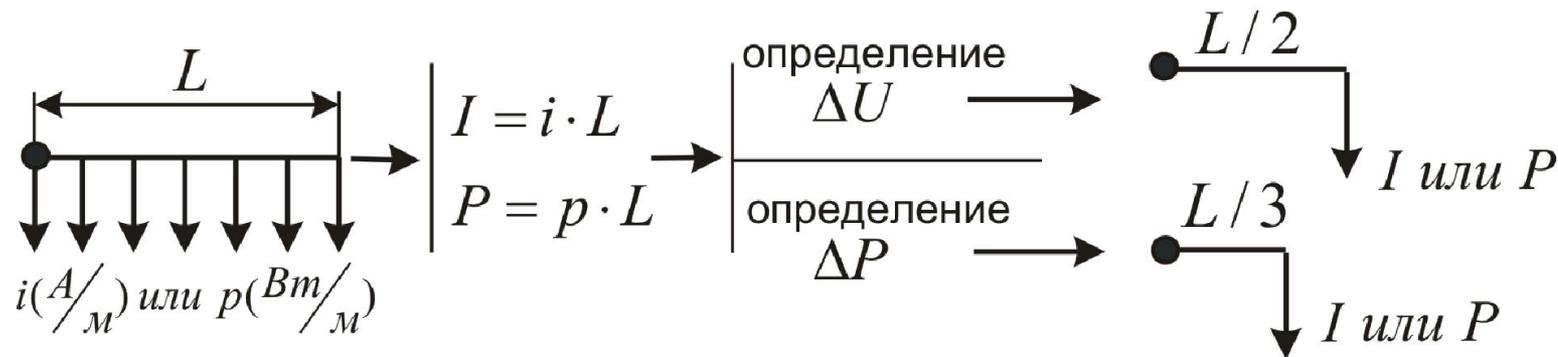


Особенности расчета сетей с равномерно распределенной нагрузкой



Это правило справедливо и для более сложных схем сетей, а также может быть применено и для расчета потерь мощности с некоторыми корректировками.

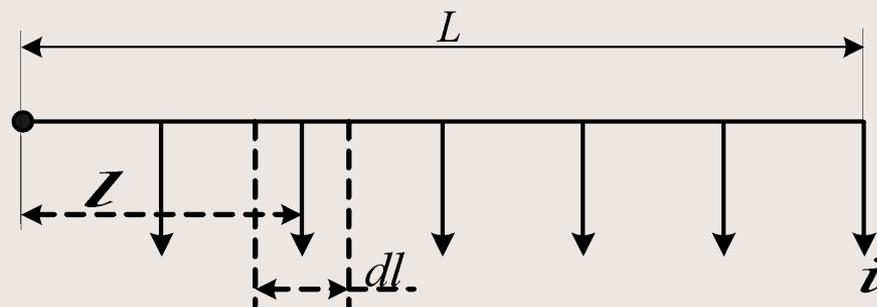
Особенности расчета сетей с равномерно распределенной нагрузкой



Однако, если в случае **определения потерь напряжения**, эквивалентная сосредоточенная нагрузка прикладывается **к середине участка** с равномерно распределенной нагрузкой, то при **расчете потерь мощности** эквивалентная сосредоточенная нагрузка должна быть приложена **на расстоянии $L/3$** .

Особенности расчета сетей с равномерно распределенной нагрузкой

Данное положение легко доказывается. Для случая, когда нагрузка задана единичными токами i :

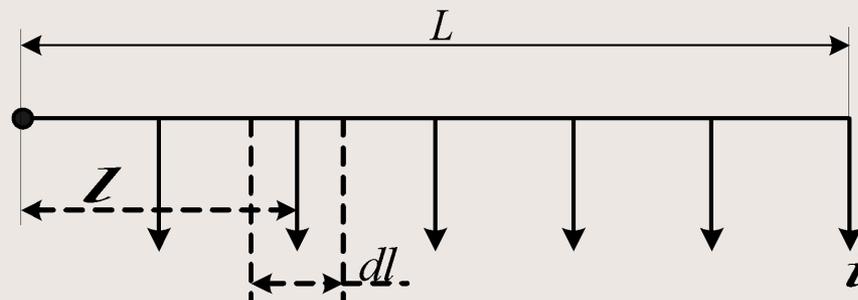


$$d(\Delta P) = 3(i(L-l))^2 r_0 \cdot dl$$

$$\begin{aligned} \Delta P &= \int_0^L 3 \cdot r_0 (i(L-l))^2 dl = -3 \cdot r_0 \cdot i^2 \frac{(L-l)^3}{3} \Big|_0^L = \\ &= r_0 \cdot i^2 \cdot L^3 = I^2 \cdot r_0 \cdot L \end{aligned}$$

Особенности расчета сетей с равномерно распределенной нагрузкой

Для сосредоточенной нагрузки, приложенной в конце участка длиной L :



$$\Delta P' = 3 \cdot I^2 \cdot r_0 \cdot L$$

Следовательно, $\Delta P'$ отличается от ΔP в 3 раза. Поэтому эквивалентную сосредоточенную нагрузку I прикладывают в точке $L/3$. Указанное положение справедливо и для случая, когда нагрузка задана единичными мощностями p .

Источники дополнительных сведений

- **Идельчик В.И. Электрические системы и сети. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 588 с.**
- **Электрические системы. Т. 2. Электрические сети/ Под ред. В.А. Веникова. - М.: Высшая школа, 1971. - 440 с.**
- **Герасименко А. А., Федин В.Т. Передача и распределение электрической энергии. – изд.2-е. – Ростов н/Д : Феникс, 2008. – 715, [2] с. – (Высшее образование)**
- **Боровиков В.А. и др. Электрические сети энергетических систем. Изд. 3-е, переработанное. Л., «Энергия», 1977.**
- **Черепанова Г.А., Вычегжанин А.В. Установившиеся режимы электрических сетей в примерах и задачах. - Киров: изд. ВятГУ, 2009 - 114 с.**

Спасибо за внимание!