# Практическая работа № 3

**Расчет потерь электроэнергии в линиях и трансформаторах**

**Цель работы:** научится рассчитывать годовые потери электроэнергии в электрических сетях и трансформаторах.

## Краткие теоретические сведения

В общем случае потери активной мощности определяются как

$∆P=∆P\_{X}+∆P\_{H},$(1)

где $∆P\_{X}$ – потери мощности холостого хода, кВт;

$∆P\_{H}$ – нагрузочные потери мощности, кВт.

Потери энергии в электрических сетях складываются из потерь энергии в линиях электропередачи и трансформаторах.

Потери холостого хода вызваны протеканием тока утечки из-за несовершенства изоляции, а также вследствие коронирования проводников воздушных линий. При напряжении линии электропередачи до 110кВ этими потерями пренебрегают. В СЭС промышленных предприятий в основном применяются линии электропередачи напряжением до 110кВ, для которых производится расчет только нагрузочных потерь. В этом случае $∆Р\_{Л}=∆Р\_{Н}$, т.е. в линии учитываются только тепловые потери мощности, вызванные током нагрузки.

В зависимости от известных данных, характеризующих линию, потери энергии в линии могут определяться различными методами.

В общем случае потери активной энергии в линии электропередачи определенной длины за время *Т* при известном законе изменения тока вычисляются методом графического интегрирования по формуле

$∆W\_{Л}=3∙R∙10^{-3}∙I^{2}∙t,$(2)

где 3 – число фаз;

$R$ – сопротивление фазного провода, Ом;

*I* – ток, протекающий в проводе, А;

*t* – период времени, за который определяются потери, ч.

$R=l∙r\_{0},$(3)

где $r\_{0} $– удельное активное сопротивление провода, Ом/км;

*l* – длина участка сети, км;



Рисунок 1 – Определение потерь электроэнергии по графику нагрузки

Данный метод наиболее применим при расчете потерь энергии действующего предприятия, когда построен график электрической нагрузки предприятия. Все остальные методы являются производными метода графического интегрирования.

При известном среднеквадратичном токе потери энергии в линии определяют методом среднеквадратичного тока и определяют следующим образом:

$∆W\_{Л}=3∙R∙I\_{ср.кв.}^{2}∙T\_{Р}∙10^{-3},$(4)

где$ I\_{ср.кв.}^{2}$– среднеквадратичное значение тока за расчетный период;

$T\_{Р} $– расчетный период (для годового графика нагрузки $T\_{Р}$=8760 ч).

На этапе проектирования для расчетов потерь электроэнергии используют как правило метод максимального тока.

Зная максимальный ток $I\_{max}$, протекающий в линии, и время максимальных потерь τ, потери электроэнергии в трехфазной линии определяются по формуле:

$∆W\_{Л}=3∙R∙I\_{max}^{2}∙τ,$(5)

где $I\_{max}^{2}$ – максимальное значение тока на участке, А;

τ – время максимальных потерь, ч – соответствует времени, за которое будет потреблена вся мощность расчетного периода при условии, что предприятие будет работать с постоянной мощностью, равной максимальной.

Значение τ определяется по графику (рисунок 1) в зависимости от времени использования максимума нагрузки или по формуле:

$τ= \left(0,124+\frac{T\_{max}}{10000}\right)^{2}∙8760, $(6)

Годовые потери энергии в трансформаторе определяются по формуле:

$∆W\_{Т}=∆P\_{КЗ}∙\left(\frac{S\_{max}}{S\_{H}}\right)^{2}∙τ+∆P\_{XX}∙T\_{р},$ (7)

где $∆P\_{КЗ}$– потери в обмотках трансформатора при номинальной нагрузке (принимаются по каталогу в зависимости от номинальной мощности трансформатора), кВт;

$S\_{max}$ – максимальная полная нагрузка трансформатора, кВ∙А;

$S\_{H} $– номинальная мощность трансформатора, кВ∙А;

$τ$ – время максимальных потерь, ч;

$∆P\_{XX}$ – потери холостого хода трансформатора (принимаются по каталогу для данного трансформатора);

$T\_{р}$ – расчетный период.

**Порядок выполнения работы**

* 1. Изучить общие сведения о расчете потерь мощности и энергии в линиях и трансформаторе.
	2. Произвести расчет потерь электрической мощности и энергии в соответствии с индивидуальным заданием. Индивидуальное задание определяется в соответствии со своим вариантом в группе по Приложению А по таблице А.1
	3. Изобразить расчетный участок системы электроснабжения аналогично примеру.
	4. Рассчитать потери электрической энергии в линии 10 кВ.
	5. Рассчитать потери электрической энергии в трансформаторе.
	6. Рассчитать потери электрической энергии в линии 0,4 кВ.
	7. Оформить отчет.
	8. Сделать выводы по работе.

Приложение А Таблица А.1 – Варианты индивидуального задания

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №варианта | *S*т, кВА | *W*, МВтч | *I*, А | *Марка* | *l*л 10, км | *Марка* | *l*л 0,4,км |
| 1 | 100 | 230 | 45 | А35 | 4,1 | Ст70 | 0,6 |
| 2 | 160 | 300 | 55 | А25 | 5,2 | Ст95 | 0,8 |
| 3 | 250 | 340 | 62 | А16 | 6,7 | Ст120 | 0,9 |
| 4 | 400 | 380 | 73 | А50 | 7,3 | Ст150 | 1,2 |
| 5 | 630 | 410 | 75 | А70 | 8,2 | Ст185 | 1,5 |
| 6 | 160 | 250 | 58 | А95 | 4,9 | Ст240 | 1,2 |
| 7 | 400 | 330 | 63 | А120 | 6,9 | Ст300 | 0,9 |
| 8 | 630 | 380 | 77 | М35 | 8,1 | А70 | 0,7 |
| 9 | 250 | 320 | 68 | М25 | 7,1 | А95 | 0,6 |
| 10 | 100 | 250 | 40 | М16 | 5,2 | А120 | 0,7 |
| 11 | 630 | 400 | 72 | М50 | 7,9 | А150 | 1,4 |
| 12 | 100 | 235 | 47 | М70 | 5,3 | А185 | 0,65 |
| 13 | 250 | 330 | 65 | М95 | 6,6 | А240 | 0,8 |
| 14 | 400 | 360 | 68 | М120 | 6,8 | А300 | 0,9 |
| 15 | 160 | 270 | 60 | Ст35 | 5,8 | М70 | 0,6 |
| 16 | 1000 | 260 | 51 | Ст25 | 5,7 | М95 | 1,1 |
| 17 | 1250 | 350 | 70 | Ст16 | 8,5 | М120 | 0,7 |
| 18 | 1600 | 430 | 48 | Ст50 | 7,5 | М150 | 1,0 |
| 19 | 630 | 280 | 54 | Ст70 | 4,5 | М185 | 1,5 |
| 20 | 400 | 440 | 66 | Ст95 | 5,2 | М240 | 1,4 |
| 21 | 1000 | 290 | 50 | Ст120 | 6,3 | М300 | 0,8 |
| 22 | 1250 | 210 | 73 | А35 | 4,1 | Ст150 | 1,1 |
| 23 | 1600 | 240 | 61 | А25 | 5,3 | Ст185 | 0,9 |
| 24 | 250 | 370 | 46 | А16 | 4,2 | Ст240 | 1,0 |
| 25 | 100 | 220 | 75 | А50 | 4,8 | Ст300 | 1,5 |
| 26 | 630 | 400 | 52 | А70 | 6,7 | А70 | 1,3 |
| 27 | 400 | 200 | 64 | А95 | 7,3 | А95 | 1,0 |
| 28 | 1600 | 420 | 67 | А120 | 4,7 | А120 | 0,6 |
| 29 | 1250 | 310 | 49 | М35 | 8,2 | А150 | 1,1 |
| 30 | 1000 | 390 | 53 | М25 | 7,3 | А185 | 1,3 |

Приложение Б

Таблица Б.1 – Активные сопротивления проводов и кабелей

|  |  |
| --- | --- |
| Площадь сечения, мм2 | Активные сопротивления, Ом/км |
| Медных жил | Алюминиевых жил | Сталеалюминиевыхжил |
| 1 | 18,9 | - | - |
| 1,5 | 12,6 | - | - |
| 2,5 | 7,55 | 12,6 | - |
| 4 | 4,65 | 7,90 | - |
| 6 | 3,06 | 5,26 | - |
| 10 | 1,84 | 3,16 | 3,12 |
| 16 | 1,2 | 1,98 | 2,06 |
| 25 | 0,74 | 1,28 | 1,38 |
| 35 | 0,54 | 0,92 | 0,85 |
| 50 | 0,39 | 0,64 | 0,65 |
| 70 | 0,28 | 0,46 | 0,46 |
| 95 | 0,20 | 0,34 | 0,33 |
| 120 | 0,158 | 0,27 | 0,27 |
| 150 | 0,123 | 0,21 | 0,21 |
| 185 | 0,103 | 0,17 | 0,17 |
| 240 | 0,078 | 0,132 | 0,132 |
| 300 | 0,062 | 0,106 | 0,107 |
| 400 | 0,047 | 0,077 | 0,08 |

Приложение В Таблица В.1 – Технические данные трансформаторов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Тип трансформатора | Номинальная мощность,кВ∙А | Потери, кВт |
| ХХ | КЗ |
| ТМГ11-400/10 | 400 | 0,83 | 5,4 |
| ТМГ11-630/10 | 630 | 1,06 | 7,45 |
| ТМГ11-1000/10 | 1000 | 1,4 | 10,8 |
| ТМГ11-1250/10 | 1250 | 1,65 | 13,5 |
| ТМГ11-1600/10 | 1600 | 2,15 | 16,5 |
| ТМ-100/10 | 100 | 0,33 | 2,27 |
| ТМ-160/10 | 160 | 0,51 | 3,1 |
| ТМ-250/10 | 250 | 0,74 | 4,2 |

#