



СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**Кафедра «ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ И
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ»**

Дисциплина:

«Энергосберегающие режимы и технологии»

Расчетно-графическая работа

Тема:

**Расчет ожидаемой экономии
электроэнергии в электрических
сетях и трансформаторах**

Доцент кафедры, к. т. н.

Шайтор Николай Михайлович

Изучаемые вопросы

- 1. Задача №2.1** Потери мощности, электроэнергии и напряжения в кабельной сети
- 2. Задача №2.2** Потери, замена трансформатора при работе с перегрузкой
- 3. Задача №2.3** Потери, замена трансформатора при работе с недогрузкой
- 4. Задача №2.4** Потери, оптимальный режим работы трансформаторов на нагрузку

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Куликова Н.А., Титаренко О.Н. Организационно-методические указания по изучению дисциплины «Энергосберегающие режимы и технологии».- Севастополь: СНУЯЭиП, 20012.- 40 с.**
2. Ю.В. Копытов, Б.А. Чуланов. Экономия электроэнергии в промышленности: Справочник. -М.: Энергия, 1978. - 120с.
3. В.М. Мамалыга. Энергосберегающие режимы и технологии. Конспект лекций. - Киев: КПИ, 1995 г.
4. В.А. Гольстрем, Ю.Л. Кузнецов. Справочник по экономии топливно-энергетических ресурсов. - К.: Техника, 1985. - 383с.
5. А.Р. Никонов, П.В. Ползик. Расчеты экономии электроэнергии. - Минск: Гос.издан БССР, 1980. - 360с.
6. Б.И. Вейц. Экономия электроэнергии в промышленности. - Л.: Госэнерго-издат. 1947.

Цель занятий

Выполнить индивидуальные задания по определению ожидаемой экономии электроэнергии в сетях и трансформаторах для заданного варианта

Перечень практических занятий по данной теме

- ПЗ-1. Расчет потерь мощности, электроэнергии и напряжения в кабельной сети.
- ПЗ-2. Расчет возможности замены перегруженного трансформатора.
- ПЗ-3. Расчет возможности замены недогруженного трансформатора.
- ПЗ-4. Расчет оптимального режима работы параллельно включенных трансформаторов.

ПЗ -1 Задача 2.1

Кабельная сеть напряжением $U_{\text{л}}$ питает трансформаторную подстанцию. Трехжильный кабель имеет площадь сечения жил $S_{\text{к}}$. Средняя нагрузка трансформаторной подстанции за сутки $I_{\text{с}}$, а коэффициент мощности равен $\cos \varphi_{\text{пс}}$. Коэффициент формы графика нагрузки по току $K_{\text{ф}}=1,035$. Определить потери мощности, электроэнергии и напряжения в кабельной сети.

Варианты задания 2.1

Исходные данные для задачи №2.1

| № варианта Параметры | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----------------------------------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|
| $U_{\text{л}}$, кВ | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| $L_{\text{к}}$, км | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| $S_{\text{к}}$, мм ² | 150 | 150 | 35 | 185 | 240 | 35 | 50 | 70 | 95 | 120 |
| $I_{\text{с}}$, А | 200 | 280 | 80 | 300 | 280 | 80 | 90 | 150 | 130 | 210 |
| $\cos \varphi_{\text{пс}}$ | 0,84 | 0,86 | 0,85 | 0,87 | 0,88 | 0,9 | 0,88 | 0,85 | 0,83 | 0,84 |
| Материал кабеля | А | М | А | М | А | М | А | М | А | М |

Варианты задания 2.1

Продолжение таблицы 2.1

| № варианта Параметры | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|----------------------------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|
| $U_{л}, \text{кВ}$ | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| $L_{к}, \text{км}$ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| $S_{к}, \text{мм}^2$ | 35 | 50 | 70 | 95 | 120 | 25 | 150 | 185 | 240 | 50 |
| $I_{с}, \text{А}$ | 70 | 120 | 115 | 180 | 170 | 70 | 200 | 305 | 260 | 120 |
| $\cos \varphi_{\text{ДС}}$ | 0,85 | 0,86 | 0,87 | 0,88 | 0,9 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,86 | 0,87 |
| Материал кабеля | А | М | А | М | А | М | А | М | А | М |

Продолжение таблицы 2.1

| № варианта Параметры | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| $U_{л}, \text{кВ}$ | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| $L_{к}, \text{км}$ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| $S_{к}, \text{мм}^2$ | 50 | 70 | 95 | 120 | 150 | 180 | 185 | 240 | 70 | 95 |
| $I_{с}, \text{А}$ | 120 | 110 | 210 | 180 | 260 | 190 | 280 | 250 | 150 | 180 |
| $\cos \varphi_{\text{ДС}}$ | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,87 | 0,85 | 0,86 | 0,87 | 0,88 | 0,89 | 0,9 |
| Материал кабеля | М | А | М | А | М | А | М | А | М | А |

Методика решения задачи 2.1

- Определим потери активной мощности.

$$\Delta P_c = 3 \cdot I^2 \cdot r,$$

$$r = \rho \frac{\ell}{S}, \text{ Ом.}$$

Для меди $\rho = 18,8 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{км}$, для алюминия $\rho = 31,5 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{км}$

- Потери активной энергии

$$\Delta W_c = 3 \cdot K_\phi^2 \cdot I_{\text{ср}}^2 \cdot r \cdot T, \text{ кВт} \cdot \text{ч/сут}$$

T – продолжительность учетного периода, ч.
 K_ϕ – коэффициент формы графика нагрузки по току

- Потери напряжения в сети, В

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3}}{K_{\text{п.н.}}} I (r \cdot \cos \varphi + x \cdot \sin \varphi),$$

φ – угол сдвига векторов тока и напряжения в конце участка сети,

$K_{\text{п.н.}}$ - поправочный коэффициент, в расчетах принимают равным 0,89 – для кабелей, 0,97 – для воздушных линий. $x_0 = 0,07 \text{ Ом/км}$ для кабельных линий напряжением до 10 кВ, $x_0 = 0,12 \text{ Ом/км}$ для кабельных линий напряжением до 35 кВ.

- В % по отношению к номинальному напряжению

$$\Delta U \% = \Delta U \cdot \frac{100}{U_{\text{н}}}$$

Выводы. Потери мощности, электроэнергии и напряжения в кабельной сети соответственно составляют : (указать в цифрах).

ПЗ - 2 Задача 2.2

Трансформатор типа А работает с перегрузкой X , (%) от номинальной мощности трансформатора, проверить можно ли заменить трансформатор А на трансформатор Б. Определить потери мощности и электроэнергии. Исходные данные и варианты приведены в таблице 2.2.

Варианты задания 2.2 и 2.3

Таблица 2.2

Исходные данные для задач №2.2, №2.3

| Параметры №вар. | $X,(\%)$ | Трансформатор А | Трансформатор Б |
|--------------------|----------|-----------------|-----------------|
| 1. | 15 | ТМ-100/35 | ТМ-160/35 |
| 2. | 20 | ТМ-160/35 | ТМ-250/35 |
| 3. | 25 | ТМ-250/35 | ТМ-400/35 |
| 4. | 30 | ТМ-400/35 | ТМ-630/35 |
| 5. | 35 | ТМ-630/35 | ТМ-1000/35 |
| 6. | 40 | ТМ- 1000/35 | ТМ-1600/35 |
| 7. | 15 | ТМ-1600/35 | ТМ-2500/35 |
| 8. | 20 | ТМ-2500/35 | ТМ-4000/35 |

Варианты задания 2.2 и 2.3

| Исходные данные для задач №2.2, №2.3 | | | |
|--------------------------------------|-------|-----------------|-----------------|
| Параметры №вар. | X,(%) | Трансформатор А | Трансформатор Б |
| 10. | 30 | ТМ-160/10 | ТМ-250/10 |
| 11. | 35 | ТСЗ-160/10 | ТСЗ-250/10 |
| 12. | 40 | ТСЗ-250/10 | ТСЗ-460/10 |
| 13. | 15 | ТСЗ-460/10 | ТСЗ-630/10 |
| 14. | 20 | ТМ-25/6 | ТМ-40/6 |
| 15. | 25 | ТМ-25/10 | ТМ-40/10 |
| 16. | 30 | ТМ-40/6 | ТМ-63/6 |
| 17. | 35 | ТМ-63/6 | ТМ- 100/6 |
| 18. | 40 | ТМ-100/10 | ТМ-160/10 |
| 19. | 15 | ТМ-160/10 | ТМ-250/10 |
| 20. | 20 | ТМ-250/10 | ТМ-400/10 |
| 21. | 25 | ТМ-400/10 | ТМ-630/10 |
| 22. | 30 | ТМ-630/10 | ТМ- 1000/10 |
| 23. | 35 | ТМ- 1000/10 | ТМ- 1600/ 10 |
| 24. | 40 | ТМ- 1600/10 | ТМ-2500/10 |
| 25. | 15 | ТМ-63/20 | ТМ- 100/20 |
| 26. | 20 | ТМ-630/20 | ТМ- 1000/20 |
| 27. | 25 | ТМ- 1000/20 | ТМ- 1600/20 |
| 28. | 30 | ТМ- 1600/20 | ТМ-2500/20 |
| 29. | 35 | ТМ-2500/10 | ТМ-4000/10 |
| 30. | 40 | ТМ-4000/20 | ТМ-6300/20 |

Методика решения задачи 2.2

Замена перегруженных трансформаторов на подстанции на трансформаторы большей мощности производится, если выполняется условие

$$K_{3l} > K_{3l}^B,$$

где K_{3l} - коэффициент загрузки трансформаторов; K_{3l}^B - коэффициент верхнего предела экономически целесообразной загрузки

Коэффициент загрузки трансформаторов определяется по выражению

$$K_{3l} = \frac{S}{S_{нл}},$$

где S - фактическая полная мощность нагрузки; $S_{нл}$ - номинальная полная мощность трансформатора.

Коэффициент верхнего предела экономически целесообразной загрузки

$$K_{3l}^B = \sqrt{\frac{(\Delta P_{xl} + 1 - \Delta P_{xl}) \tau_{xx} \cdot \mathcal{E}_{\text{ЭХ}}}{\left(\Delta P_{kl} - K_{\text{ВТ}}^2 \Delta P_{kl} + 1 \right) \cdot \tau_{\text{КЗ}} \cdot \mathcal{E}_{\text{ЭК}}}},$$

где ΔP_x , ΔP_k - паспортные значения потерь соответственно х.х. и к.з.; $\mathcal{E}_{\text{ЭХ}}$ и $\mathcal{E}_{\text{ЭК}}$ - удельные затраты на потери электроэнергии соответственно х.х. и к.з. и определяемые по формуле

Методика решения задачи 2.2

$$\varepsilon_3 = \frac{1}{100} \left(A + B \frac{K_M}{\tau} \right),$$

где A, B - коэффициенты определяемые по таблице (в расчетах можно принять $A=0,91, B=3880$); K_M - коэффициент, характеризующий отношение нагрузки элемента сети в период максимальной нагрузки к наибольшей нагрузке элемента сети ($K_M=0,85$); τ - продолжительность работы трансформатора в год (составляет $\tau_{\text{xx}}=8760$ часов), а $\tau_{\text{кз}}$ - продолжительность работы трансформатора в течение наибольших потерь для различных нагрузок (для коммунально-бытовой нагрузки - 2700 часов); K_{BT} - отношение номинальных мощностей заменяемого (I) и заменяющего ($I + 1$) трансформаторов

$$K_{\text{BT}} = \frac{S_{\text{HI}}}{S_{\text{HI}+1}},$$

где S_{HI} - номинальная мощность заменяемого трансформатора;
 $S_{\text{HI}+1}$ - номинальная мощность заменяющего трансформатора.

Методика решения задачи 2.2

Если условие $K_{3l} > K_{3l}^B$, выполняется, то осуществляем замену трансформатора и определяем:

1) нагрузочные потери э/э, кВт-ч

$$\Delta W_K = (\Delta P_{Kl} - K_{BT}^2 \cdot \Delta P_{K+l}) \cdot K_{3l} \cdot \tau_{K.3.} \cdot K_{II},$$

2) потери э/э при х.х., кВт-ч

$$\Delta W_{XX} = (\Delta P_{Xl+l} - \Delta P_{Xl}) \cdot \tau_{XX},$$

3) суммарные снижения э/энергии, кВт-ч

$$\Sigma W = \Delta W_K - \Delta W_{XX},$$

4) потери активной мощности перегруженного трансформатора, кВтч

$$\Delta P_l = \Delta P_{xl} + K_{3l}^2 \cdot \Delta P_{kl};$$

Методика решения задачи 2.2

5) потери активной мощности заменяющего трансформатора

$$\Delta P_{l+l} = \Delta P_{xl+l} + K_{zl+l}^2 \cdot \Delta P_{kl+l},$$

$$K_{zl+l} = \frac{S}{S_{kl+l}}.$$

6) суммарное снижение потерь активной мощности

$$\Sigma \Delta P = \Delta P_l - \Delta P_{l+l}, \text{ (кВт).}$$

ВЫВОД:

Если окажется, что $\Delta W > 0$ (т.е. потери электроэнергии в результате замены снизятся) и $\Delta P > 0$ (т.е. потери мощности так же снижаются), то такая замена с точки зрения энергосбережения целесообразна.

ПЗ – 3 Задача 2.3

Трансформатор типа Б работает с недогрузкой X , (%) от номинальной мощности трансформатора, проверить можно ли заменить трансформатор Б на трансформатор А. Определить потери мощности и электроэнергии.

Варианты задания даны в задаче 2.2

Методика решения задачи 2.2

Определим коэффициент загрузки перегруженного трансформатора

$$K_{зл} = \frac{S}{S_{нл}}$$

Находим удельные затраты на потери электроэнергии при х.х. и к.з.

$$\Theta_{зк} = \frac{1}{100} \left(A + B \frac{K_{м}}{\tau_{к}} \right),$$

$$\Theta_{эх} = \frac{1}{100} \left(A + B \frac{K_{м}}{\tau_{х}} \right)$$

Методика решения задачи 2.3

Определим коэффициент нижнего предела экономии целесообразной загрузки

$$K_{3l}^H = \sqrt{\frac{(P_{Xl} - P_{Xl-1}) \cdot \tau_{XX} \cdot \Theta_{ЭХ}}{(K_{HT}^2 P_{Kl-1} - P_{Kl}) \cdot \tau_{KЗ} \cdot \Theta_{ЭК}}$$

$$K_{HT} = \frac{S_{Hl}}{S_{Hl-1}}$$

ВЫВОД:

Если $K_{3l} > K_{3l}^H$, то замену трансформаторов производить нецелесообразно.

ПЗ – 4 Задача 2.4

На подстанции установлены n трансформаторов мощностью S .
 Выбрать тип и оптимальный режим работы этих трансформаторов.
 Исходные данные и варианты заданий приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3

| Исходные данные для задачи №2.4 | | | | | | | |
|---------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|
| №вар. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Параметры | | | | | | | |
| Количество тр-ров, n | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 |
| Мощность тр-ров, кВА | $S_1=$ $S_2=1000$ | $S_1=S_2=$ $S_3=630$ | $S_1=$ $S_2=400$ | $S_1=S_2=$ $S_3=1000$ | $S_1=$ $S_2=160$ | $S_1=S_2=$ $S_3=160$ | $S_1=$ $S_2=250$ |
| №вар. | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| Параметры | | | | | | | |
| Количество тр-ров, n | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 |
| Мощность тр-ров, кВА | $S_1=S_2=$ $S_3=250$ | $S_1=$ $S_2=400$ | $S_1=S_2=$ $S_3=160$ | $S_1=$ $S_2=40$ | $S_1=S_2=$ $S_3=40$ | $S_1=$ $S_2=100$ | $S_1=S_2=$ $S_3=63$ |
| №вар. | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| Параметры | | | | | | | |
| Количество тр-ров, n | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 |
| Мощность тр-ров, кВА | $S_1=$ $S_2=1000$ | $S_1=S_2=$ $S_3=100$ | $S_1=$ $S_2=1600$ | $S_1=S_2=$ $S_3=400$ | $S_1=$ $S_2=2500$ | $S_1=S_2=$ $S_3=1600$ | $S_1=S_2=$ $=25$ |

Варианты задания 2.4

| | | | | | | | |
|-------------------------|--------------------|----------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Невар. Параметры | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 |
| Количество тр-ров, п | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Мощность тр-ров, кВА | $S_1=S_2=S_3=2500$ | $S_1=S_2=40$ | $S_1=S_2=63$ | $S_1=S_2=100$ | $S_1=S_2=160$ | $S_1=S_2=250$ | $S_1=S_2=400$ |
| Невар. Параметры | 29 | 30 | | | | | |
| Количество тр-ров, п | 2 | 2 | | | | | |
| Мощность тр-ров, кВА | $S_1=S_2=1000$ | $S_1=S_2=1600$ | | | | | |

Методика решения задачи 2.4

Оптимальный режим совместной параллельной работы трансформаторов состоит в том, что число включенных трансформаторов определяются условием, обеспечивающим минимальные потери активной мощности в этих трансформаторах при работе их по заданному графику нагрузки.

Методика решения задачи 2.4

Для определения оптимальной загрузки трансформаторов необходимо построить зависимость потерь активной мощности ΔP_T от полной мощности нагрузки $S_{\text{нг}}$.

Для этого можно воспользоваться графическим методом.

Сначала рассчитывают потери активной мощности

$$\Delta P_T = P_x + P_k \cdot \beta^2,$$

для одного трансформатора при различной загрузке

$$\beta = \frac{S_{\text{нг}}}{S_{\text{нт}}}.$$

Затем рассчитывают потери активной мощности при параллельной работе n трансформаторов

$$\Delta P_T = n \cdot \Delta P_x + \frac{1}{n} \Delta P_k \cdot \beta^2,$$

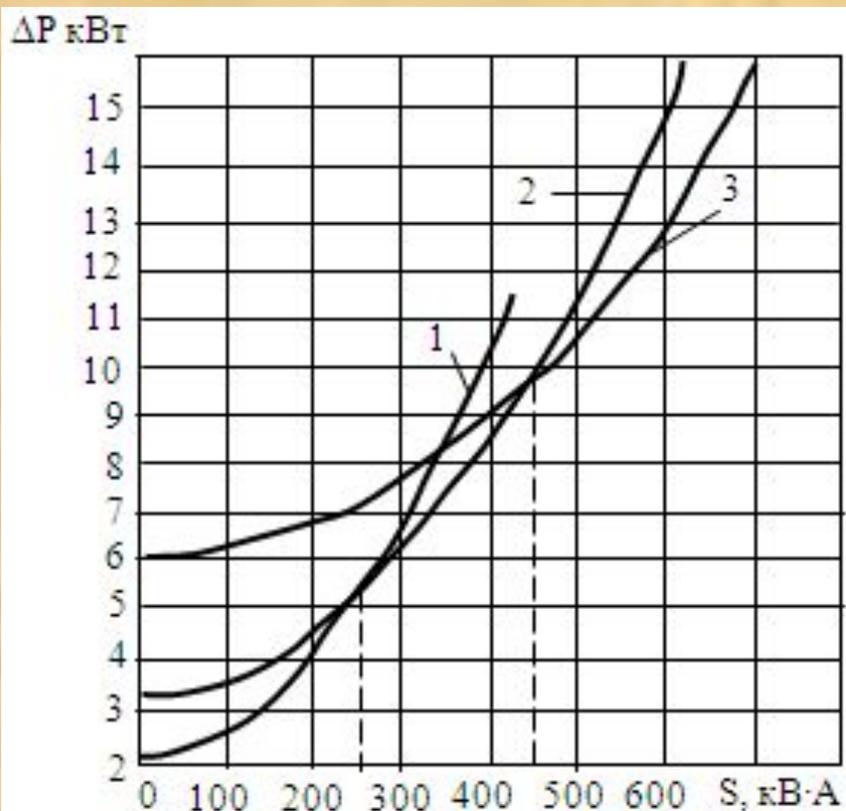
Методика решения задачи 2.4

1
6

Данные расчета для одного и для n трансформаторов сводят в таблицу. Затем строят зависимость потерь активной мощности ΔP_T , кВт, от полной мощности нагрузки $S_{нг}$, кВА, для одного, двух n трансформаторов.

Пример. На подстанции установлено два трансформатора мощностью 400 и 630 кВА. На графиках приведены результаты:

- 1-изолированная работа ТР 400 кВ·А;
- 2- изолированная работа ТР 630 кВ·А;
- 3-параллельная работа ТР 400 и 630 кВ·А



ВЫВОДЫ:

При нагрузке от 0 до 260 кВА целесообразно включить тр-р 400 кВА.
При нагрузках от 260 до 450 кВА целесообразно тр-р 400 кВА вывести из работы, включив тр-р 630 кВА.
При росте нагрузки >450 кВА целесообразна параллельная работа двух тр-ров.
(Так как чем ниже кривая – тем ниже потери).

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Приложение 1

Титульный лист РГР

СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ
КАФЕДРА ВИЭЭСС

Расчетно-графическая работа по дисциплине «Энергосберегающие режимы и технологии»

на тему:

1. Расчет ожидаемой экономии электроэнергии в сетях и трансформаторах
2. Энергосбережение в системах электропривода

Вариант № _____
Выполнил: студент
учебной группы _____

Проверил: доцент Шайдор Н.М.

г. Севастополь
2020 год

Вопросы к защите РГР

- 1. Как определить потери в ЛЭП**
- 2. От чего зависят потери в ЛЭП**
- 3. Влияние материала кабеля на потери ЛЭП**
- 4. Влияние сечения кабеля на потери ЛЭП**
- 5. Как определить потери в трансформаторах**
- 6. От чего зависят потери в трансформаторах**
- 7. Постоянные потери в трансформаторах**
- 8. Нагрузочные потери в трансформаторах**
- 9. Как определить эффективность совместной работы тр-в**
- 10. Пояснить расчетные формулы для расчета потерь**
- 11. Пояснить суть графического метода расчета потерь тр-в**
- 12. Что означают точки пересечения на графиках потерь**
- 13. Обосновать оптимальные режимы работы тр-в**

Расшифровка типов трансформаторов:

ТС- сухие трансформаторы.

ТСЛ - сухие трансформаторы с литой изоляцией.

ТСЗЛ - сухие трансформаторы с литой изоляцией в защитном кожухе.

ТСН - сухие трансформаторы с изоляцией типа NOMEX .

ТМ - трехфазный масляный с естественной циркуляцией масла и воздуха;

ТМН - трехфазный масляный с естественной циркуляцией масла и воздуха с регулированием напряжения под нагрузкой;

ТМЗ - трехфазный масляный с естественной циркуляцией масла и воздуха герметичный с защитной азотной подушкой;

ТМГ - трехфазный масляный с естественной циркуляцией масла и воздуха герметичный;

Приложение 4

1
9

Трансформаторы ТСЗ 6(10) кВ

| Мощность, кВА | Напряжение | | Схема и группа соединения | Uк, % | Iхх, % | Потери, Вт | | Масса, кг |
|---------------|------------|-------|---------------------------|-------|--------|------------|-------------|-----------|
| | Вн, кВ | НН, В | | | | х.х., Вт | к. з., кВт* | |
| 25 | 6 10 | 0,4 | Д/Ун-11 У/Ун-0 | 4 | 4 | 195 | 450 | 280 |
| 40 | | | | 4 | 3 | 230 | 780 | 350 |
| 63 | | | | 4 | 3 | 300 | 1350 | 450 |
| 100 | | | | 6 | 1,5 | 420 | 2100 | 550 |
| 160 | | | | 6 | 1,5 | 600 | 2700 | 770 |
| 250 | | | | 6 | 1 | 750 | 3700 | 930 |
| 400 | | | | 6 | 1 | 1150 | 5900 | 1300 |
| 630 | | | | 6 | 0,8 | 1300 | 7100 | 1750 |
| 630 | | | | 8 | 0,8 | 1000 | 7600 | 1750 |
| 800 | | | | 6 | 0,8 | 1800 | 7600 | 1750 |
| 1000 | | | | 6 | 0,8 | 2000 | 8900 | 2500 |
| 1000 | | | | 8 | 0,8 | 1500 | 9000 | 2500 |
| 1250 | | | | 6 | 0,8 | 2600 | 11400 | 2850 |
| 1250 | | | | 6 | 0,8 | 2200 | 12000 | 2950 |
| 1600 | | | | 6 | 0,6 | 3300 | 11500 | 3800 |
| 2000 | | | | 6 | 0,6 | 3300 | 15000 | 4050 |
| 2500 | | | | 6 | 0,6 | 4100 | 19500 | 4900 |
| 3150 | 6 | 0,6 | 4600 | 24000 | 5600 | | | |

Приложение 5

Трансформаторы ТМ 35 кВ

| Мощность, кВА | Сочетание напряжений, кВ | | Схема и группа соединения обмоток | Потери, кВт | | Напряжение короткого замыкания, Uk, % | Ток холостого хода, Ixx, % |
|---------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------------------|----------------|---------------------|---------------------------------------|----------------------------|
| | ВН | НН | | холостого хода | короткого замыкания | | |
| 25 | 35 | 0,4 | У/Ун-0 | 0,14 | 0,65 | 6,5 | 2,5 |
| 100 | 35 | 0,4 | У/Ун-0 | 0,4 | 1,4 | 6,0 | 1,7 |
| 160 | 35 | 0,4 | У/Ун-0 | 0,7 | 1,8 | 6,0 | 1,7 |
| 250 | 35 | 0,4 | У/Ун-0 | 0,78 | 3,9 | 6,0 | 1,7 |
| 400 | 35 | 0,4 | У/Ун-0 | 0,95 | 6,6 | 6,0 | 1,5 |
| 630 | 35 | 0,4 | У/Ун-0 | 1,2 | 7,8 | 6,0 | 1,3 |
| 1000 | 35 | 0,4; 3,15; 6,3; 10,5 | У/Ун-0 У/Д-11 | 2,0 | 12,2 11,6 | 7,2 6,5 | 1,4 |
| 1600 | 35 | 0,4; 3,15; 6,3; 10,5 | У/Ун-0 У/Д-11 | 2,75 | 18,0 16,5 | 7,2 6,5 | 1,3 |
| 2500 | 35 | 6,3; 10,5 | У/Д-11 | 3,9 | 23,5 | 7,2 | 1,0 |
| 4000 | 35 | 6,3; 10,5 | У/Д-11 | 5,3 | 33,5 | 7,5 | 0,9 |
| 6300 | 35 | 6,3; 10,5 | У/Д-11 | 7,6 | 46,5 | 7,5 | 0,8 |
| 4000 | 6; 10 | 6,3 | У/Д-11 | 5,2 | 33,5 | 7,5 | 0,9 |
| 6300 | 6; 10 | 6,3 | У/Д-11 | 7,4 | 46,5 | 7,5 | 0,8 |

Приложение 6

1
9

Трансформаторы ТМ (Г) 6, 10, 20 кВ

| Мощность, кВА | Напряжение | | Схема и группа соединения | Uк, % | Iхх, % | Потери, Вт | | | | | |
|------------------|------------|--|---|-------------------------|---|-------------------------|---|------|-------|------|-------|
| | ВН, кВ | НН, В | | | | х.х, Вт | к.з, кВт* | | | | |
| 16 | 6; 10 | 400 В 230 В 690 В 6,0 кВ* 10,0 кВ* | Д/УН-11 У/УН-0 УН/Д-11 У/ЗН-11 | 4,5 | 3,5 | 85 | 440 | | | | |
| 25 | | | | 5 | 3,5 | 115 | 720 | | | | |
| 32 | 6; 10; 20 | | | 4,5 | 3,0 | 150 | 700 | | | | |
| 40 | | | | 5 | 3,0 | 155 | 920 | | | | |
| 63 | 6; 10 | | | 400 В 230 В 690 В | Д/УН-11 У/УН-0 УН/Д-11 У/ЗН-11 | 4,7 | 1,6 | 220 | 1280 | | |
| | 20 | | | | | | | | 1330 | | |
| 100 | 6; 10; 20 | | | 6,0 кВ* 10,0 кВ* | Д/УН-11 У/УН-0 УН/Д-11 У/ЗН-11 | 4,7 | 1,6 | 270 | 1970 | | |
| 160 | 6 | | | | | 400 В 230 В 690 В | Д/УН-11 У/УН-0 УН/Д-11 У/ЗН-11 | 4,5 | 1,5 | 410 | 2700 |
| | 10; 20 | | | | | | | | | | 2700 |
| 250 | 6; 10; 20 | | | | | 6,0 кВ* 10,0 кВ* | Д/УН-11 У/УН-0 УН/Д-11 У/ЗН-11 | 4,5 | 1,2 | 530 | 3850 |
| 400 | | | | | | | | 4,5 | 1,2 | 870 | 5600 |
| 630 | | | | | | | | 5,5 | 1,2 | 1240 | 7600 |
| 800 | | | | | | | | 5,5 | 1,0 | 1370 | 9600 |
| 1000 | | | | | | | | 5,5 | 1,0 | 1600 | 10800 |
| 1250 | | | | | | | | 6 | 1,0 | 1800 | 12400 |
| 1600 | | | | | | | | 6 | 0,6 | 2100 | 16500 |
| 2000 | | 6 | 0,5 | | | | | 2600 | 24000 | | |
| 2500 | | 6 | 0,5 | | | | | 2750 | 27000 | | |
| 3200 | | 6 | 0,5 | | | | | 3500 | 36000 | | |
| 4000 | | 6 | 0,5 | | | | | 5000 | 3800 | | |